

ISSN 1563-0234
eISSN 2663-0397

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

География сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия географическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

JOURNAL

of Geography and Environmental Management

№3 (66)

Алматы
«Қазақ университеті»
2022



KazNU Science • ҚазҰУ Ғылымы • Наука ҚазҰУ

ХАБАРШЫ

ГЕОГРАФИЯ СЕРИЯСЫ №3 (66) қыркүйек

ISSN 1563-0234

eISSN 2663-0397



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

Қуәлік №16502-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Нарбаева К.Т., PhD, доцент м.а.

(Қазақстан)

e-mail: vestnik.kaznu.geo@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Қалиасқарова З.К., г.ғ.к., доцент – ғылыми редактор

(Қазақстан)

Шоқпарова Д.К., PhD, доцент м.а., – ғылыми

редактордың орынбасары (Қазақстан)

Асқарова М.А., г.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

Плохих Р.В., г.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

Бексентова Р.Т., г.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кожаяев Д.Т., PhD, (Қазақстан)

Нысанбаева А.С., г.ғ.к., (Қазақстан)

Ивкина Н.И., г.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Родионова И.А., г.ғ.д., профессор (Ресей)

Béla Márkus (Белла Маркус) профессор (Венгрия)

Fernandez De Arroyabe Pablo (Фернандес Де Арройеб Пабло), профессор (Испания)

Севастьянов В.В., г.ғ.д., профессор (Ресей)

Мазбаев О.Б., г.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Исанова Г.Т., PhD (Қазақстан)

Христиан Опп, профессор (Германия)

Эйюп Артвинли, PhD, профессор (Түркия)

Каратаев Марат, PhD (Ұлыбритания)

Джилли Айбдувайли, г.ғ.д., профессор (Қытай)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Ерболқызы С. (Қазақстан)

Тақырыптық бағыты: қоршаған орта туралы ғылымдар, география, метеорология, гидрология, туризм, экология, геодезия, картография, геоақпараттық жүйелер, жерді қашықтықтан зондылау.



Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +7 747 125 6790

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Компьютерде беттеген

Ұлжан Молдашева

Редакторлар

Агила Хасанқызы

Гулмира Бекбердиева

ИБ № 14813

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 6,3 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс.

Тапсырыс №16392. Таралымы 500 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

«Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2022

1-бөлім
**КАРТОГРАФИЯ ЖӘНЕ
ГЕОИНФОРМАТИКА**

Section 1
**CARTOGRAPHY AND
GEOINFORMATICS**

Раздел 1
**КАРТОГРАФИЯ
И ГЕОИНФОРМАТИКА**

А.А. Калдыбаев^{1*} , Chen Yaning² 

¹ДТОО «Институт ионосферы», Казахстан, г. Алматы

²Государственная ключевая лаборатория экологии пустынь и оазисов,
Синьцзянский институт экологии и географии, Китайская академия наук, Китай, г. Урумчи

*e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПЛОЩАДИ ЛЕДНИКОВ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЖЕТЫСУСКОГО АЛАТАУ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДЗЗ

В статье были исследованы изменения ледников в бассейнах рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан в северной части Жетысуского Алатау за периоды 1956–2001, 2001–2012 и 2012–16 гг. на основе анализа данных Landsat TM/ETM+ и OLI. В 2001 году были обнаружены 245 ледников с общей площадью 197.2 км², к 2016 году они сократились до 232 ледников с общей площадью 165.5 км², что на 31,7 км² меньше, то есть, по 1% за год в течение 15 лет. Также проанализированы скорости сокращения ледников на основе их различий в размерах, высоте и аспекте склонов, а также других топографических параметров в пяти бассейнах (Биен, Аксу, Саркан, Баскан, Лепсы), где сокращение ледников варьировалась от 14,9% до 17,5%. Такая высокая скорость сокращения, вероятно, связана с общей тенденцией повышения температуры и с тем, что небольшие ледники расположены на относительно низкой высоте внешних хребтов Жетысуского Алатау. Однако, по результатам наших исследований, а также по работам других авторов, исследовавших эту территорию, скорость сокращения площади ледников в северной части Жетысуского Алатау по сравнению с другими территориями ниже. Мы пришли к выводу, что оледеневшие районы бассейна рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан расположены в наиболее благоприятных условиях для оледенения, что подтверждается более крупными средними размерами ледников, которые выше, чем в других бассейнах, и в результате показали более низкую скорость сокращения, чем другие оледеневшие районы Жетысуского Алатау с 1956 по 2016 год.

Ключевые слова: Жетысуский Алатау, изменение климата, сокращение ледников, картирование ледников, горные ледники, дистанционное зондирование.

А.А. Kaldybayev^{1*}, Chen Yaning²

¹«Institute of Ionosphere» SLLP, Kazakhstan, Almaty

²State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, China, Urumqi

*e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com

Assessment of changes in the area of glaciers in the northern part of the Zhetysu Alatau based on remote sensing data

The changes of glaciers in the basins of the Aksu-Bien and Lepsy-Baskan rivers in the northern part of the Zhetysu Alatau were studied for the periods 1956–2001, 2001–2012 and 2012–16, based on the analysis of Landsat TM/ETM+ and OLI data. In 2001, 245 glaciers with a total area of 197.2 km² were discovered, by 2016 they had decreased to 232 glaciers with a total area of 165.5 km², which is 31.7 km² less, that is, 1% per year for 15 years. The rate of glacier reduction was also analyzed based on their differences in size, height and aspect of slopes, as well as other topographic parameters in five basins (Bien, Aksu, Sarkan, Baskan, Leps), where the reduction of glaciers varied from 14.9% to 17.5%. Such a high rate of reduction is probably related to the general trend temperature increases due to the fact that small glaciers are located at a relatively low altitude of the outer ridges of the Zhetysu Alatau. However, according to the results of our research, as well as the works of other authors who have studied this territory, the rate of reduction of the area of glaciers in the northern part of the Zhetysu Alatau is lower compared to other territories. We came to the conclusion that the glaciated areas of the Aksu-Bien and Lepsy-Baskan river basins are located in the most favorable conditions for glaciation – which is confirmed by the larger average sizes of glaciers that are higher than in other basins – and as a result showed a lower rate of reduction than other glaciated areas of the Zhetysu Alatau from 1956 to 2016.

Key words: Zhetysu Alatau, climate change, glacier reduction, glacier mapping, mountain glaciers, remote sensing.

А.А. Калдыбаев^{1*}, Chen Yaning²

¹«Ионосфера институты» ЕЖШС, Қазақстан, Алматы қ.

²Шөлдер мен оазистер экологиясының мемлекеттік негізгі зертханасы,
Қытай Ғылым Академиясының Шыңжаң экология және география институты, Қытай, Үрімші қ.
*e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com

ЖҚЗ деректері негізінде Жетісу Алатауының солтүстік бөлігіндегі мұздықтар ауданының өзгеруін бағалау

Landsat TM/ETM+ және OLI деректерін талдау негізінде 1956–2001, 2001–2012 және 2012–2016 жылдар кезеңдері ішінде Жетісу Алатауының солтүстік бөлігіндегі Ақсу-Биен және Лепсі-Басқан өзендері бассейндеріндегі мұздықтардың өзгерістері зерттелді. 2001 жылы жалпы ауданы 197.2 км² болатын 245 мұздық анықталды, 2016 жылға қарай олардың жалпы ауданы 165.5 км² болатын 232 мұздыққа дейін азайды, бұл 31,7 км²-ге аз, яғни 15 жыл ішінде жылына 1%-ға қысқарған. Сонымен қатар, мұздықтар ауданының қысқару жылдамдығын олардың орташа мөлшері, биіктігі мен орналасу аспектісіндегі айырмашылықтары, сондай-ақ бес бассейнің (Биен, Ақсу, Сарқан, Басқан, Лепсі) басқа да топографиялық параметрлері негізінде талданды, мұнда мұздықтардың азаюы 14,9%-дан 17,5%-ға дейін өзгерді. Мұздықтардың мұндай жоғары жылдамдықта қысқаруы жалпы температураның көтерілу үрдісімен және орташа көлемі шағын мұздықтардың Жетісу Алатауының сыртқы жоталарының салыстырмалы түрде төмен биіктіктерінде орналасуымен байланысты болуы ықтимал. Алайда, біздің зерттеулеріміздің нәтижелері бойынша, сондай-ақ осы аумақты зерттеген басқа авторлардың жұмыстары бойынша Жетісу Алатауының солтүстік бөлігіндегі мұздықтар ауданының басқа аумақтармен салыстырғанда қысқару жылдамдығы төмен. Ақсу-Биен және Лепсі-Басқан өзендері бассейнінің мұз басқан аудандары мұздану үшін неғұрлым қолайлы жағдайларда орналасқан – бұл басқа бассейндерге қарағанда мұздықтарының орташа көлемі басқа бөліктеріндегі мұздықтарының орташа көлемінен неғұрлым үлкен екендігі расталды, нәтижесінде Жетісу Алатауының 1956 жылдан бастап 2016 жылға дейінгі басқа мұз басқан аудандарына қарағанда солтүстік бөлігінде мұздықтар ауданының қысқару жылдамдығы аз екендігін көрсетті деген қорытындыға келдік.

Түйін сөздер: Жетісу Алатауы, климаттың өзгеруі, мұздықтардың қысқаруы, мұздықтарды картаға түсіру, тау мұздықтары, қашықтықтан зондау.

Введение

Ледники играют решающую роль в гидрологическом цикле Центральной Азии (Viviroli, 2003: 32; Armstrong, 2010: 20; Sorg, 2012: 725; Kaldybaev, 2016: 11). В частности, ледники Тянь-Шаньского хребта обеспечивают водой низменности Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана, которые являются одними из крупнейших орошаемых территорий в мире (Farinotti, 2015: 716).

Население засушливых и полузасушливых низменных районов (оазисов и орошаемых сельскохозяйственных угодий) Центральной Азии во многом зависит от речных вод, поступающих из горных районов (Nagata, 2010: 42). Горные ледники составляют основную часть этих важных водных ресурсов. Ледники собирают твердые осадки зимой и выпускают эти осадки летом в виде талой воды (Hagg, 2007: 40; Nagata, 2010: 42), обеспечивая другие источники надежной водой в засушливые годы. Ожидается, что в последние годы сокращение ледников приведет

к уменьшению речного стока в сухой летний сезон (Hagg, 2007: 40; Li, 2016: 139).

Бассейны рек Ақсу, Биен, Лепсы и Басқан расположены в северной части Жетысуского Алатау, западная и восточная части окружены сухой прибалхашской низменностью и пустынями (рисунок 1), где орошение в период вегетации часто зависит от таяния ледников (Kaser G., 2010: 20; Вилесов Е.Н., Северский И.В., 2013: 12). В этом регионе для орошения интенсивно используются воды рек Ақсу, Биен Лепсы, Басқан и др. В бассейнах этих рек водозабор на орошение почти 200 тыс. га оценивается в 1,3 км³/год (Вилесов Е.Н., Северский И.В., 2013: 12; Вилесов Е.Н., 2017: 41). Несмотря на важность ледников для региональной экономики, информация о фактическом состоянии ледников в Центральной Азии остается скудной. После распада СССР в 1990-х годах регулярные балансовые массы ледников и другие наземные гляциологические измерения в бассейнах рек Ақсу, Биен Лепсы и Басқан, как и во всем горном массиве Жетысуского Алатау, были прекращены.

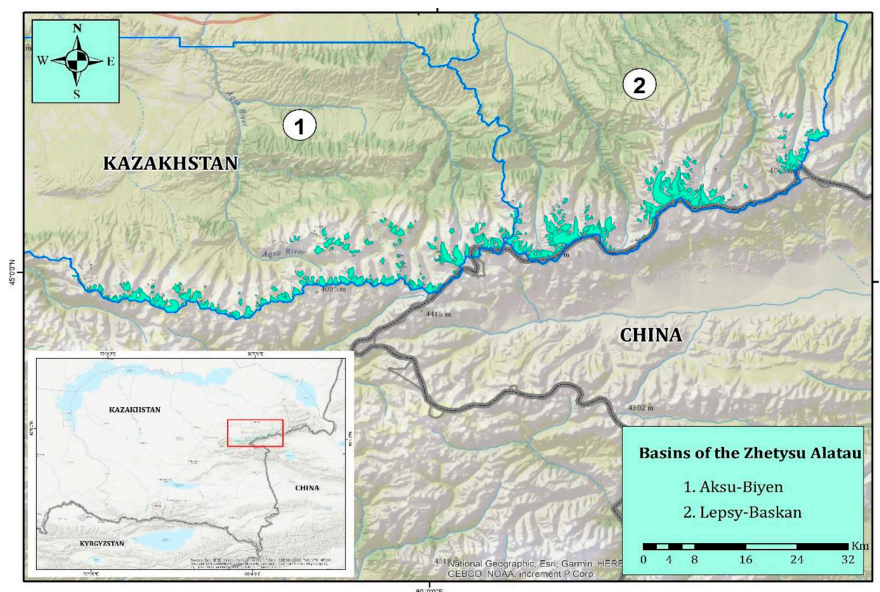


Рисунок 1 – Карта территорий исследования. Карта, основанная на Национальной географической карте мира. Бассейны: 1. Аксу-Биен 2. Лепсы-Баскан

Первая подробная инвентаризация ледников «Каталог ледников» (Каталог Ледников СССР, 1980 г.) была опубликована в 1980 г. и основывалась на аэрофотосъемке 1956 г. Черкасов (2004 г.) составил вторую инвентаризацию ледников с использованием топографических карт на 1: 25 000 масштаб, основанный на аэрофотоснимках, сделанных в 1972 году, и еще два ограниченных исследования ледников, проведенных в 1990-х и 2000-х годах. Эти описи, однако, остались неопубликованными отчетами (Вилесов Е.Н., Северский И.В, 2013: 12).

Тем не менее, анализ изменения ледников для всего Жетысуского Алатау был проведен несколькими авторами, которые в 1956-2000 годах оценивали сокращение площади ледников в бассейне рек Аксу и Лепсы на 34% (Вилесов Е.Н., 2013: 12; Kaldybayev, 2016: 11). Кроме того, Северский и другие (Severskiy, 2016: 382) провели анализ ледниковых изменений для всего Жетысуского Алатау, по исследованиям которых в 1956-2011 годах изменение площади ледников в бассейне рек Аксу, Биен Лепсы и Баскан оценивалось сокращением на 36,69%.

Таким образом, изменения площади поверхности ледников Жетысуского Алатау, в том числе отдельных бассейнов, остаются малоизученными.

Цель данной работы – на основе данных ДЗЗ проанализировать динамику изменения площадей ледников в бассейнах рек Аксу, Биен Лепсы и Баскан в северной части Жетысуского Алатау.

В этой статье представлен наш подробный анализ площади ледников бассейна рек Аксу, Биен Лепсы и Баскан за периоды 1956–2001, 2001–2012 и 2012–2016 годов с использованием хорошо зарекомендовавших себя полупавтоматических методов, основанных на соотношениях полос (Paul, 2013: 171).

Материалы и методы

Жетысуский Алатау (Джунгарский Алатау) – один из крупных и сложных по структуре горных систем, которая простирается с юго-запада на северо-восток вдоль государственной границы между Республикой Казахстан и Китайской Народной Республикой. Протяжённость составляет 450 км, ширина варьируется от 50 до 90 км, максимальная высота – 4622 м. Общая площадь Жетысуского Алатау, включая бассейн реки Боротала на территории Китайской Народной Республики, составляет около 40 000 км² (Вилесов Е.Н., 2013: 39). Продольные долины рек Коксу на западе и Боротала на востоке делят Жетысуский Алатау на два расположенных параллельно друг к другу крупных хребта (Северный Центральный и Южный Центральный). Бассейны рек Аксу, Биен, Лепсы и Баскан расположены в западной и центральной частях Северного Центрального хребта (Каталог ледников СССР, 1970: 84).

Жетысуский Алатау находится далеко от океанов, климат формируется на основе воздушных масс

арктического и умеренного поясов. На его климат влияет холодный арктический и горячий воздух с Туранской равнины. В зимний период арктические воздушные массы, поступающие с севера и северо-запада, приводят к снижению температуры воздуха в горной местности (Вилесов Е.Н., 2013: 12; Kaldybaev, 2016: 11). Умеренные воздушные массы, формирующиеся над территорией Западной Сибири, Казахстана и равниной Туран, круглогодично влияют на климат Жетысуского Алатау. Кроме того, горячие воздушные массы, влияющие на климат Жетысуского Алатау, образуются над равниной Туран, однако проникновение этих воздушных масс в летний период происходит крайне редко.

В предгорьях сложился более засушливый, континентальный климат. На высокогорных склонах климат умеренный: зима холодная, лето умеренно прохладное, средняя температура воздуха в январе -13° - -14° С. Среднегодовое количество осадков составляет 600-800 мм, аномальное количество осадков наблюдается в юго-восточной части – 400 мм. Специфика пространственного распределения атмосферных осадков на высоте 1800-2200 м над уровнем моря в горной зоне колеблется от 1000 мм до 1600 мм. (Каталог Ледников СССР, 1970: 84).

Мы использовали данные оптических спутников, таких как: Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper (ETM+), и Landsat 8 Operational Land Imager (OLI). Мы также использовали изображения высокого разрешения, доступные в Google Earth (спутник QuickBird), для определе-

ния контуров ледников и оценки точности. Все изображения были получены в конце сезона абляции – в период со 10 августа по 25 сентября – когда ледники в основном были свободны от сезонного снега в безоблачных условиях, но некоторые края ледников были скрыты тенями от скал и стен ледникового кара. Всего было использовано три сцены Landsat 7 (ETM+), за 2001–2012 гг., две сцены Landsat 8 (OLI) за 2015–2016 гг.

Изображения Landsat (уровень L1T) с географической привязкой были предоставлены Центром наблюдения и науки о ресурсах Земли (EROS) Геологической службы США и загружены с помощью инструмента EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Для улучшения качества снимков проведен процесс слияния каналов Pan-sharpening, где в качестве одного из входных данных использован панхроматический канал с разрешением 15 м (таблица 1).

Так как Landsat 8 OLI был выведен в орбиту только в 2013 году, а прибор Scan Line Corrector (SLC) в инструменте ETM+ (Landsat 7) вышел из строя в 2003 году, снимки ETM+ 2012 года требуют предварительную обработку, а именно процесс Gap filling, то есть заполнение пропущенных пикселей. Даная процедура была проведена в ПО ENVI с помощью модуля Gap Fill. В качестве «master file» были использованы снимки 2012 года, в качестве «slave file» – снимки 2011 года (рисунок 2).

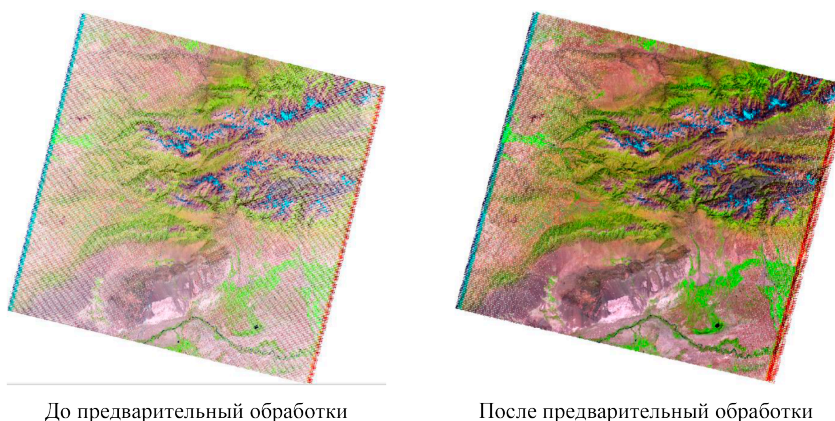


Рисунок 2 – До и после процесса Gap fill (2012)

Кроме того, дополнительно к космическим снимкам Landsat OLI 2016 года использовались снимки Landsat OLI 2015 года из-за улучшенной теневой обстановки, что,

в свою очередь, позволяет более детально картировать ледники.

Спутниковые изображения, доступные в Google Earth для определения контуров ледников,

служили инструментом визуального управления, причем данные поступали в основном с оптических датчиков с высоким разрешением, таких как QuickBird, Worldview, Pléiades 1A и 1B, а также SPOT 6 и SPOT 7 (GoogleEarth 2017), к сожалению, они были доступны не для всех регионов.

ЦМР ALOS PALSAR был использован для извлечения водосборов и топографической

информации для инвентаризации ледников. Также, при анализе динамики изменения площади ледников был использован 2-й выпуск 13-го тома каталога ледников СССР (ледники на территории Жетысуского Алатау) 1969, 1970, 1975 и 1980 годов, опубликованного на основе аэрофотоснимков 1956 года.

Таблица 1 – Список сцен Landsat, использованных в данном исследовании

| WRS2 path-row | Даты | Спутник и датчик | Пространственное разрешение (м) | Пригодность сцен | Пригодность сцен |
|---------------|------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 148-029 | 22 Августа 2001 | Landsat ETM+ | 15/30/60 | Главный | |
| 148-029 | 03 сентября 2011 | Landsat ETM+ | 15/30/60 | Дополнительная информация | Заполнение полос |
| 148-029 | 20 Августа 2012 | Landsat ETM+ | 15/30/60 | Главный | |
| 148-029 | 24 сентября 2016 | Landsat OLI | 15/30/60 | Главный | Сезонный снег, теневые территории |
| 148-029 | 21 Августа 2015 | Landsat OLI | 15/30/60 | Дополнительная информация | Теневые территории |

Ученые использовали различные методы для извлечения границ ледников, включая ручную визуальную интерпретацию, метод порогового значения отношения полос, метод нормализованного индекса снежного покрова и метод порогового значения отношения полос в сочетании с визуальной интерпретацией (Robson, 2016: 67; Racoviteanu and Williams, 2012: 30; Rastner, 2014: 190; Bolch, 2007: 12; Paul, 2004: 4).

Исследования показали, что метод порогового значения отношения полос, основанный на мультиспектральных изображениях дистанционного зондирования в сочетании с визуальной интер-

претацией, относительно точен при выделении границ ледников.

Несколько презентаций на семинаре GLIMS продемонстрировали методы автоматического извлечения чистого или слегка загрязненного ледникового льда.

F. Paul (Paul, 2013: 171) далее провел тщательное сравнение различных методов, включая соотношения полос Landsat ETM +(Band 3 / Band 5, Band 4 / Band 5), Landsat OLI (Band 4 / Band 6, Band 5 / Band 6) (Рисунок 3), а также медианный фильтр и вычитание темных объектов (Paul and Kaab, 2005: 59).

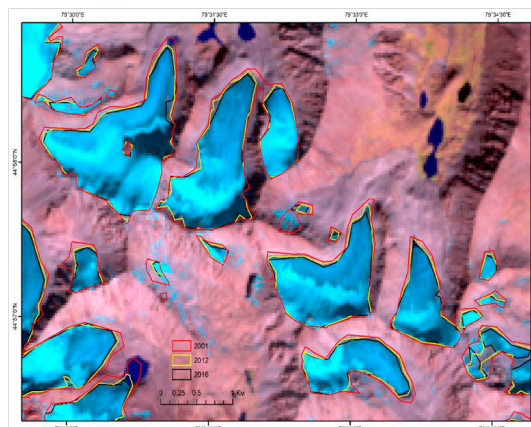


Рисунок 3 – Изменения ледников в бассейне реки Аксу с 2001 по 2016 год (Landsat OLI, 1 сентября 2016)

Согласно его исследованию, соотношения Landsat ETM +(TM 3/5) и Landsat OLI (OLI 4/6) являются надежным, простым и точным методом, отчасти даже лучшим, чем ручное разграничение (т.е. не обобщенным и непротиворечивым для всей сцены). Преимущество этого метода заключается в том, что чистый лед можно идентифицировать даже под тонкими облаками и в теневых областях (Рисунок 4в).

С учетом вышеуказанных методов исследования, в данной работе мы использовали соотношение полос в сочетании с методом ручной

корректировки для выделения границ ледников в районе Жетысуского Алатау. Во-первых, бинарные изображения площади ледника были получены с использованием соотношения полос (Landsat ETM +: Band 3 / Band 5, Landsat OLI: Band 4 / Band 6), а после повторных испытаний пороговое значение было выбрано в диапазоне 1,5 ~ 2,1. Между тем, меньшие элементы изображения были удалены с использованием среднего фильтра 3 на 3 (median filter), а затем преобразуется в векторный файл для дальнейшего редактирования (Рисунок 4 а,б,г).

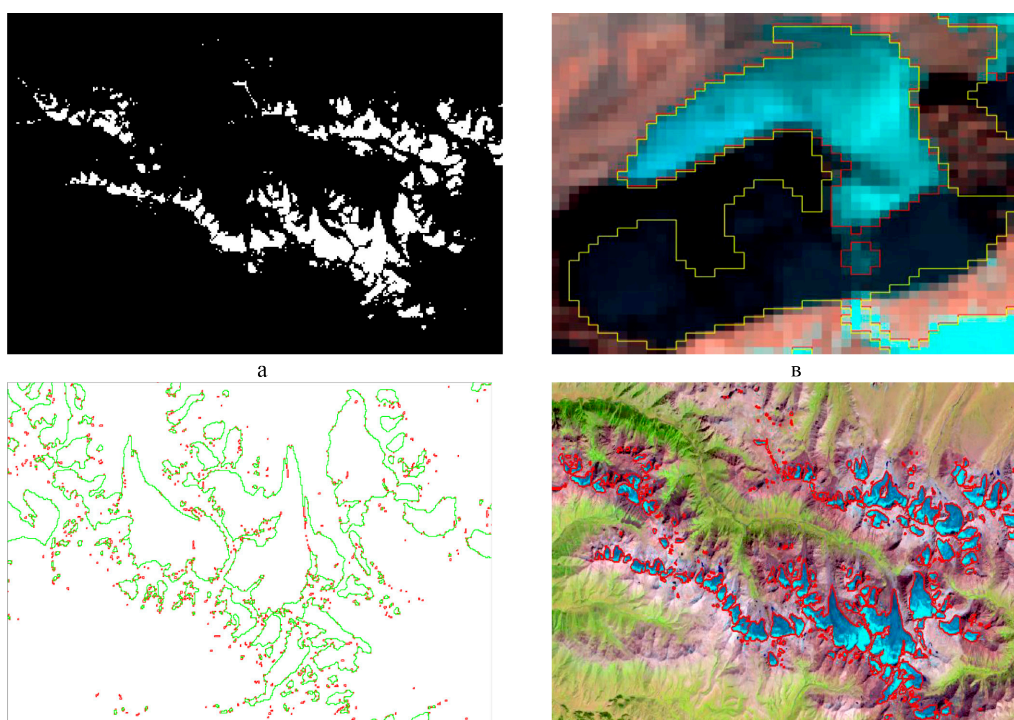


Рисунок 4 – Картографирования ледников с использованием полуавтоматической методики соотношения полос (band ratio). а) *TM3/TM5, OLI4/OLI6*; б) *после фильтрации (median filter 3x3)*, в) *картирование ледников в теневых местах*; г) *преобразование растра в векторный формат*

Из-за спектрального сходства обломков на ледниках и за их пределами до сих пор не существует метода автоматического картирования обломков большого количества ледников с использованием только оптических спутниковых изображений. Таким образом, в нескольких исследованиях были протестированы комбинированные подходы, которые обычно включают топографическую информацию, полученную из DEM и других данных (Robson, 2016: 67; Racoviteanu and Williams, 2012: 30; Ra-

stner, 2014: 190; Bolch, 2007: 12; Paul, 2004: 4). Однако все методы требуют длительной ручной постобработки, а качество результатов в некоторой степени зависит от опыта аналитика (Mölg, 2018: 18).

В данной работе в ходе определения контура языков ледников за 2001 год границы ледников были оцифрованы с помощью термального канала ETM+ (B6) и итоговый вектор был наложен на отмывку, полученную из ЦМР SRTM 1999 года. Так как за 2012 и 2016 годы не было дос-

тупного ЦМР, для оцифровки контура языков ледников был использован только термальный канал ETM+ (B6) и OLI (B10) соответственно. Конечные результаты были наложены в среду Google Earth и еще раз проанализированы.

Для картирования теневых областей мы использовали Band 2 с порогом 7400 (получено вручную) и SRTM HillShade, рассчитанный с использованием азимута солнца и других параметров, как в метаданных снимков Landsat. Мы получили ледники в теневых областях как пересечение $\text{Band } 2 > 7400$ и $\text{Hillshade} \leq 0$ (меньше или равно 0) (рисунок 4в).

Результаты и обсуждение

Характеристики распространения ледников

По данным Landsat за 2016 г. нами выявлено и нанесено на карту 232 ледника площадью более $0,005 \text{ км}^2$ общей площадью $165,5 \text{ км}^2$ из бассейна рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан в северной части Жетысуского Алатау. Из них 127 ледников с общей площадью $77,1 \text{ км}^2$ принадлежат бассейну рек Аксу – Биен, 105 ледников с общей площадью $88,4 \text{ км}^2$ сосредоточены в бассейне рек Лепсы – Баскан (таблица 2).

Таблица 2 - Изменения в количестве и площади ледников

| Бассейны северной части Жетысуского Алатау | 1956 | 2001 | 2012 | 2016 | 1956-2001 | 1956-2016 | 2001-2012 | 2001-2016 | 2012-2016 | Средний размер в 2001/2016 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| | км ² | км ² | км ² | км ² | % | % | % | % | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Аксу-Биен | 140,5 (135) | 93,4 (133) | 83,1 (127) | 77,1 (127) | -33,5 (-0,7) | -45,1 (-0,8) | -11 (-1) | -17,5 (-1,2) | -7,2 (-1,8) | 0.70/0.60 |
| Лепсы-Баскан | 154 (116) | 103,8 (112) | 93,7 (111) | 88,4 (105) | -32,6 (-0,7) | -42,6 (-0,7) | -9,7 (-0,9) | -14,9 (-1) | -5,7 (-1,4) | 0.91/0.83 |
| Общий | 294.5 (251) | 197.2 (245) | 176.8 (238) | 165.5 (232) | -33.0% (-0,7) | -43.8% (-0,7) | -10.3% (-0,9) | -16.1% (-1,0) | -6.4% (-1,6) | 0,8/07,2 |
| Ледники <0.005 км ² | 4,8 (94) | 2,4 (52) | 2,1 (43) | 1,7 (40) | -49.7 (-1,1) | -64.6 (-1,1) | -12.2 (-1,1) | -29.6% (-2) | -19.7 (-4,9) | 0.04/0.03 |

Ледники малого и среднего размера многочисленны, но имеют ограниченный общий охват, в то время как меньшее количество крупных и крупнейших ледников составляют основную часть оледеневших районов. Средний размер ледника в бассейне рек Аксу-Биен составил $0,6 \text{ км}^2$, а ледники бассейна рек Лепсы-Баскан – $0,83 \text{ км}^2$, при этом преобладал ледник класса $1,0-5,0 \text{ км}^2$

с общей площадью $85,02 \text{ км}^2$ (рисунок 5а), что составляет $51,4\%$ от общей площади. Ледник размерного класса $0,1-0,5 \text{ км}^2$ имел наибольший показатель при количественном учете (90 ледников) в 2016 г. (рисунок 5б). Было всего четыре крупных ледника площадью от 5 до 10 км^2 , но они составляли $20,3\%$ общей площади оледенения в изучаемом регионе.

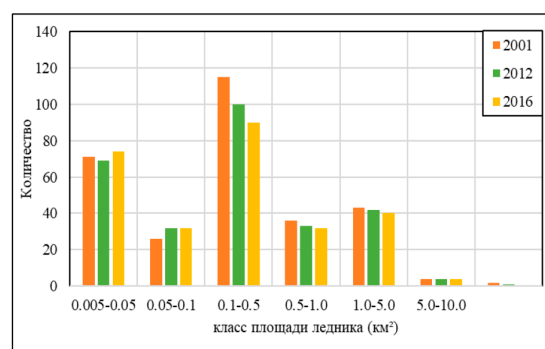
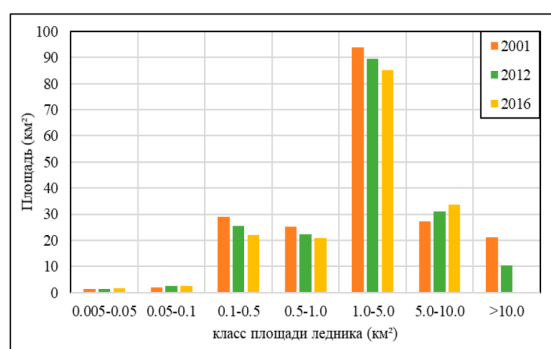


Рисунок 5 – Совокупные значения площади и количества ледников для семи размерных классов в северной части Жетысуского Алатау в 2001, 2012 и 2016 гг.

Распределение ледникового покрова было определено с помощью ALOS PALSAR DEM и показало небольшие различия между регионами. Большинство ледников были ориентированы на север (север, северо-запад и северо-восток) (рисунок 6) и располагались между 3200-4000 м над уровнем моря (рисунок 7). Расположения ледников по аспекту в исследуемой горной зоне более 35,2%

(2012-35,6%, 2001-34,4%) приходится на северную часть, 23,9% (2012-24,4%, 2001- 24,1%) – на северо-восток, 20,8% (2012-22%, 2001-21,5%) – на северо-западную часть. В восточной части расположено 7,2%, на западе – более 6%, на юго-востоке – около 2,5%, а наименее распространенными являются южная (1,7%) и юго-западная (более 2%) части (рисунок 6).

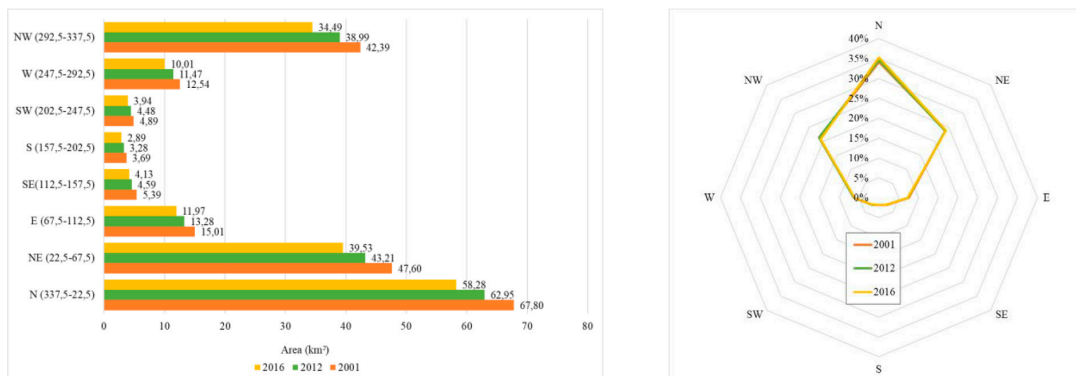


Рисунок 6 – Распределение площадей ледников и их изменение по экспозиции в бассейне рек Аксу-Биен, Лепсы-Баскан за 2001–2016 гг.

Наибольшая площадь ледников располагалась в районе 3400-3600 м над уровнем моря, и большинство из них было сосредоточено в бассейнах рек Саркан Баскан и Лепсы. Средняя высота ледников, которая является подходящим и широко используемым индикатором долгосрочной высоты линии равновесия (ELA) на основе топографических данных (Braithwaite and Raper, 2009: 127), находится на отметке 3550 м над уровнем моря. Ледники на более низких отметках располагались в основном в северо-

западном углу изучаемой территории (бассейн р. Биен), тогда как ледники на самых высоких отметках располагались в центральной части.

Подавляющее большинство ледников в исследуемой зоне сосредоточено в основном на высоте 3200-4000 м. По данным за 2016 год, 38,6% ледников в бассейнах рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан сосредоточены на высоте 3400-3600 м над уровнем моря. Также 27,5% ледников расположены на высоте 3600-3800 м, 15% – на высоте 3200-3400 м (рисунок 7).

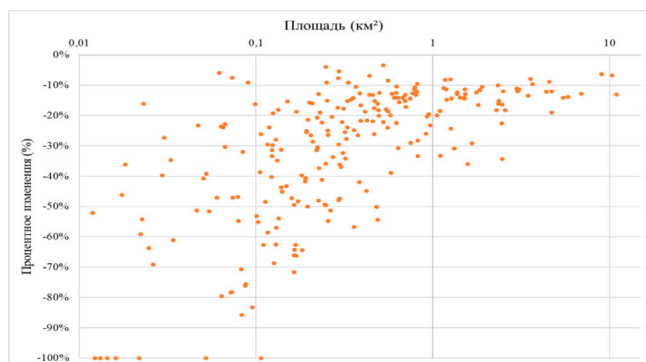


Рисунок 7 – Расположение ледников в зоне исследования на максимальной и минимальной высоте над уровнем моря

Изменения в площади ледников

Нами выявлено 245 ледников в 2001 г., 238 – в 2012 г. и 232 – в 2016 г., которые были занесены в Каталог ледников общей площадью 197,2, 176,8 и 165,5 км² соответственно. Кроме того, выявлены ледники с площадью менее 0,005 км², 52 – в 2001 г., 43 – в 2012 г. и 40 – в 2016 г. общей площадью 2,4, 2,1 и 1,7 км² (таблица 2).

Таким образом, суммарное изменение площади за период 1956–2001 гг., на территории исследования, составило 33%. Изменение площади за 2001–2012 гг. составило 10,3%, а изменение площади за 2012–2016 гг. составило 7,2%; за весь период общая площадь оледенения уменьшилась с 294,5 км² (251 ледник) в 1956 г. до 165,5 км² (232 ледника) в 2016 г., т. е. на 43,8% за 60 лет.

За период наших исследований не были обнаружены 19 ледников, занесенных в Каталог, и 54 незарегистрированных малых ледника. Все ледники непрерывно сокращались в течение всего периода исследования.

Наши результаты показывают, что потери площади ледников в бассейне рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан в 2001-2016 годах составили 16,1% (-1,07% годовых). В том числе, площадь ледников, расположенных в бассейне рек Аксу-Биен, за период 2001-2016 гг. сократилась на

17,5% (-1,2% годовых), а в бассейне рек Лепсы – Баскан составила 14,9% (-1% годовых).

Как отмечалось выше, в бассейне рек Лепсы и Баскан были самые большие ледники со средним размером 0,91 км², а в бассейне рек Аксу-Биен были самые маленькие ледники со средним размером 0,70 км². Аксу-Биен имел относительно высокую скорость сокращения за период 2001-2016 гг. по сравнению с остальными бассейнами.

Анализ относительного изменения площади по сравнению с начальной площадью ледника указывает на большую потерю ледников меньшего размера (рисунок 8). Однако был большой разброс потерь, особенно для более мелких ледников, в то время как во всех классах размеров были ледники, которые уменьшились лишь незначительно. Абсолютная потеря площади была выше для более крупных ледников (рисунок 9), а средняя высота ледника увеличилась на 25 м, в то время как средняя минимальная высота ледников увеличилась на 28 м – с 3359 до 3397 м над уровнем моря за 2001–2016 гг. На всех высотах отмечено сокращение площади ледников в период 2001–2016 гг. (рисунок 10). Ледники, сосредоточенные в западной экспозиционной стороне, уменьшились на 20,18%, северо-западные – на 18,64%, а северные – на 14% и северо-восточные уменьшились на ±17%.

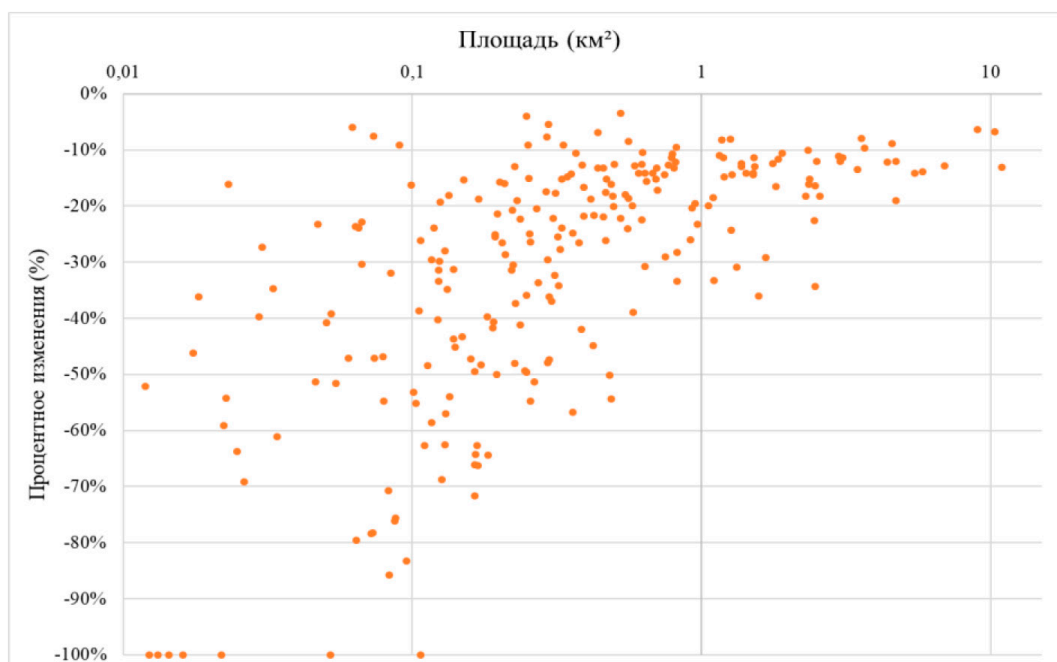


Рисунок 8 – Точечная диаграмма относительных изменений площади ледника по сравнению с первоначальным размером ледника для 245 ледников в период 2001–2016 гг.

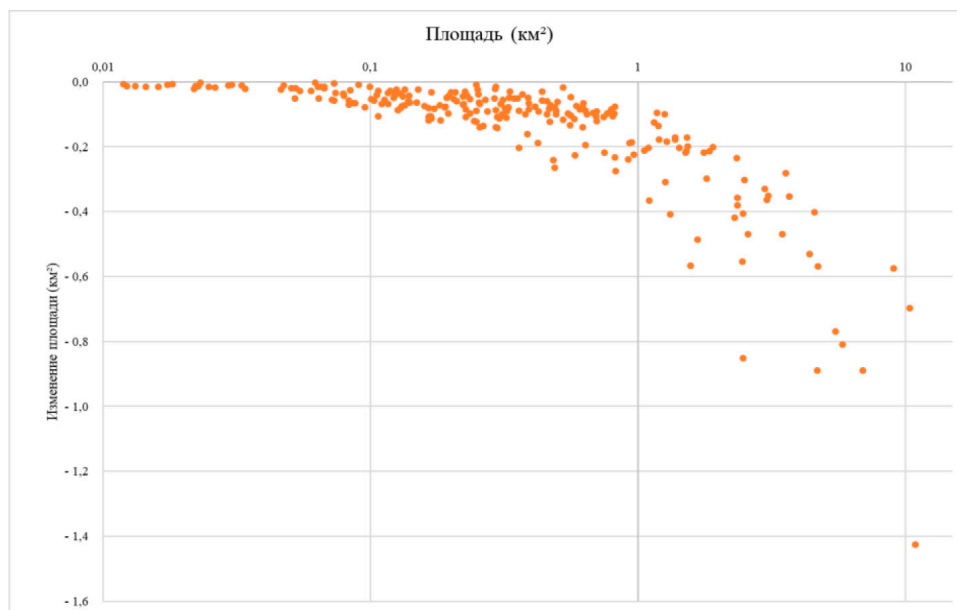


Рисунок 9 – Диаграмма рассеяния абсолютных изменений площади ледника в зависимости от его исходного размера в 2001–2016 гг.

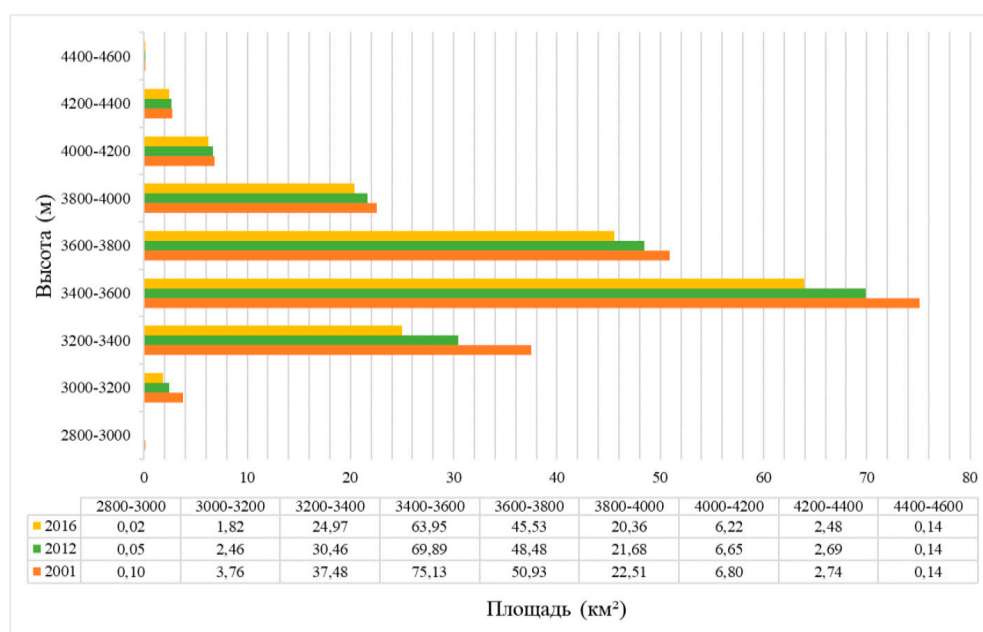


Рисунок 10 – Распределение площадей ледников и их изменение в зависимости от интервала высот в бассейнах рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан

Изменения площади исследованных ледников подтвердили ожидаемую и широко опубликованную тенденцию к сокращению ледников (Sorg и др., 2012; Unger-Shayesteh и др., 2013, He и др., 2015).

Результаты нашего исследования показали, что годовой показатель сокращения площади ледников в бассейне рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан за период 1956-2001 и 2001-2016 годов составил 0,7-1%, данный показатель схож с

другими оледененными районами Жетысуского Алатау (He, 2015: 11; Severskiy, 2016: 382).

Северский и другие (Severskiy, 2016: 382) провели детальные исследования динамики изменения ледникового покрова для всех регионов Жетысуского Алатау за период с 1956 по 2011 год и показали, что скорость годового сокращения ледников в бассейнах рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан составляет 0,7%. При этом было отмечено, что скорость интенсивного сокращения ледников в горной системе наблюдается в основном в бассейнах Южного Жетысуского Алатау, а наименьшая – в орграфических закрытых бассейнах.

He и другие (He, 2015: 11) проанализировали динамику изменения ледникового покрова в восточной части Жетысуского Алатау (КНР) в 1990-2012 гг. По их исследованиям, в период с 1989 по 2012 год общая площадь ледников восточной части Жетысуского Алатау уменьшилась на 16%, а скорость годового сокращения составила 0,73%.

Выводы

Это исследование демонстрирует научную ценность подробного многовременного дистанционного анализа изменений ледников в бассейнах рек Аксу-Биен и Лепсы-Баскан, в котором в настоящее время отсутствуют достаточные записи данных наблюдений. Данные, использованные в нашем исследовании, включали спутниковые снимки (разрешение 30 м) и ALOS PALSAR (разрешение 12,5 м). Метод порогового соотношения (TM3/TM5, OLI4/OLI6)

и визуальная интерпретация хорошо зарекомендовали себя для определения границ ледникового покрова в исследуемой области. В бассейне выявлено 245 ледников общей площадью 197,2 км² в 2001 г., которая к 2016 г. уменьшилась до 165,5 км², потеря составляет 31,7 км² (скорость сокращения – 1 % годовых).

Наши результаты показывают более высокие темпы сокращения для изучаемой территории, чем для некоторых других оледенелых районов Тянь-Шаня. Это явление, вероятно, связано не только с расположением исследуемого нами района на периферии Жетысуского Алатау, имевшей менее благоприятные климатические условия, чем внутренние хребты, но и с меньшими размерами ледника при полном отсутствии щебнистого покрова. Различия в сокращении площади ледников между суббассейнами можно объяснить различиями в размерах, ориентации и местных климатических условиях. В период исследований новые ледники не образовывались. Ясно, что сложные взаимодействия ледников и климата нуждаются в дальнейшем изучении.

Благодарность

Данная работа была выполнена в рамках проекта за счет грантового финансирования 2020-2022 КН МОН РК (Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан) «Оценка баланса массы ледников в региональном масштабе и инвентаризация каменных глетчеров Жетысуского Алатау с использованием данных дистанционного зондирования» ИРН AP08856470.

Литература

- Armstrong, R. L. (2010). The glaciers of the Hindu Kush-Himalayan region: a summary of the science regarding glacier melt/retreat in the Himalayan, Hindu Kush, Karakoram, Pamir, and Tien Shan mountain ranges. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD): 20.
- Bolch T (2007) Climate change and glacier retreat in northern Tien Shan (Kazakhstan/Kyrgyzstan) using remote-sensing data. *Global Planet. Change*, 56(1–2): 1–12 (doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.07.009)
- Braithwaite, R. J., & Raper, S. C. B. (2009). Estimating equilibrium-line altitude (ELA) from glacier inventory data. *Annals of Glaciology*, 50(53): 127-132.
- Вилесов Е. Н., Северский И. В. Деградация оледенения Джунгарского (Жетысу) Алатау во второй половине XX в // Лёд и снег. – 2013. – Т. 53. – №. 2: 12-20.
- Вилесов, Е. Н. Деградация современного оледенения Джунгарского Алатау // Bulletin d'EUROTALENT-FIDJIP 4 (2017): 41-51.
- Вилесов Е. Н., Морозова В. И., Северский И. В. Оледенение Джунгарского (Жетысу) Алатау: прошлое, настоящее, будущее. – Алматы: изд. КазНУ, 2013: 39-41.
- Viviroli, D., Weingartner, R., & Messerli, B. (2003). Assessing the hydrological significance of the world's mountains. *Mountain research and Development*, 23(1): 32-40.
- Kaldybayev, A., Chen, Y., & Vilesov, E. (2016). Glacier change in the Karatal river basin, Zhetysu (Dzhungar) Alatau, Kazakhstan. *Annals of Glaciology*, 57(71):11-19.
- Каталог ледников СССР. Т. 13. Вып. 2. Ч. 6. Бассейны рек Биен, Аксу, Лепсы. – Л.: Гидрометеиздат, 1970:84.

- Kaser G, Großhauser M and Marzeion B (2010) Contribution potential of glaciers to water availability in different climate regimes. *Proc. Natl Acad. Sci. USA (PNAS)*, 107: 20 223–20 227
- Li, K., Li, Z., Wang, C., & Huai, B. (2016). Shrinkage of Mt. Bogda Glaciers of Eastern Tian Shan in Central Asia during 1962–2006. *Journal of Earth Science*, 27(1): 139-150.
- Mölg, N., Bolch, T., Rastner, P., Strozzi, T., & Paul, F. (2018). A consistent glacier inventory for Karakoram and Pamir derived from Landsat: 1807–1827.
- Narama, C., Kääh, A., Duishonakunov, M., & Abdrakhmatov, K. (2010). Spatial variability of recent glacier area changes in the Tien Shan Mountains, Central Asia, using Corona (~ 1970), Landsat (~ 2000), and ALOS (~ 2007) satellite data. *Global and Planetary Change*, 71(1-2): 42-54.
- Paul F and others (2013) On the accuracy of glacier outlines derived from remote-sensing data. *Ann. Glaciol.*, 54(63 Pt 1): 171–182 (doi: 10.3189/2013AoG63A296)
- Paul F., Kääh A. Perspectives on the production of a glacier inventory from multispectral satellite data in Arctic Canada: Cumberland Peninsula, Baffin Island // *Annals of Glaciology*. – 2005. – T. 42: 59-66.
- Paul F, Kääh A, Maisch M, Kellenberger T and Haerberli W (2004) Rapid disintegration of Alpine glaciers observed with satellite data. *Geophys. Res. Lett.*, 31(21), L21402. – P. 4. (doi: 10.1029/2004GL020816) data: distribution of debris cover and mapping challenges. *Earth System Science Data*, 10(4): 1807-1827.
- Racoviteanu A., Williams M. W. Decision tree and texture analysis for mapping debris-covered glaciers in the Kangchenjunga area, Eastern Himalaya // *Remote sensing*. – 2012. – T. 4. – №. 10: 3078-3109.
- Rastner P. The local glaciers and ice caps on Greenland: their mapping, separation from the ice sheet and their climate sensitivity: дис. – University of Zurich, 2014: 190.
- Robson B. A. et al. Decadal scale changes in glacier area in the Hohe Tauern national park (Austria) determined by object-based image analysis // *Remote Sensing*. – 2016. – T. 8. – №. 1: 67.
- Severskiy, I., Vilesov, E., Armstrong, R., Kokarev, A., Kogutenko, L., Usmanova, Z., ... & Raup, B. (2016). Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, central Asia, over recent decades. *Annals of Glaciology*, 57(71): 382-394.
- Sorg, A., Bolch, T., Stoffel, M., Solomina, O., & Beniston, M. (2012). Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia). *Nature Climate Change*, 2(10): 725-731.
- Farinotti, D., Longuevergne, L., Moholdt, G., Duethmann, D., Mölg, T., Bolch, T., ... & Güntner, A. (2015). Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years. *Nature Geoscience*, 8(9): 716-722.
- Hagg, W., Braun, L. N., Kuhn, M., & Nesgaard, T. I. (2007). Modelling of hydrological response to climate change in glacierized Central Asian catchments. *Journal of Hydrology*, 332(1-2). – P. 40-53.
- He, Y., Yang, T. B., Ji, Q., Chen, J., Zhao, G., & Shao, W. W. (2015). Glacier variation in response to climate change in Chinese Tianshan Mountains from 1989 to 2012. *Journal of Mountain science*, 12(5): 1189-1202.

References

- Armstrong, R. L. (2010). The glaciers of the Hindu Kush-Himalayan region: a summary of the science regarding glacier melt/retreat in the Himalayan, Hindu Kush, Karakoram, Pamir, and Tien Shan mountain ranges. *International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD)*: 20.
- Bolch T (2007) Climate change and glacier retreat in northern Tien Shan (Kazakhstan/Kyrgyzstan) using remote-sensing data. *Global Planet. Change*, 56(1–2): 1–12 (doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.07.009)
- Braithwaite, R. J., & Raper, S. C. B. (2009). Estimating equilibrium-line altitude (ELA) from glacier inventory data. *Annals of Glaciology*, 50(53): 127-132.
- Vilesov Ye. N., Severskiy I. V. Degradatsiya oledeniya Dzhungarskogo (Zhetysu) Alatau vo vtoroy polovine KHKH v // *Lod i sneg*. – 2013. – T. 53. – №. 2:12-20. (In Russian).
- Vilesov, Ye. N. “Degradatsiya sovremennogo oledeniya Dzhungarskogo Alatau.” *Bulletin d’EUROTALENT-FIDJIP 4* (2017): 41-51. (In Russian).
- Vilesov Ye. N., Morozova V. I., Severskiy I. V. Oledeniye Dzhungarskogo (Zhetysu) Alatau: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye // *Almaty: izd. KazNU*. – 2013: 39-41. (In Russian).
- Viviroli, D., Weingartner, R., & Messerli, B. (2003). Assessing the hydrological significance of the world’s mountains. *Mountain research and Development*, 23(1): 32-40.
- Kaldybayev, A., Chen, Y., & Vilesov, E. (2016). Glacier change in the Karatal river basin, Zhetysu (Dzhungar) Alatau, Kazakhstan. *Annals of Glaciology*, 57(71):11-19.
- Katalog lednikov SSSR. T. 13. Vyp. 2. CH. 6. Basseyny rek Biyen, Aksu, Lepsy. L.: Gidrometeoizdat, 1970: 84. (In Russian).
- Kaser G, Großhauser M and Marzeion B (2010) Contribution potential of glaciers to water availability in different climate regimes. *Proc. Natl Acad. Sci. USA (PNAS)*, 107: 20 223–20 227
- Li, K., Li, Z., Wang, C., & Huai, B. (2016). Shrinkage of Mt. Bogda Glaciers of Eastern Tian Shan in Central Asia during 1962–2006. *Journal of Earth Science*, 27(1): 139-150.
- Mölg, N., Bolch, T., Rastner, P., Strozzi, T., & Paul, F. (2018). A consistent glacier inventory for Karakoram and Pamir derived from Landsat: 1807–1827.
- Narama, C., Kääh, A., Duishonakunov, M., & Abdrakhmatov, K. (2010). Spatial variability of recent glacier area changes in the Tien Shan Mountains, Central Asia, using Corona (~ 1970), Landsat (~ 2000), and ALOS (~ 2007) satellite data. *Global and Planetary Change*, 71(1-2): 42-54.
- Paul F and others (2013) On the accuracy of glacier outlines derived from remote-sensing data. *Ann. Glaciol.*, 54(63 Pt 1): 171–182 (doi: 10.3189/2013AoG63A296)
- Paul F., Kääh A. Perspectives on the production of a glacier inventory from multispectral satellite data in Arctic Canada: Cumberland Peninsula, Baffin Island // *Annals of Glaciology*. – 2005. – T. 42: 59-66.

Paul F, Kāāb A, Maisch M, Kellenberger T and Haerberli W (2004) Rapid disintegration of Alpine glaciers observed with satellite data. *Geophys. Res. Lett.*, 31(21), L21402. – P. 4. (doi: 10.1029/2004GL020816) data: distribution of debris cover and mapping challenges. *Earth System Science Data*, 10(4): 1807-1827.

Racoviteanu A., Williams M. W. Decision tree and texture analysis for mapping debris-covered glaciers in the Kangchenjunga area, Eastern Himalaya //Remote sensing. – 2012. – Т. 4. – №. 10: 3078-3109.

Rastner P. The local glaciers and ice caps on Greenland: their mapping, separation from the ice sheet and their climate sensitivity: дис. – University of Zurich, 2014: 190.

Robson B. A. et al. Decadal scale changes in glacier area in the Hohe Tauern national park (Austria) determined by object-based image analysis //Remote Sensing. – 2016. – Т. 8. – №. 1: 67.

Severskiy, I., Vilesov, E., Armstrong, R., Kokarev, A., Kogutenko, L., Usmanova, Z., ... & Raup, B. (2016). Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, central Asia, over recent decades. *Annals of Glaciology*, 57(71): 382-394.

Sorg, A., Bolch, T., Stoffel, M., Solomina, O., & Beniston, M. (2012). Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia). *Nature Climate Change*, 2(10): 725-731.

Farinotti, D., Longuevergne, L., Moholdt, G., Duethmann, D., Mölg, T., Bolch, T., ... & Güntner, A. (2015). Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years. *Nature Geoscience*, 8(9): 716-722.

Hagg, W., Braun, L. N., Kuhn, M., & Nesgaard, T. I. (2007). Modelling of hydrological response to climate change in glacierized Central Asian catchments. *Journal of Hydrology*, 332(1-2). – P. 40-53.

He, Y., Yang, T. B., Ji, Q., Chen, J., Zhao, G., & Shao, W. W. (2015). Glacier variation in response to climate change in Chinese Tianshan Mountains from 1989 to 2012. *Journal of Mountain science*, 12(5): 1189-1202.

МРНТИ 39.19.31

Н.Б. Маханова^{1*}, Ж.Г. Берденов¹
А.Б. Сансызбаева³, А.Б. Сагынбаева⁴

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Казахстан, г. Нур-Султан

²Павлодарский педагогический университет, Казахстан, г. Павлодар

³Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы

*e-mail: makhanova.nursaule@mail.ru

ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКИ СОСНОВОГО БОРА АМАНКАРАГАЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Статья отражает динамику структуры лесных массивов с помощью методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Территория исследования представлена островным сосновым бором Аманкарагай, расположенным в Аулиекольском районе Костанайской области Казахстана. Авторами рассматривались изменения лесистости во временном промежутке с 1993 года по 2021 год. Источники данных представлены мультиспектральными каналами, полученными со спутников Landsat 5 TM и Landsat 8 OLI. Метод исследования основывался на картографической модели плотности полога леса (Forest Canopy Density – FCD). Модель FCD актуальна для оценки состояний лесов и выявления изменений в них. Она использует 4 фактора: растительность, оголённость почвы, тень от лесной кроны и температуру, выражающиеся в соответствующих индексах. Расширенный индекс растительности (Advanced vegetation index – AVI), индекс открытой почвы (Bare soil index – BI), индекс тени от кроны (Canopy shadow index – SI) и тепловой индекс (Thermal index – TI) являются исходными параметрами для вычисления лесной кроны. Подсчеты велись с помощью программного обеспечения ArcGIS Desktop v10.6. Итоговые результаты исследования показали распределение плотности лесных массивов в исследуемой территории по следующим категориям: плотный, средний, разреженный леса и безлесье.

Ключевые слова: хвойный лес, Аманкарагай, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), плотности полога леса, модель FCD, Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI.

N.B. Makhanova^{1*}, Zh.G. Berdenov¹, A.B. Sansyzbayeva², A.B. Sagynbayeva³

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan

²Pavlodar Pedagogical University, Kazakhstan, Pavlodar

³Kazakh national agrarianresearch university, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: makhanova.nursaule@mail.ru

Assessment of the structural dynamics of the Amankaragai pine forest using remote sensing data

The article reflects the dynamics of the structure of woodlands, using methods of remote sensing of the Earth (remote sensing). The research area is represented by the Amankaragai island pine forest, located in the Auliekolsky district of the Kostanay region of Kazakhstan. Changes in forest cover in the time interval from 1993 to 2021 were considered. Data sources are represented by multispectral channels received from Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI satellites. The research method was based on a cartographic model of Forest Canopy Density (FCD). The FCD model is relevant for assessing the state of forests and identifying changes in them. It uses 4 factors: vegetation, soil denudation, shade from the forest crown and temperature, expressed in the corresponding indices. The Advanced vegetation index (AVI), the open soil index (Bare soil index - BI), the Canopy shadow index (SI) and the thermal index (Thermal index – TI) are the initial parameters for calculating the forest crown. The calculations were carried out using the ArcGIS Desktop v10.6 software. The final results of the study showed the distribution of the density of woodlands in the study area in the following categories: dense, medium, sparse forests and treeless.

Key words: coniferous forest, Amankaragai, remote sensing of the Earth (remote sensing), density of the forest canopy, FCD model, Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI.

Н.Б. Маханова^{1*}, Ж.Г. Берденов¹, А.Б. Сансызбаева², А.Б. Сагынбаева³

¹А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

²Павлодар педогогикалық университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

³Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: makhanova.nursaule@mail.ru

Қашықтықтан зондтау деректерін қолдана отырып, Аманқарағай қарағайлы орманының құрылымдық динамикасын бағалау

Мақалада Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) әдістерінің көмегімен орман алқаптары құрылымының динамикасы сипатталған. Зерттеуде аумағы Қазақстанның Қостанай облысы Әулікөл ауданында орналасқан Аманқарағай қарағайлы оқшауланған орманы ұсынылған. 1993 жылдан 2021 жылға дейінгі уақыт аралығындағы орманды алқаптағы өзгерістер қарастырылды. Деректер көздері Landsat 5 TM және Landsat 8 OLI спутниктерінен алынған көп спектрлі арналармен ұсынылған. Зерттеу әдісі орман шымылдығы тығыздығының картографиялық моделіне негізделген (Forest Canopy Density – FCD). FCD моделі ормандардың жағдайын бағалауға және олардағы өзгерістерді анықтауға арналған. Ол 4 факторды пайдаланады: өсімдік, топырақтың жалаңаштығы, орман шымылдықты көлеңке және тиісті индекстерде көрсетілген температура. Өсімдіктердің кеңейтілген индексі (Advanced vegetation index – AVI), ашық топырақ индексі (Bare soil index – BI), шымылдықты көлеңке индексі (Canopy shadow index – SI) және жылу индексі (Thermal index – TI) орман шымылдығын есептеу үшін бастапқы параметрлер болып табылады. Есептеулер ArcGIS Desktop v10. 6 бағдарламалық жабдығы арқылы жүргізілді. Зерттеудің қорытынды нәтижелері зерттелетін аумақтағы орман алқаптарының тығыздығының төмендегідей санаттар бойынша бөлінуін көрсетті: тығыз, орташа, сиретілген және ормансыз.

Түйін сөздер: қылқан жапырақты орман, Аманқарағай, Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ), орман шымылдығының тығыздығы, FCD моделі, Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI.

Введение

Планирование и осуществление восстановительных работ лесных угодий в условиях глобального потепления климата являются сегодня одной из актуальных проблем. Лесные ландшафты благодаря аккумуляции солнечной энергии сосредотачивают в себе наибольшее количество фитомассы по сравнению со степными или другими группами ландшафтов. Однако, ежегодная производительность фитомассы лесов в десятки раз меньше тех же самых степей. Высокая когерентность между компонентами экосистемы характерна исключительно для лесных ландшафтов. Следовательно, при нарушении функционирования одного из компонентов изменению подвергаются все остальные, так как здесь наиболее резко проявляется способность организмов создавать среду своего обитания (Берденов Ж.Г., 2020: 130-131).

В изучении компонентов природной среды большую роль играет ДЗЗ с космических летальных аппаратов. За последнее десятилетие существенно возросли объем, разнообразие и качество материалов ДЗЗ и, как следствие, расширился круг приложений, относящихся к исследованиям окружающей среды. По качественным свойствам космических изображений земной поверхности идентифицируются ара-

лы распространения природных явлений и процессов в пределах ландшафтов, при этом отображается состояние и динамика водных объектов, растительности, почв, рельефа, лесов. Возможности получения сведений о техногенной нарушенности ландшафтов достаточно обширны – это гари, пожары, выпас скота, неконтролируемые вырубki деревьев, горнопроходческое выработки, различные виды загрязнения, захоронения радиоактивных отходов и т.п. (Берденов Ж.Г., 2020: 13-14; Бекетова А.Т., 2020: 68-69; Карпачев А.П., 2016).

Используемая в нашем исследовании модель плотности полога леса Forest Canopy Density (далее по тексту – FCD) является на сегодня новейшим и актуальным методом ДЗЗ. Концепция FCD была изложена в рамках осуществления исследовательской программы Международной организации тропической древесины – ИТТО (А. Rikimaru, 1999 а: 90). При содействии специалистов из Японской ассоциации зарубежных консультантов по лесному хозяйству – JOFCA данная модель предусматривала использование качественных индексов растительности, почвы и тени (А. Rikimaru, 1997 б). Окончательно методика исследования сформировалась посредством сотрудничества с представителями Индийского института ДЗЗ – NRSA (P.S. Roy, 2002: 39-47).

Прикладные исследования лесных массивов были протестированы в Индии – остров Южный Андаман (P.S. Roy, 1997), в Индонезии – западная часть острова Калимантан (Rhuandha A.), в Филиппинах – острова Миндоро и Палаван (Vilgilio Basa) и в восточных лесах Тайланда (Sura-chai R.).

Исследователи продолжили развивать и применять модель FCD в широколиственных лесах Северного Ирана (M. S. Jamalabad, 2001: 1-7).

Теоретическая значимость работы определяется возможностью применения модели FCD для оценки состояния борельных лесов Казахстана.

Объектом исследования выбран реликтовый островной сосновый бор Аманкарагай, распо-

ложенный в Аулиекольском районе Костанайской области. Географический центр объекта – 52°27'10" с.ш. и 63°56'20" в.д. (Рисунки 1, 2). Сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris* L.), произрастающая на аллювиально-эоловых песках, является главным представителем среди древесных пород. Климат района резко континентальный, засушливый, с большой амплитудой температуры между временами года (Костанай облысының ..., 2018: 27-35). Согласно данным метеостанции Костаная, среднегодовые осадки составляют 310 мм в год (URL1: 2022). Возраст данных островных боров по данным радиоуглеродного датирования относится к промежутку между 6000-4500 лет назад (Kremenetski C., Tarasov P. & Cherkinsky A. 1997: 390-404).

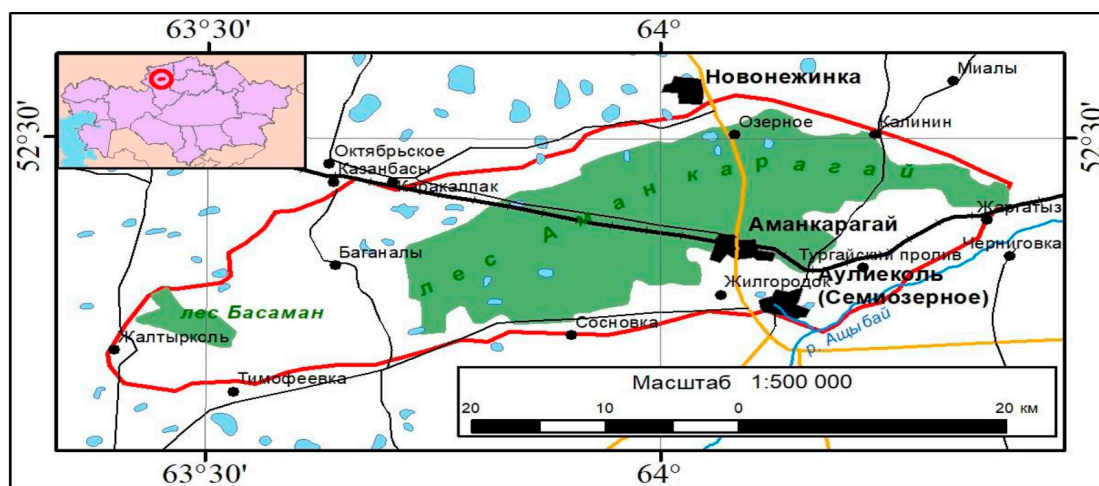


Рисунок 1 – Обзорная карта исследуемой территории

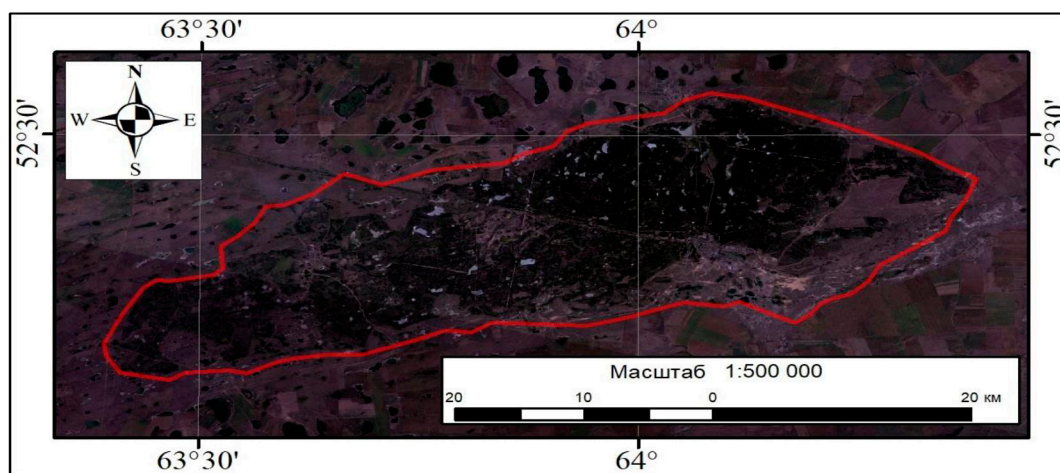


Рисунок 2 – Космоснимок исследуемой территории

Цель работы заключается в количественной и качественной оценке лесного массива, который подвергся изменению за 1993-2021 гг. Задачи, поставленные перед исследованием, состоят в следующем: выявить нарушенные площади лесных угодий, попытаться определить участки потенциально пригодных для воспроизводства лесов и лесоразведению.

Материалы и методы исследования

Источником данных являлись многоспектральные космические снимки земной поверхности Геологической службы США спутников за 1993 год – Landsat 5 TM и за 2021 год – Landsat 8 OLI (URL2: 2021). Космические снимки были геометрически и географически корректно привязаны к местности.

Обработка, дешифрирование, нормализация значений каналов и вычисления качественных индексов выполнялись в программах ENVI 5.2 и ArcGIS 10.6.

Уменьшение шума. Облака, тень от облаков и территории, занятые водой, являются естественным информационным шумом в данных космоснимков. Облака имеют более высокое свойство отражения, чем наземные данные. Кроме того, количество отражаемых данных меняется в зависимости от того, белые ли облака, серые, черные или сочетание разных оттенков. Эти факторы отрицательно влияют на статис-

тическую обработку и анализ космоснимков. Более того, тень от облаков можно спутать с тенью от гор либо других неровностей земной поверхности. Эти проблемы могут быть сведены к минимуму путем создания фильтрации облачной сцены и создания отсекающей теневой маски с использованием гистограммы на основе данных, полученных из каналов 1, 2 и 3 TM. Водные объекты создают подобные проблемы, поскольку вода поглощает ближний инфракрасный диапазон спектра. Кроме того, эритрофицированные водоёмы и болота могут отражать высокие значения растительности, что также может ввести в заблуждение. Водоёмы тоже должны отсекается маской с использованием гистограммы канала 4 TM.

Применяемая в исследовании модель плотности полога леса FCD основывается на качественных параметрах и характеристиках состояния лесов. Данная модель включает в себя биоспектральные явления моделирования и комбинацию полученных данных из 4 индексов: расширенный индекс растительности (Advanced vegetation index – AVI, VI), индекс открытой почвы (Bare soil index – BI), индекс тени от полога леса (Canopy shadow index - SI) и тепловой индекс (Thermal index – TI).

Вышеназванные индексы имеют некоторые характеристики описанные и иллюстрированные ниже. В рисунке №3 отражена взаимосвязь между состоянием леса и четырьмя индексами (AVI, BI, SI, и TI).



Рисунок 3 – Характеристики четырёх параметров состояния леса

Индекс растительности (AVI или VI) одинаково реагирует на содержание хлорофилла как в древесной растительности лесного массива, так и в травянистой растительности, произрастающей на открытых лугах. Индекс AVI более восприимчиво реагирует на растительность по сравнению со стандартизированным индексом NDVI (Pandian, M, 2016: 1-4). Индекс тени возрастает пропорционально увеличению плотности полого леса. Тепловой индекс возрастает пропорционально возрастанию количества растительности, при этом территории с наличием почв чёрного цвета отражают высокие значения температуры. Индекс открытой почвы возрастает пропорционально увеличению степени обнажения почвенного грунта, т.е. выхода на дневную поверхность. Показатели индексов вычисляются для каждой ячейки раstra (пикселя).

Следует отметить, что значения FCD возрастают соответственно возрастанию значений SI. Иначе говоря, где наблюдается большое количество древесной растительности, там больше образуется тень. В то же время, где наблюдается меньше открытой почвы, т.е. низкие значения BI, соответственно там снижается значение температуры – TI. Также отметим, что значения индекса растительности – VI «насыщаются» раньше, чем тени – SI. Упрощённо говоря, это означает, что максимальное значение VI могут не коррелироваться с плотностью деревьев или лесов. С другой стороны, значения SI первостепенно зависят от количества высокой растительности, как деревья, которые отбрасывают точные показатели тени (Z. Azizia, 2008: 1127–1130). В таблице 1 показаны сочетания характеристик между 4 индексами.

Таблица 1 – Характеристики показателей 4 индексов

| Индексы | Высокий FCD | Низкий FCD | Земли, покрытые травой | Пустые земли |
|---------|-------------|------------|------------------------|--------------|
| AVI | Высокий | Средний | Высокий | Низкий |
| BI | Низкий | Низкий | Низкий | Высокий |
| SI | Высокий | Средний | Низкий | Низкий |
| TI | Низкий | Средний | Средний | Высокий |

Нормализация каналов спутника Landsat 5 TM. Спектральные каналы (за исключением 6 канала) были нормализованы с использованием метода линейного преобразования (формулы 1 и 2).

$$A=(Y_1-Y_2)/(X_1-X_2)=(20-220)/[(M-2S)-(M+2S)]=50/S \quad (1)$$

$$V=-AX_1+Y_1; Y=AX+B \quad (2)$$

где, $X_1=M-2S$, $X_2=M+2S$, $Y_1=20$, $Y_2=220$;

где M – среднее, S – стандартное отклонение, X – исходные данные, Y – нормализованные данные.

Индекс AVI. Индекс NDVI не способен осветить тонкую разницу в плотности полого леса (W. Cuizhen, 2005: 1-17). Это стало возможным благодаря его улучшению в виде возведения инфракрасных значений в степень кубического корня. Индекс AVI рассчитывается по формуле 3.

$$AVI=[(B_4+1)(256-B_3)(B_4-B_3)]^{1/3},$$

если $B_4 < B_3$ после нормализации, тогда

$$AVI=0 \quad (3)$$

Индекс BI. Показатели этого индекса усиленно отражают территории с отсутствием почвенно-растительного слоя, земли под паром, вскрытые грунты, заметные под растительностью. Подобно концепции индекса AVI, индекс обнажённой почвы BI – это нормализованный индекс и разностных сумм, который дифференцирует две разные значения растительности с разным фоном, а именно, – почти пустой, разреженный, плотный и т. п (S. Li, 2014: 139-144). Индекс BI рассчитывается по формуле 4.

$$BI= \frac{((B_5+B_3)-(B_4+B_1))}{((B_5+B_3)+(B_4+B_1))} * 100 + 100; \quad 0 < BI < 200 \quad (4)$$

Индекс SI. Расположение кроны в древостое приводит к образованию теневой структуры, влияющей на спектральные характеристики. Молодые деревья имеют низкие значения индекса

тени SI по сравнению с зрелыми деревьями. Более старый древостой в лесу имеет ровное и однообразное распределение на графике в сравнении с открытой местностью с практически отсутствующей тенью. SI вычисляется по формуле 5.

$$SI = [(256 - B_1)(256 - B_2)(256 - B_3)]^{1/3} \quad (5)$$

Индекс TI. Два фактора объясняют относительно низкую температуру внутри леса. Одним из них является экранирующий эффект лесной кроны, которая блокирует и поглощает энергию солнца. Вторым фактором является испарение с поверхности листа, которое уменьшает тепло. Формулировка теплового индекса основана на этих явлениях. Источником данных для индекса TI является инфракрасный канал 6 спектрального канала ТМ. Данные теплового индекса использовались только для обнаружения почв и недревесной тени. Цветные космоснимки, полученные из комбинации сырых данных каналов 4, 3, 2 и 4, 3 спутника Landsat TM, представляют значимую информацию о распределении типов лесного покрова (J. Southworth, 2004: 689-706). Действия по нормализации не проводятся для данных канала 6 из-за калибровки температуры. Данная калибровка температуры теплового инфракрасного канала в значениях температуры грунта была вы-

полнена с использованием формул 6 и 7.

$$L_\lambda = L_{\min} + ((L_{\max} - L_{\min}) / 255) * B_6 \quad (6)$$

$$T = K_2 / (\ln(K_1 / L_\lambda + 1)) \quad (7)$$

где L_λ – показатель спектрального излучения (Вт/(м²*ср * мкм));

T – температура грунта (°K);

B_6 – значения теплового инфракрасного канала 6.

K_1, K_2 – удельный термальный коэффициент для канала 6 из метаданных.

$$K_1 = 607,76$$

$$K_2 = 1260,56$$

$$L_{\min} = 1,238 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср} \cdot \text{мкм)};$$

$$L_{\max} = 15,303 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср} \cdot \text{мкм)}.$$

Для космоснимков за 2021 год (поколения Landsat 8 OLI и TIRS) были произведены аналогичные операции по обработке с учетом характеристик соответствующих каналов (URL3, 2021). Каналы Landsat 5 TM с 1-5 соответствуют каналам с 2-6 поколения Landsat 8 OLI, а вместо 6 теплового канала был использован 10 канал TIRS1 (K. Saylor, 2020: 3-15).

Процесс моделирования FCD. Схема процесса для картографической модели FCD иллюстрирована в рисунке 4.

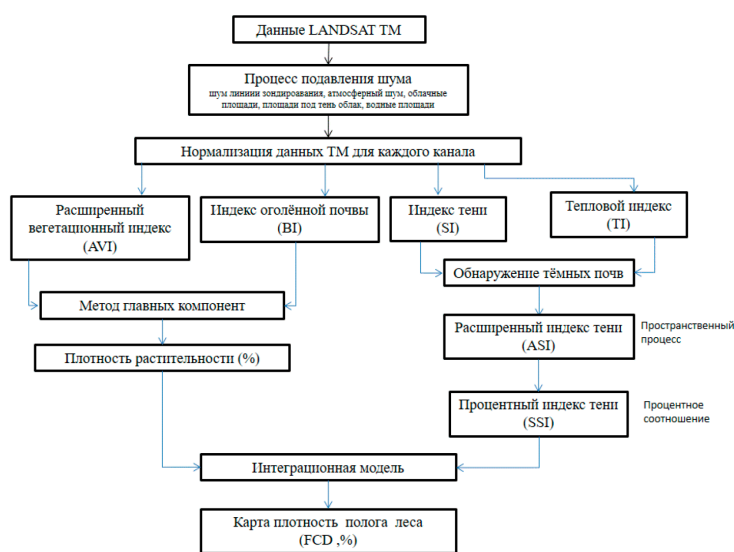


Рисунок 4 – Схема процесса картографического моделирования FCD

Индекс растительной плотности (VD). Данный процесс объединения индексов AVI и BI основывается на использовании метода главных компонент, так как, по своей сути, индексы AVI и BI имеют высокую отрицательную корреляцию. Далее все значения индекса VD устанавливаются в процентной шкале от 0 до 100 (J. Chudamani, D. L., 2006: 84-95).

Масштабированный индекс тени (SSI). Индекс тени является относительным показателем. Данные нормализованные значения могут быть использованы для вычисления других параметров. Индекс SSI был разработан в целях объединения значений индексов растительности и теней. Территории, где значения индекса SSI равны нулю, соответствуют лесным угодьям с минимальными значениями теней, т.е. 0%, а территории, где значения индекса SSI равны 100, соответствуют лесным угодьям с максимально возможными значениями теней, т.е. 100% (K. Jai, 2015: 1026-1032). Масштабированный индекс тени SSI получают посредством линейной трансформации индекса теней SI.

Интеграционная модель FCD. Объединение индекса растительной плотности (VD) и масштабированного индекса тени (SSI) подразумевает трансформацию их для значений плотности полога леса (S. Nandy, 2003: 291-297; Mothi Kumar K. E., 2020). Оба параметра измеряют плотность в процентном соотношении. Вычисление индекса FCD получается путем объединения по формуле 9. На рисунках 5 и 6 показаны результаты обработки плотности полога леса в 1993 и 2021 годов.

$$FCD = (VD * SSI + 1)^{1/2} - 1 \quad (9).$$

Для точного и корректного выявления структурной динамики в лесных угодьях Аманкарагай космоснимки были подобраны в одинаковом сезоне года, а именно в середине августа.

Результаты исследований

Степень плотности леса модели FCD выражается в процентах. Рисунок 7 наглядно демонстрирует изучаемый объект в модели FCD. Для более точной оценки обработки данных категории лесов были подразделены на 5 классов (таблица №2).

Таблица 2 - Значения классов FCD и их характеристики

| Класс | Значения FCD, % | Характер местности | Сокращения |
|-------|-----------------|--------------------------|------------|
| - | - | Гидрографические объекты | - |
| 1 | 0-20 | Нарушенные земли | НЗ |
| 2 | 21-50 | Земли без леса | БЛ |
| 3 | 51-70 | Разреженный лес | РЛ |
| 4 | 71-100 | Густой лес | ГЛ |

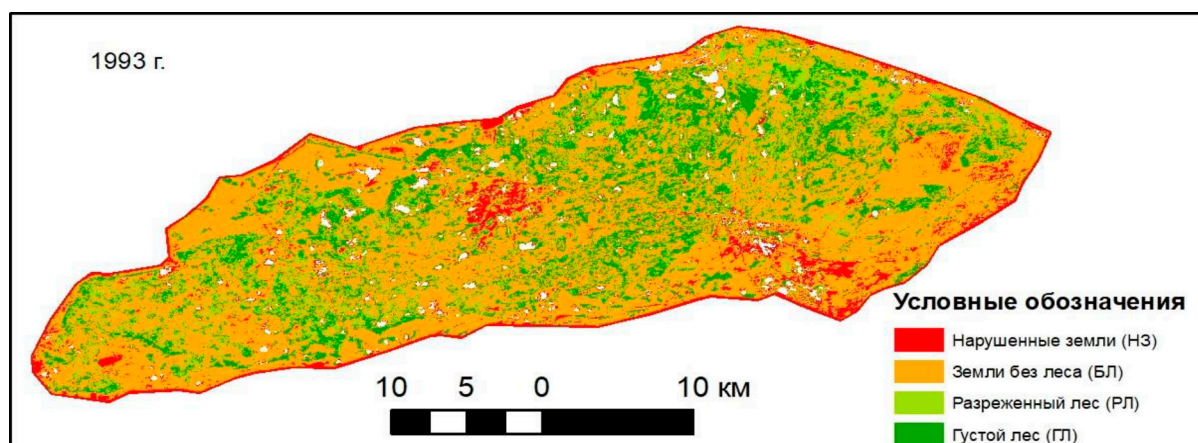


Рисунок 5 - Карта плотности лесного полога в 1993 году

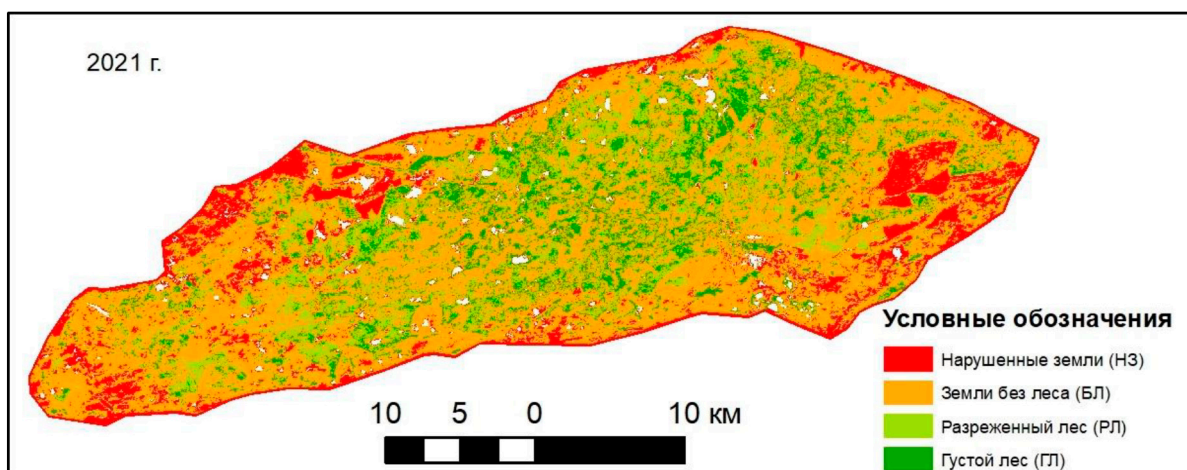


Рисунок 6 - Карта плотности лесного полога в 2021 году

Поскольку в каждом интервале FCD подразделены на 4 класса, мы получили 16 различных вариаций динамики. Из них 4 вариации не относятся к изменениям, касающимся лесных угодий, т.е. классы со значениями FCD до 50%. Например,

вариации «Нарушенные земли – Земли без леса» (НЗ-БЛ) либо «Земли без леса – Земли без леса» (БЛ-БЛ) и т.п. Итого мы имеем 12 разных вариаций, касающихся структурной динамики полога леса за наблюдаемое время (рисунок 7 и таблица 3).

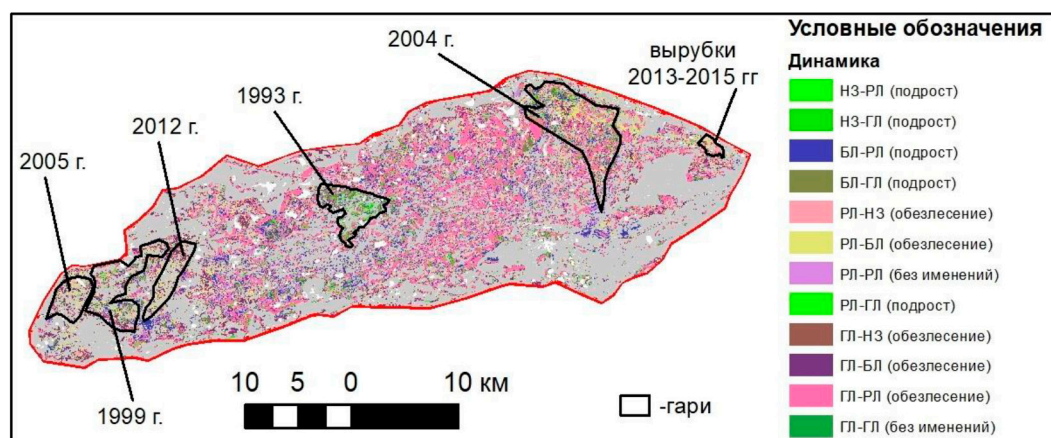


Рисунок 7 – Карта динамики плотности лесного полога в 1993-2021 годах

Таблица 3 – Вариации динамики классов FCD в периоде 1993-2021 гг.

| № | Класс FCD 1993 г. | Класс FCD 2021 г. | Динамика | Площадь, га |
|---|-------------------|-------------------|----------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | НЗ | РЛ | НЗ-РЛ | 141,09 |
| 2 | НЗ | ГЛ | НЗ-ГЛ | 100,31 |
| 3 | БЛ | РЛ | БЛ-РЛ | 5197,97 |
| 4 | БЛ | ГЛ | БЛ-ГЛ | 2585,4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|----|----|-------|----------|
| 5 | РЛ | НЗ | РЛ-НЗ | 283,76 |
| 6 | РЛ | БЛ | РЛ-БЛ | 6795,01 |
| 7 | РЛ | РЛ | РЛ-РЛ | 4117,43 |
| 8 | РЛ | ГЛ | РЛ-ГЛ | 2010,74 |
| 9 | ГЛ | НЗ | ГЛ-НЗ | 223,89 |
| 10 | ГЛ | БЛ | ГЛ-БЛ | 6246,31 |
| 11 | ГЛ | РЛ | ГЛ-РЛ | 13653,25 |
| 12 | ГЛ | ГЛ | ГЛ-ГЛ | 39124,67 |

Согласно результатам обработки данных ДЗЗ по картографической модели FCD по состоянию на 1993 год общая площадь лесопокрытой территории составила 33370,5 га, из них разреженного леса – 13235,55 га и густого леса – 20134,95 га. За 28 лет площадь лесопокрытой территории уменьшилась на 5506,5 га и составила 27864,0

га, в том числе: разреженного леса – 14576,65 га и густого леса – 13287,47 га.

Суммарная площадь лесов ландшафта, оставшаяся без изменений с 1993 г. по 2021 г., составила 43242,1 га (53,7%), территории, подвергшиеся облесению либо негативным процессам, – 27202,22 га (33,8%), а территории с естественным зарастанием сосны – 10035,51 га (12,5%).

Таблица 4 – Площадь гарей и вырубок за 1993-2021 гг.

| № | Явление | Площадь, га |
|-------|-----------------------|-------------|
| 1 | гарь 1993 г. | 1819,07 |
| 2 | гарь 1999 г. | 2518,13 |
| 3 | гарь 2004 г. | 4307,96 |
| 4 | гарь 2005 г. | 1120,93 |
| 5 | гарь 2012 г. | 1181,41 |
| 6 | вырубки 2013-2015 гг. | 262,76 |
| Всего | | 11210,55 |

На рисунке 7 показаны явления, которые значительно воздействовали на состояние лесопокрытого ландшафта Аманкарагай. Основным фактором в негативном аспекте являются, несомненно, гари и пожары (таблица 4). В некогда густой западной части леса, именуемой «Басаман», неоднократные гари, повторяющиеся с интервалом в 6 лет, довели ситуацию до критического уровня. Здесь лесные площади не восстановились до прежнего состояния. Гарь в срединной части 1993 года и мощнейший пожар 2004 года в северо-восточной части на данный момент покрылись разреженным лесом и ландшафт восстанавливается стабильно. Большинство следов гарей и пожаров имеют конусовидную форму, вытянутую с юга на север, что соответствует розе ветров данной местности.

Выводы

Данные дистанционного зондирования Земли дали возможность:

- выявить изменения в структуре лесного массива исследуемой территории;
- представить масштабы и направление их динамики;
- по суммарным подсчётам Индексов показать сокращение площади густого леса и редкий прирост молодой сосны. Однако, даже при условии, что лес подвергался гарям, пожарам и рубкам, фактическая площадь составила 11210,55 га;
- выявить по данным модели FCD общую площадь лесопокрытых земель, которая в период с 1993 по 2015 год сократилась на 5506,5 га;

– прийти к общему выводу о том, что лесной ландшафт Аманкарагай в естественном состоянии является устойчивой геосистемой и способен к восстановлению.

Литература

Берденов Ж.Г., Жамангара А.К., Мендыбаева Е.Х., Жангужина А.А. (2020) Геоэкологический мониторинг: Учебное пособие. – Астана, – С. 113-115.

Берденов Ж.Г., Мендыбаев Е.Х., Маханова Н., Бекетова А.Т., Камкин В.А. Современные методы обработки и анализа ДЗЗ (на примере Аккулинского района Павлодарской области) // *Новости науки Казахстана*. – Алматы, 2020. -№ 1 (143). – С. 12-24.

Бекетова А.Т., Маханова Н.Б., Абильдинов К.К., Есенова Ж.К., Берденов Ж.Г., Александрю И. Анализ данных дистанционного зондирования Земли при изучении и картографировании природной среды // *Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева*. – Нур-Султан, 2020. – № 2 (131) – С. 68-77.

Карпачев А.П. Опыт классификация космоснимка Landsat с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS (Электронный ресурс) // -2016, режим доступа GIS-Lab: Опыт классификации космоснимка Landsat с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS

Rikimaru, “The Concept of FCD Mapping Model and Semi-Expert System. FCD Mapper User’s Guide.” International Tropical Timber Organization and Japan Overseas Forestry Consultants Association. Pp 90, 1999 а.

Rikimaru, S. Miyatake “Development of Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model using Indices of Vegetation, Bare soil and Shadow”, 1997 б.

P. S. Roy, Rikimaru and S. Miyatake, “Tropical forest cover density mapping,” *International Society for Tropical Ecology*, 2002 43 (1), pp.39-47

P.S. Roy, Sanjay Tomar, Girish Pujar, Sameer Saran, A.R. Maslekar, Retno Sari Rhuandha A. Vilgilio F. Basa Alma SM Arquero Surachai R. Supapis Polngam and A. Rikimaru. «Application Tests to Conduct Forest Canopy Density Mapping ». International Tropical Timber Organization Project Report on PD 32/93 Rev.2 (F) Rehabilitation of Logged-Over Forests in Asia/Pacific Region, Sub-Project III attachment 2 pp 2-20, January 1997

M. Saei jamalabad, A.A. Abkar 2000 «Forest Canopy Density Monitoring, Using Satellite Images» ISPRS Commission VII, 17, Amsterdam, Holland.

Қостанай облысының орман шаруашылығын жүргізу және ұйымдастыру жөнінде негізгі қағидалар, «Қазақ орман орналастыру кәсіпорны» РМҚК. – Алматы, 2018. – 284 б.

https://www.researchgate.net/publication/237515696_FOREST_CANOPY_DENSITY_MONITORING_USING_SATELLITE_IMAGES_2001_pp_1-7

URL1: 2022 <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/28952.htm>

Kremenetski, C., Tarasov, P. & Cherkinsky, A. (1997). Postglacial Development of Kazakhstan Pine Forests. *Géographie physique et Quaternaire*, 51(3), 391–404. <https://doi.org/10.7202/033138ar>

URL2: 2021 <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Pandian, M, Nandhini. R «Forest Canopy Density and ASTER DEM based Study for Dense Forest Investigation using Remote Sensing and GIS Techniques» *International Journal of Research in Environmental Science and Technology* 2016; 6(1): 1-4

Z. Azizia, A. Najafi, and H. Sohrabia, “Forest canopy density estimating using satellite images,” *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Beijing, vol. 8, pp. 1127–1130, 2008.

W. Cui zhen and Q. Jiaguo, “Assessment of tropical forest degradation with canopy fractional cover from landsat ETM+ and IKONOS imagery,” *Earth Interactions*, vol. 9, no. 22, pp.1-17, 2005

S. Li, X. Chen «A New Bare-Soil Index For Rapid Mapping Developing Areas Using Landsat 8 Data», *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-4, ISPRS Technical Commission IV Symposium, 14 – 16 May 2014, Suzhou, China pp 139-144.

J. Southworth, «An assessment of Landsat TM band 6 thermal data for analyzing land cover in tropical dry forest regions» *International Journal of Remote Sensing* 20 February, 2004, Vol. 25, №. 4, 689–706.

URL3: 2021 <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>

K. Saylor, K. Zanter «Landsat 8 Collection 1 (C1) Land Surface Reflectance Code (LaSRC) Product Guide» August 2020 U.S. Geological Survey EROS Sioux Falls, South Dakota LSDS-1368 Version 3.0 pp 3-15.

J. Chudamani, D. L. Jan, K. S. Andrew, C. D. Iris, and O. Henk, “Remotely sensed estimation of forest canopy density: A comparison of the performance of four methods,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 8, №. 2, pp. 84-95, 2006.

K. Jai, T. Paras, and A. P. Krishna, “Forest canopy density and ASTER DEM based study for dense forest investigation using remote sensing and GIS techniques around east singhbhum in jharkhand, india,” *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, pp. 1026-1032, 2015

S. Nandy, P. K. Joshi, and K. K. Das, “Forest canopy density stratification using biophysical modeling,” *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, pp. 291-297, 2003.

Mothi Kumar K. E., Ritesh Kumar, Vikas Sihag, Promila Bishnoi, Seema Rani, Ravikant Bishnoi, Sarika, Poonam, Venketeshwar Pandey, Ritu Sharma, Meenakshi, V.S. Arya, T.P. Singh, Vinod Kumar, Conference: 41st Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2020), November 2020, Deqing, China.

References

- Berdenov. Zh.G., Zhamangara A.K., Mendy'baeva E.Kh., Zhanguzhina A.A. (2020) – Geoe'kologicheskij monitoring: Uchebnoe posobie [Geoecological monitoring: training manual]. – Astana, – S. 113-115.
- Berdenov Zh.G., Mendy'baev E.Kh., Makhanova N., Beketova A.T., Kamkin V.A. Sovremenny'e metody obrabotki i analiza DZZ (na primere Akkulinskogo rajona Pavlodarskoj oblasti) [Modern methods of remote sensing processing and analysis (on the example of the Akushinsky district of Pavlodar region)] //Novosti nauki Kazakhstana. Almaty', 2020. -# 1 (143) – S.12-24.
- Beketova A.T., Makhanova N.B., Abil'dinov K.K., Esenova Zh.K., Berdenov Zh.G., Aleksandru I. Analiz danny'kh distanczi-onnogo zondirovaniya Zemli pri izuchenii i kartografirovanii prirodnoj sredy' [Analysis of Earth remote sensing data in the study and mapping of the natural environment]. // Vestnik ENU imeni L.N. Gumileva. Nur-Sultan, 2020.-# 2 (131) – S.68-77.
- Karpachev A.P. Opy't klassifikacziya kosmosnimka Landsat s pomoshh'yu Semi-Automatic Classification Plugin v QGIS (E'lektronny'j resurs) [Experience classification of the Landsat satellite image using the Semi-Automatic Classification Plugin in QGIS (Electronic resource)]. / -2016, rezhim dostupa GIS-Lab: Opy't klassifikaczii kosmosnimka Landsat s pomoshh'yu Semi-Automatic Classification Plugin v QGIS
- Rikimaru, "The Concept of FCD Mapping Model and Semi-Expert System. FCD Mapper User's Guide." International Tropical Timber Organization and Japan Overseas Forestry Consultants Association. Pp 90, 1999 a.
- Rikimaru, S. Miyatake "Development of Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model using Indices of Vegetation, Bare soil and Shadow", 1997 b.
- P. S. Roy, Rikimaru and S. Miyatake, "Tropical forest cover density mapping," International Society for Tropical Ecology, 2002 43 (1), pp.39-47
- P.S. Roy, Sanjay Tomar, Girish Pujar, Sameer Saran, A.R. Maslekar, Retno Sari Rhuandha A. Vilgilio F. Basa Alma SM Arquero Surachai R. Supapis Polngam and A. Rikimaru. «Application Tests to Conduct Forest Canopy Density Mapping ». International Tropical Timber Organization Project Report on PD 32/93 Rev.2 (F) Rehabilitation of Logged-Over Forests in Asia/Pacific Region, Sub-Project III attachment 2 pp 2-20, january1997
- M. Saei jamalabad, A.A. Abkar 2000 «Forest Canopy Density Monitoring, Using Satellite Images» ISPRS Commission VII, 17, Amsterdam, Holland.
- Koŝtanaj obly'sy'ny'n orman sharuashy'ly'ry'n zhyrgi'zu zhõne yjy'mdasty'ru zhõni'nde negi'zgi' karidalar, [Basic Rules for conducting and organizing forestry in Kostanay region]. RMKK «Kazak orman ornalasty'ru kasi'porny'» - Almaty', 2018, 284 b.
https://www.researchgate.net/publication/237515696_FOREST_CANOPY_DENSITY_MONITORING_USING_SATELLITE_IMAGES 2001 pp 1-7
 URL1: 2022 <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/28952.htm>
- Kremenetski, C., Tarasov, P. & Cherkinsky, A. (1997). Postglacial Development of Kazakhstan Pine Forests. Géographie physique et Quaternaire, 51(3), 391–404. <https://doi.org/10.7202/033138ar>
 URL2: 2021 <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Pandian. M, Nandhini. R «Forest Canopy Density and ASTER DEM based Study for Dense Forest Investigation using Remote Sensing and GIS Techniques» International Journal of Research in Environmental Science and Technology 2016; 6(1): 1-4
- Z. Azizia, A. Najafi, and H. Sohrabia, "Forest canopy density estimating using satellite images," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, vol. 8, pp. 1127–1130, 2008.
- W. CuiZhen and Q. Jiaguo, "Assessment of tropical forest degradation with canopy fractional cover from landsat ETM+ and IKONOS imagery," Earth Interactions, vol. 9, no. 22, pp.1-17, 2005
- S. Li, X. Chen «A New Bare-Soil Index For Rapid Mapping Developing Areas Using Landsat 8 Data», The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4, ISPRS Technical Commission IV Symposium, 14 – 16 May 2014, Suzhou, China pp 139-144.
- J. Southworth, «An assessment of Landsat TM band 6 thermal data for analyzing land cover in tropical dry forest regions» International Journal of Remote Sensing 20 February, 2004, Vol. 25, #. 4, 689–706.
 URL3: 2021 <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>
- K. Sayler, K. Zanter «Landsat 8 Collection 1 (C1) Land Surface Reflectance Code (LaSRC) Product Guide» August 2020 U.S. Geological Survey EROS Sioux Falls, South Dakota LSDS-1368 Version 3.0 pp 3-15.
- J. Chudamani, D. L. Jan, K. S. Andrew, C. D. Iris, and O. Henk, "Remotely sensed estimation of forest canopy density: A comparison of the performance of four methods," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 8, #. 2, pp. 84-95, 2006.
- K. Jai, T. Paras, and A. P. Krishna, "Forest canopy density and ASTER DEM based study for dense forest investigation using remote sensing and GIS techniques around east singhbhum in jharkhand, india," International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, pp. 1026-1032, 2015
- S. Nandy, P. K. Joshi, and K. K. Das, "Forest canopy density stratification using biophysical modeling," Journal of the Indian Society of Remote Sensing, pp. 291-297, 2003.
- Mothi Kumar K. E., Ritesh Kumar, Vikas Sihag, Promila Bishnoi, Seema Rani, Ravikant Bishnoi, Sarika, Poonam, Venketeshwar Pandey, Ritu Sharma, Meenakshi, V.S. Arya, T.P. Singh, Vinod Kumar, Assessment of green cover in faridabad district (India): a geospatial approach. Conference: 41st Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2020), November 2020, Deqing, China.

2-бөлім






МЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯ

Section 2

METEOROLOGY AND HYDROLOGY

Раздел 2

МЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ

С.Б. Саиров¹ , Н.Н. Абаев¹ ,
Т.А. Тілләкәрім^{1,3*} , Н.Т. Серікбай^{1,3} , Л.М. Биримбаева^{2,3} 

¹«Қазгидромет» РМК, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

²«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Қазақстан, Алматы қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: tillakarim_t@meteo.kz

ЖЕМ ЖӘНЕ ОЙЫЛ ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН БАҒАЛАУ

Мақалада Жем, Ойыл өзендері ағындыларының өзгеру тенденцияларының нәтижелері мен Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің (ЭГТРМ) су саласының ғалым-мамандарының басшылығымен өзен алаптарының экологиялық жағдайын бағалау мақсатында өзен алаптары аймақтарына өткізілген 2021 жылғы экспедициялық іс-сапарларының нәтижелері көрсетілген. Жұмыстың негізгі мақсаты – Жем және Ойыл өзендері ағынының өзгеру үрдісін бағалау. Осы мәселелерді анықтау мақсатында қарастырылып отырған аймақтардағы өзен ағындыларының қалыптасуына ықпал ететін негізгі метеорологиялық факторлардың өзгеру динамикасы қарастырылады: қыс кезеңіндегі жауын-шашын, топырақтың күзгі ылғалдануы, ауаның орташа жылдық температурасы және өзен ағынына антропогендік әсері. Ағынды өзгеруін генетикалық талдау әдісімен бағалау нәтижесінде 1950 жылдардан бастап өзен алаптарында ағынды суару үшін бөгеттер жүйесінің пайда болуы әсерінен туындаған ағындының бұзылуы анықталды. Нәтижесінде, шаруашылық әрекет пен метеорологиялық факторлардың әсер ету кезеңдері анықталғаннан кейін, Жем және Ойыл өзен алаптары су ресурстарының өзгеруінің сәйкесінше негізгі 3 кезеңі анықталды: шартты-табиғи кезең (1935–1950 жж.), шаруашылық әрекеттің әсер ету кезеңі (1951–1975 жж.) және шаруашылық әрекет пен климаттық факторлардың өзгеруі әсерінің жиынтық кезеңі (1976–2019 жж.). Шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда шаруашылық қызмет әрекетінің және климаттық факторлардың өзгеруінің жиынтық кезеңінде Жем өзенінің ағыны 49 %-ға, Ойыл өзенінің ағыны 26 %-ға төмендегені анықталды.

Түйін сөздер: Жем, Ойыл өзендері, өзен ағындысының өзгеруі, ауа температурасы, жауын-шашын, күзгі ылғалдану, шаруашылық әрекет.

S.B. Sairov¹, N.N. Abayev¹, T.A. Tillakarim^{1,3*}, N.T. Serikbai^{1,3}, L.M. Birimbayeva^{2,3}

¹RSE «Kazhydromet», Kazakhstan, Nur-Sultan

²Institute of Geography and Water Safety», Kazakhstan, Almaty

³Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: tillakarim_t@meteo.kz

Assessment of changes in river runoff Zhem and Oiyil

The article presents the results of work to determine the trend in the flow of the rivers Zhem, Oiyil and results of expeditions to the regions of the river location, conducted in 2021 to assess the ecological state of the river basins under the guidance of a working group of scientists Water specialists of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources (MEGCR). The main aim of the work is to assess the trends in the flow of the Zhem and Oiyil rivers. In order to solve these problems, the dynamics of changes in the main meteorological factors that determine the formation of river flow in the region under consideration are considered: the sum of precipitation for the winter period, autumn soil humidification, average annual air temperature and anthropogenic influence on river flow. Genetic analysis of the assessment of changes in flow since the 1950s revealed a disturbance in flow caused by economic activity with the introduction of a dam system in the river basins for estuarine irrigation. On the basis of the above-mentioned studies, the assessment of changes in the flow of the Zhem and Oiyil rivers was carried out respectively by differentiating the mean long-term values of the flow of the conditional-natural period (1935–1950) with the run-off of the period of influence of economic activity (1951–1975) and the period of influence of economic activity in conjunction with the change of climatic factors (1976–2019). It was found that during the combined period of economic activity and changes in climatic factors, compared to the conventional period, the flow of the River Zhem decreased by 49 %, the flow of the river Oiyil by 26 %.

Key words: Zhem, Oiyl rivers, changes in river flow, air temperature, precipitation, autumn humidification, economic activity.

С.Б. Саиров¹, Н.Н. Абаев¹,
Т.А. Тиллакарим^{1,3*}, Н.Т. Серикбай^{1,3}, А.М. Биримбаева^{2,3}

¹РГП «Қазгидромет», Қазақстан, г. Нұр-Сұлтан

²АО «Институт географии и водной безопасности», Қазақстан, г. Алматы

³Қазақстан ұлттық университетінің атына «Аль-Фараби», Қазақстан, г. Алматы

*e-mail: tillakarim_t@meteo.kz

Оценка изменения стока рек Жем и Ойыл

В статье приведены результаты работ по определению тенденции изменения стока рек Жем, Ойыл и экспедиционных командировок в регионы расположения рек, проведенных в 2021 году для оценки экологического состояния бассейнов рек под руководством рабочей группы ученых-специалистов водной отрасли Министерства экологии, геологии и природных ресурсов (МЭГПР). Целью работы является оценка тенденции изменений стока рек Жем и Ойыл. Для решения этих задач рассмотрены динамики изменений основных метеорологических факторов, обуславливающих формирование стока рек в рассматриваемом регионе: сумма осадков за зимний период, осеннее увлажнение почвы и среднегодовая температура воздуха и антропогенное влияние на речной сток. В результате генетического анализа оценки изменения стока начиная с 1950-х годов выявлено нарушение стока, вызванное под влиянием хозяйственной деятельности с появлением системы плотин в бассейнах рек для лиманного орошения. На основе вышеуказанных исследований оценка изменения стока рек Жем и Ойыл соответственно осуществлялась путем дифференциации среднегодовых значений стока условно-естественного периода (1935-1950 гг.) со стоком периода влияния хозяйственной деятельности (1951-1975 гг.) и периода влияния хозяйственной деятельности в совокупности с изменением климатических факторов (1976-2019 гг.). Установлено, что за суммарный период действия хозяйственной деятельности и изменения климатических факторов по сравнению с условно-естественным периодом уменьшился сток реки Жем на 49 % и сток реки Уил на 26 %.

Ключевые слова: реки Эмба, Уил, изменение речного стока, температура воздуха, осадки, осеннее увлажнение, хозяйственная деятельность.

Кіріспе

Су ресурстары – мемлекеттің тұрақты дамуын анықтайтын құнды ресурстың бірі. Соңғы онжылдықтарда Орталық Азияның гидрологиялық жүйелері мен қоршаған ортасы ауқымды өзгерістерге ұшырады (Olli, 2012: 433). Оның ішінде еліміздегі өзен ағындысының кеңістіктік-уақыттық таралуының ауқымды өзгеріштігі және оның трансшекаралық маңыздылығы су ресурстарын оңтайлы пайдалану (Zhurankhan, 2018: 752; Abubakirova, 2017: 23) және қорғауды өзекті мәселеге айналдырып отыр (Алимкулов, 2021: 59; Абубакирова, 2014: 62). Қазіргі таңдағы тұщы судың әлемдік қорына жүктеменің артуы мен климаттың жаһандық өзгеруі аталған мәселенің өзектілігін арттыруда.

Климаттың жаһандық өзгеруі – әлем тарихындағы шаруашылықтың барлық салаларына әсер ететін маңызды өзгеріс (IPCC, 2014: 1132; Reyer, 2015: 1639). Климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық сарапшылар тобының (IPCC) бесінші бағалау баяндамасының нәтижелеріне сәйкес, өткен ғасырда Азия өңірінің басым бөлі-

гінде, әсіресе континенттік өңірлерде жылыну және экстремалды температуралардың көтерілу үрдістері (жоғары сенімділікпен) байқалды. Мұндай өзгерістер судың табиғи тепе-теңдігіне және судың қол жетімділігіне әсер етеді, оның ішінде кеңістіктік-уақыттық заңдылықтардың өзгеруіне әсер етеді (WWAP, 2015). Авторлардың (Manning, 2018: 26) жұмысында климаттың өзгеруі кейбір ылғал тапшы аймақтарда судың жетіспеушілігін арттыратыны анықталған.

Сонымен қатар, өзен ағындысы режимінің өзгеруі тек климаттың өзгеруіне ғана емес, ландшафттың өзгеруіне тікелей әсер ететін факторларға (Asocan, 2016: 48) және антропогендік әсерлерге де (Шикломанов, 1989: 243; Ososkova, 2000: 161; Medeu, 2020: 301) бағынышты.

Құрғақ және ылғал тапшы климатты аймақта орналасқан Орталық Азия өзендері өңірлерді тұрмыстық, өнеркәсіптік және ауылшаруашылық қажеттіліктерін 90 %-ға дейін сумен қамтамасыз етеді (Viviroli, 2004: 1017). Сонымен қатар, Қазақстан Республикасында тұтынылатын су ресурстарының 85%-ы өзен ағындысына тиесілі болғандықтан (Алимкулов, 2018:

80), олардың өзгеруін бағалау өте маңызды. Өзен ағындысы, оның ішінде әсіресе кіші өзендер, шаруашылық әрекет салдарына жылдам ұшырайды (Вагапова, 2014: 74). Өз кезегінде, зерттеліп отырған Жайық-Каспий сушаруашылық алабының едәуір аумақтары жер үсті суларына тапшы болуы зерттеу жұмысының өзектілігін арттырады. Республика шегінде Жайық-Каспий сушаруашылық алабының су ресурстарымен қамтамасыз етілуі небәрі 12 %-ды құрайды (Генеральная схема ..., 2016).

Өзендер алаптарында шаруашылық қызмет 1950 жылдардан бөгендер жүйесі мен лимандық суару кешендерінің әрекет ету кезінен бастап өзендердің табиғи режимі бұзылған (Водные ресурсы Казахстана, 2012: 684), ал климаттық өзгерістерге келетін болсақ, «Қазгидромет» РМК-ның мәліметтері бойынша (Ежегодный бюллетень..., 2020: 62) 1976-2019 жж. аралығында Қазақстанның барлық өңірлерінде орташа жылдық ауа температурасының трендтері оң және статистикалық маңызды мәнге ие, әсіресе ең қарқынды жылу батыс және оңтүстік-батыс өңірлерінде байқалады (әрбір 10 жылда 0,33 °C-дан – 0,50 °C-қа дейін). Сонымен қатар, Орталық Азия территориясында жер беті ауа температурасы тенденциясының жоғарылауы 1970 жылдан басталатындығы (Unger-Shayesteh, 2013: 4) жұмысында көрсетілген. Оның ішінде ауа температурасының 1940-2011 жж. кезеңінде жоғарылау тенденциясы Қазақстанның барлық территориясына тән екендігі (Salnikov, 2015: 77) жұмысында көрсетілген.

Жоғарыда аталған мәселелердің барлығы Жем және Ойыл өзендері ағындыларының өзгеруін зерттеу және шаруашылық әрекеттер мен климаттық факторлардың өзгеруінің әсерін уақыттық-кеңістіктік тұрғыдан бағалау зерттеу өзектілігін айқындайды. Сонымен қатар, соңғы жылдары зерттеу аймағындағы өзендердің суы азаюы байқалуда. Тіпті Жем өзенінің төменгі ағысының кейбір учаскелерінде су өтімі үзіліп, құрғауда. Осыған байланысты, аталған өзендерде ағындының азаюы себептерін анықтау зерттеу жұмысының негізгі мақсаты болып табылады.

Зерттеу мәліметтері мен әдістері

Жем және Ойыл өзендері Жайық-Жем үстіртінің Мұғалжар тауларының 200-300 м биіктігінде бастау алатын, Жайық-Каспий сушаруашылық алабының оңтүстік-шығысының елеулі су арналары болып табылады (1-сурет).

Бұл өзендердің су ресурстары Ақтөбе және Атырау облыстарын сумен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, сондықтан Жайық-Жем аймағында маңызды мәнге ие. Негізінен, Ақтөбе облысы аумағында қалыптасып, орта ағысында өтпелі ағынды ретінде өтіп, ағындысы жоғалып кететін төменгі ағыстары Атырау облысын қамтиды (Водные ресурсы Казахстана..., 2012: 684).

Жайық-Жем аудандарының өзендері су режимі бойынша ағындысы көктемгі кезеңде ағынның күрт көтерілуімен сипатталатын қазақстандық өзендер типіне жатады. Өзендер негізінен еріген қар суларымен қоректенеді, негізгі су көлемі көктем айларында өтеді (жылдық ағындының 75-90 % құрайды), қыс айларында суы қатпайды, төменгі ағыстарында иірімдер қалыптасады (Гальперин, 1997: 89; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1966: 515).

Жем өзенінің сағасындағы гидрометриялық бақылаулар өткен ғасырдың ортасында Жем өз. – Аралтөбе (1951-1963 жж.) ауылы гидрологиялық бекетінде жүргізілген. 2002 жылдан бастап Жем өз. – Саға а. және 2007 жылдан бастап Жем өз. – Аққизтоғай а. гидрологиялық бекеттерінде өзен ағындысына бақылаулар жүргізілуде. Жем өзенінің негізгі саласы болып табылатын Темір өзенінде гидрометриялық бақылаулар 1935 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін үздіксіз жүргізіледі. Жем өзені алабының су ресурстарын бағалау үшін Темір өз. – Ленинск а. гидрологиялық бекеті және Жем өзенінің төменгі ағысында орналасқан Ақмешіт а. гидрологиялық бекеті бойынша ағындыны бақылаудың көпжылдық кезеңі үшін деректер пайдаланылды.

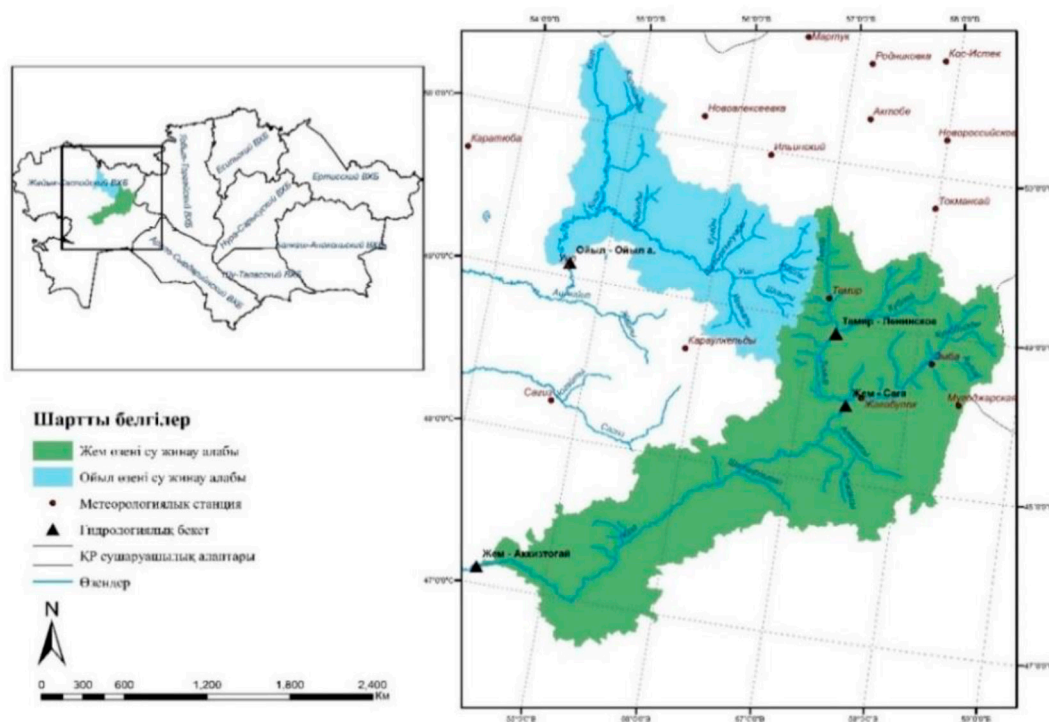
Ойыл өзені алабы үшін 1935-1981 жж. аралығында Ойыл өз. – Талтоғай а. гидрологиялық бекеті мен 1984 жылдан бастап жаңадан ашылған Ойыл өз. – Ойыл а. гидрологиялық бекеттерінің қазіргі уақытқа дейін бірлескен деректері пайдаланылды. Ағынды қатарында 1982-1983 жж. жылдық және 1984, 1986 және 1998 жылдардың орташа кейбір айлық су өтімдерінің жоқ мәндері математикалық статистика әдісімен қалпына келтірілді.

Бекеттер бойынша ағынды деректері аталған ауданда «Беттік су ресурстары» (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1966а: 515; 1966б: 150; 1970в: 511), «Негізгі гидрологиялық сипаттамалар» (Основные гидрологические характеристики, 1966а: 205; 1977б: 322; 1980в: 207), «Көпжылдық ағынды мәліметтері» (Многолетние ..., 1984: 222), Гидрологиялық жылнамалар

бойынша жинақталып, жарияланған кадастрлік материалдардан, анықтамалық және басқа дереккөздерден алынды.

Зерттеу жұмысында Қазақстанның жазық өзендерінің ағындысын қалыптастырушы негізгі

келесі метеорологиялық факторлардың: қар жамылғысы, әр кезеңдегі жауын-шашын, күзгі ылғалдану мәліметтері 1935-2019 жж. кезеңінде өзен алабында орналасқан метеорологиялық станциялар (Темір, Ойыл МС) бойынша пайдаланылды.



1-сурет – Жем және Ойыл өзендері алаптарының сұлбасы

Өзендердің орташа жылдық ағынды жүрістері өзен алаптарында орналасқан метеорологиялық станциялардың (Темір, Ойыл) күзгі ылғалдану (қыркүйек-қазан айларындағы жиынтық жауын-шашын мөлшері), қыс мезгіліндегі жауын-шашын (қараша-ақпан айларындағы жиынтық жауын-шашын мөлшері) және орташа жылдық ауа температурасының жоғарыда көрсетілген кезеңдерінің динамикаларымен салыстырылды.

Жем және Ойыл өзендері алаптарының шегінде шаруашылық қызмет пен климат өзгеруінің өзендердің гидрологиялық режиміне әсерін бағалау мақсатында генетикалық және статистикалық талдау әдістері қолданылды (Рождественский, 1974: 424; Клибашев, 1970: 460; Методическое руководство, 1984: 274).

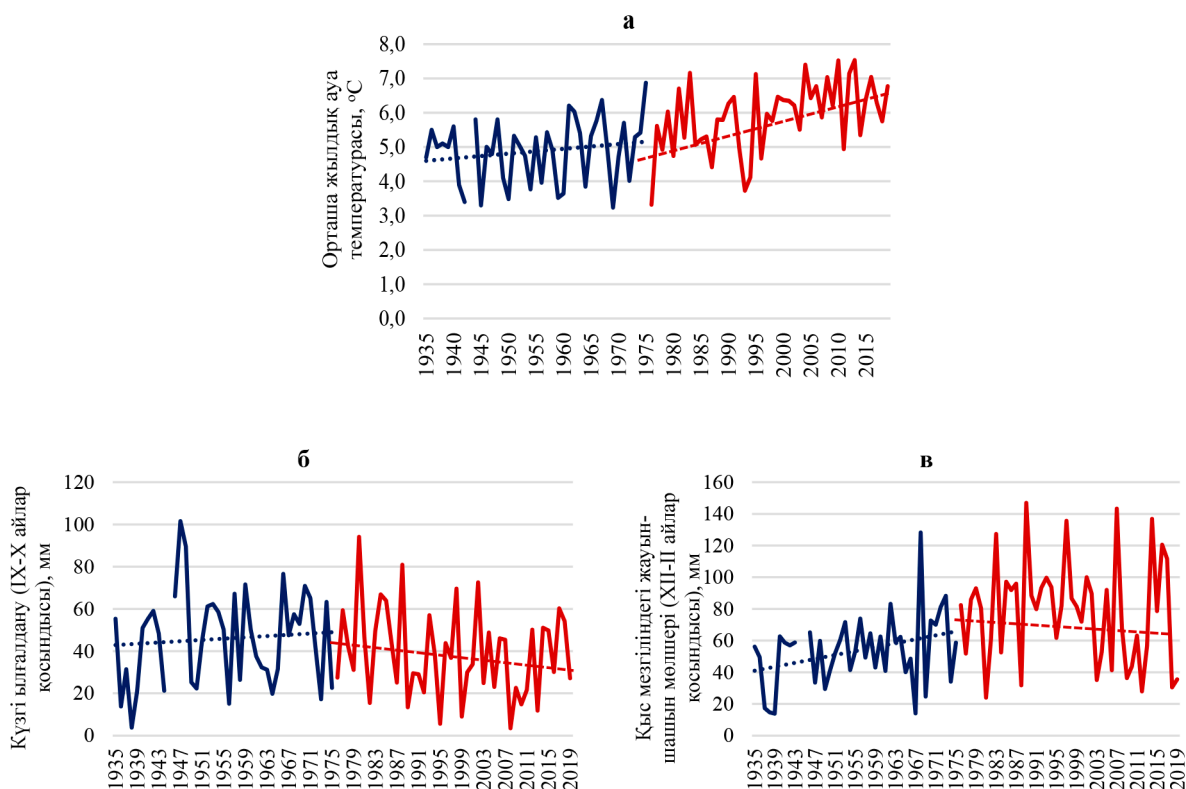
Зерттеу нәтижелері

Жайық-Жем ауданы жауын-шашын аз түсетін және буланудың жоғарылығымен сипатталатын ылғал тапшы аудандарға жатады. Негізгі ағынды көлемінің көп бөлігі көктемгі су тасу кезеңіне сәйкес келетіндіктен, көктемгі және сәйкесінше жылдық ағынды мөлшерін келесі негізгі климаттық факторлар қалыптастырады: қар жамылғысының қоры, көктемгі су тасу кезеңіндегі жауын-шашын мөлшері, күзгі ылғалдану мөлшері мен топырақтың қату тереңдігі, қар жамылғысының еру қарқындылығы. Осыған орай, ағынды көлемінің өзгеруін бағалау барысында климаттық факторларды қарастыру өзектілігіне байланысты, мақалада олардың өзгеру тенденциялары қарастырылады.

Жем өзені алабының су ресурстарының өзгеруін бағалау мақсатында өзеннің негізгі тармағы болып табылатын ағынды мәліметтері үздіксіз Темір өзенінің мәліметтері пайдаланылды. Темір өзенінің орташа жылдық ағындысының 1935-2019 жж. кезеңіндегі уақыттық жүрісін талдау барысында ағындының азаю тенденциясы анықталды. Алапта жайылмалы суаруға арналған бөгеттер жүйесінің пайда болуына байланысты 1950 жылдардың басында қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер ету кезеңі басталады (Водные ресурсы Казахстана, 2012: 684), осы кезден бастап орташа жылдық ағынды жүрісінде сатылы азаю динамикасы байқалады. Оған қоса, 1976 жылдан бастап, климаттық факторлардың өзгеруі әсерінен ағынды тағы біршама азаюда, әсіресе ағындының төмендеуі 2006 жылдан бастап айқын байқалады (2-4-сурет).

Жем өзені ағындысын қалыптастырушы негізгі климаттық факторлардың әсерін талдау барысында ауа температурасының уақыттық жүрісінің барлық бақылау кезеңдері үшін тұрақты өсуі анықталды (2а-сурет). Зерттеліп отырған аудандарда жылы мезгілдегі (наурыз-қазан) жауын-шашын мөлшерінің 87-99 % булануға жұмсалатынын (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1966: 515) ескерсек, ауа температурасының жоғарылауы ылғал тапшы аудандарды буланудың жоғарылауына алып келетінін атап өткен жөн.

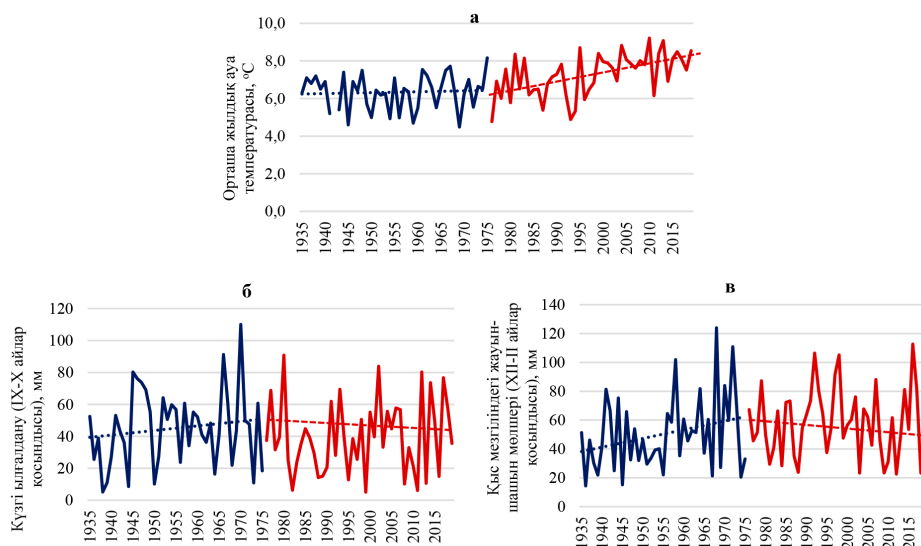
Жем өзені алабында, сонымен қоса, гидрологиялық режимнің маңызды құраушылары – күзгі ылғалдану (қыркүйек-қазан айларының жиынтық жауын-шашын мөлшері) мен өзен ағындысының негізгі қоректену көзі болып табылатын қыс мезгіліндегі жауын-шашын мөлшерінің трендтері 1975 жылға дейін жоғарылаған болса, 1976 жылдан бастап төмендеу трендтері байқалады (2б,в-сурет).



2-сурет – Темір метеорологиялық станциясының ауа температурасының (а), күзгі ылғалдануының (б) және қыс мезгіліндегі жауын-шашын мөлшерінің (в) уақыттық жүрістері

Ойыл өзені алабында 1935-1975 жж. ауа температурасы трендінің өсу қарқындылығының маңыздылығы болмашы ғана болса, 1976-2019 жж. аралығында тренд өсуінің қарқындылығы едәуір артқаны байқалды (3а-сурет). Күзгі ылғалдану мен қыс мезгілінің жауын-шашын мөлшерінің (3в-сурет) трендтері 1975 жылға дейінгі кезеңде жоғарылаған. Дегенмен, 1976-

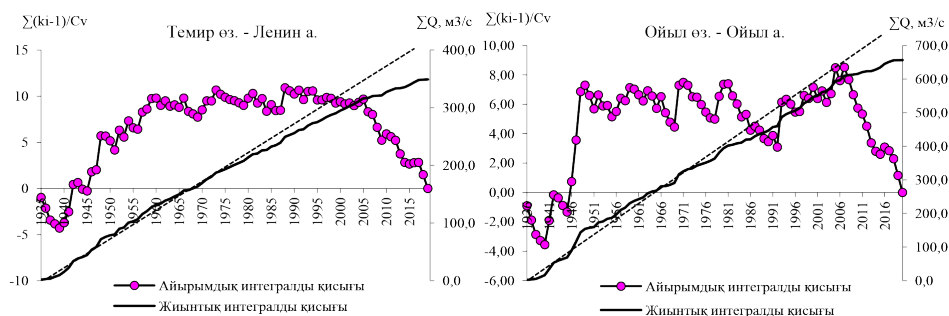
2019 жж. кезең үшін бұл параметрлердің қатты төмендеуі байқалмайды, тіпті күзгі ылғалдануды көрсететін IX-X айлардың жиынтық жауын-шашын мөлшерінің тренді ұлғаюда, тек 2008-2011 жж. аралығында күзгі ылғалданудың төмендеуі байқалды (3б-сурет). Бұл кезең Ойыл өзенінің орташа жылдық ағындысының едәуір азайған кезіне сәйкес келеді.



3-сурет – Ойыл метеорологиялық станциясының ауа температурасының (а), күзгі ылғалдануының (б) және қыс мезгіліндегі жауын-шашын мөлшерінің (в) уақыттық жүрістері

Климаттың өзгеруі мен антропогендік әсердің әрекет ету кезеңдерін ескере отырып, сонымен қатар аталған өзгеріс кезеңдері айырымдық-, жиынтық-интегралды қисықтары (4-сурет) мен хронологиялық графиктері көмегімен өзендердің ағынды қатарлары өзгеруінің 3 кезеңі анықталды:

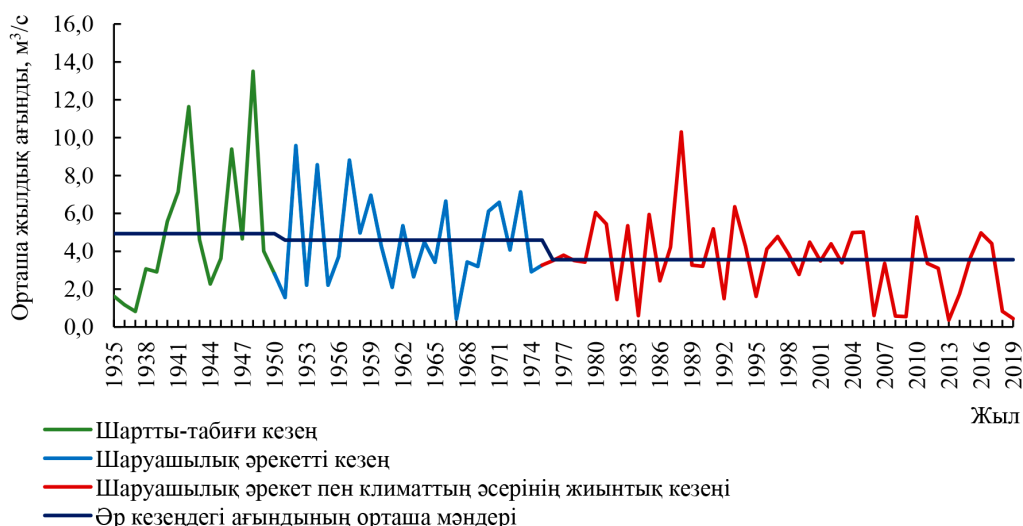
- ағындысы шартты-табиғи кезең (1935-1950 жж.);
- шаруашылық әрекеттің әсер ету кезеңі (1951-1975 жж.);
- шаруашылық әрекет пен климаттық факторлардың өзгеруі әсерінің жиынтық кезеңі (1976-2019 жж.).



4-сурет – Темір өз. – Ленин а. және Ойыл өз. – Ойыл а. гидрологиялық бекетіндегі 1935-2019 жж. кезеңіндегі орташа жылдық өзен ағындысының айырымдық және жиынтық интегралды қисықтары

Жем өзені алабы. Темір өз. – Ленинский а. бекетінің деректері шартты-табиғи кезеңнің орташа көпжылдық ағындысы (1935-1950 жж.) 155 млн. м³, ал қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер ету кезеңінің (1951-1975 жж.) ағындысы 145 млн. м³ құрап, ағынды көлемінің шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда 7%-ға азайғандығын көрсетеді. Ша-

руашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығының салдарынан (1976-2019 жж.) ағынды көлемі 112 млн. м³-ге дейін азайды, яғни шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда шаруашылық әрекеттің әсері мен климат өзгеруінің кешенді әсері нәтижесінде орташа көпжылдық ағынды 28 %-ға азайғандығы анықталды (1-кесте, 5-сурет).



5-сурет – Темір өз. – Ленинский а. гидрологиялық бекетіндегі орташа жылдық ағындының әр кезеңдегі уақыттық жүрісі

1-кесте – Темір өз. – Ленинский а. гидрологиялық бекетіндегі ағындының кезеңдер бойынша өзгерісі

| Сипаттама | 1935-1950 жж. (шартты-табиғи кезең) | 1951-1975 жж. (қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер етуі кезеңі) | 1976-2019 жж. (шаруашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығының салдары кезеңі) |
|---|--|---|--|
| Орташа жылдық өзен ағындысы, м ³ /с | 4,93 | 4,59 | 3,56 |
| Орташа көпжылдық ағынды көлемі, млн.м ³ | 155 | 145 | 112 |
| Ағындының көлемінің өзгеру шамасы, млн.м ³ (%) | - | 10,8 (-7 %) | 43,2 (-28 %) |

Жем өзені алабының су ресурстарын Темір өзені аналогы бойынша бағалау үшін 1935-1950 жж., 1951-1975 жж., 1976-2019 жж. кезеңдеріндегі Ақмешіт а. гидрологиялық бекетінің орташа мәндерін көпжылдық кезеңге келтіру коэффициенттері төмендегі тендеулерге (1-4) сәйкес есептелді (2-кесте):

$$K_{\text{(келтіру коэф-ті)}} = \frac{Q_{\text{ЭА}}}{Q_{\text{ТЛ}}} = 3, \quad (1)$$

$$K_{(1935-1950)} = \frac{Q_{\text{ТЛ}(1935-1950)}}{Q_{\text{ТЛ}(1951-1968)}} * \frac{Q_{\text{ЭА}}}{Q_{\text{ТЛ}}}, \quad (2)$$

$$K_{(1951-1989)} = \frac{Q_{\text{ТЛ}(1951-1975)}}{Q_{\text{ТЛ}(1951-1968)}} * \frac{Q_{\text{ЭА}}}{Q_{\text{ТЛ}}}, \quad (3)$$

$$K_{(1976-2019)} = \frac{Q_{\text{ТЛ}(1976-2019)}}{Q_{\text{ТЛ}(1951-1968)}} * \frac{Q_{\text{ЭА}}}{Q_{\text{ТЛ}}}, \quad (4)$$

мұндағы: $Q_{\text{ЭА}}$ – Жем өз. – Ақмешіт а. жылдық ағындысы, м³/с; $Q_{\text{ТЛ}}$ – Темір өз. – Ленинский а. жылдық ағындысы, м³/с.

2-кесте – Темір өз. – Ленинский а. және Эмба өз. – Ақмешіт а. гидрологиялық бекеттері үшін есептелген орташа көпжылдық ағындының кезеңдер бойынша өзгерісі

| Өзен – бекет | 1935-1950 жж. (шартты- табиғи кезең) | 1951-1963 жж. (қатар бақылау жүргізілген кезең) | 1951-1975 жж. (қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер етуі кезеңі) | 1976-2019 жж. (шаруашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығының салдары кезеңі) |
|---|--|---|--|--|
| Ағындыны көпжылдық орташа мәніне келтіру коэффициенттері, (К) | 3,1 | 3,0 | 2,8 | 2,2 |
| Орташа көпжылдық ағынды, м ³ /сек | | | | |
| Темір өз. – Ленинский а. | 4,93 | 4,84 | 4,59 | 3,53 |
| Жем өз. – Ақмешіт а. | 15,0 | 14,5 | 13,0 | 7,7 |

Жем өз. – Ақмешіт а. бекетінің келтіру коэффициенттері бойынша есептелген орташа көпжылдық ағындысы шартты-табиғи кезеңде (1935-1950 жж.) 475 млн. м³, ал қарқынды шаруашылық әрекет кезеңінде (1951-1975 жж.) ағынды 411 млн. м³ құрады, яғни ағынды көлемінің 13 %-ға азайғандығын

көрсетеді. Шаруашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығы кезеңінде (1976-2019 жж.) орташа көпжылдық ағынды көлемі 244 млн. м³ дейін төмендеді, шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда бұл кезеңнің орташа көпжылдық ағындысы 49 %-ға азайған (3-кесте).

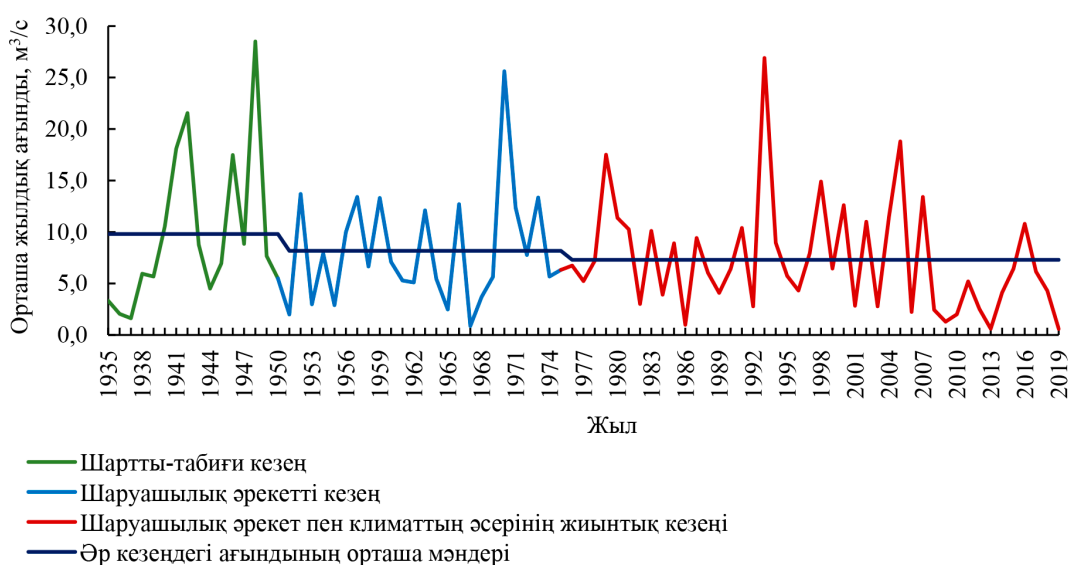
3-кесте – Жем өз. – Ақмешіт а. гидрологиялық бекетінде ағындының кезеңдер бойынша өзгерісі

| Сипаттамалар | 1935-1950 жж. (шартты- табиғи кезең) | 1951-1963 жж. (бақылау жүргізілген кезең) | 1951-1975 жж. (қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер етуі кезеңі) | 1976-2019 жж. (шаруашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығының салдары кезеңі) |
|---|--|---|--|---|
| Орташа көпжылдық ағынды көлемі, млн. м ³ | 475 | 458 | 411 | 244 |
| Алдыңғы кезеңнен өзен ағындысының азаюы | | | | |
| Ағынды көлемінің өзгеру шамасы, млн. м ³ (%) | - | 16,6 (-4 %) | 63,6 (-13 %) | 230 (-49 %) |

Ойыл өзені алабы. Ойыл өзені алабында 1950 жылдардың бас кезінен бастап, гидротехникалық құрылыстардың енгізілуі салдарынан (Водные ресурсы Казахстана, 2012: 684) қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер етуіне байланысты өзен ағындысы біршама сатылы азайғандығы байқалады, әсіресе соңғы 10 жылдықта өзен ағындысы күрт азайған (6-сурет).

Ойыл өз. – Ойыл а. бекетінің ағынды мәліметтері бойынша антропогендік әсердің басталуына дейін, яғни шартты-табиғи кезеңде (1935-1950 жж.) орташа көпжылдық ағынды көлемі

310 млн. м³ құраса, қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер етуі кезеңінде (1951-1975 жж.) осы ағынды көлемі 258 млн. м³ дейін азайды, яғни табиғи кезеңмен салыстырғанда 17 %-ға төмендеді. Шаруашылық әрекеттің әсері мен ауа температурасының жоғарылауының салдарынан (1976-2019 жж.) орташа көпжылдық ағынды көлемі 230 млн. м³ дейін азайды. Жалпы шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда, шаруашылық әрекеттің әсері мен климат өзгеруінің кешенді әсері нәтижесінде орташа көпжылдық ағынды 26 %-ға азайды (4-кесте).



6-сурет – Ойыл өз. – Ойыл а. гидрологиялық бекетіндегі орташа жылдық ағындының әр кезеңдегі уақыттық жүрісі

4-кесте – Ойыл өз. – Ойыл а. гидрологиялық бекетіндегі ағындының кезеңдер бойынша өзгерісі

| Сипаттама | 1935-1950 жж. (шартты-табиғи кезең) | 1951-1975 жж. (қарқынды шаруашылық әрекеттің әсер етуі кезеңі) | 1976-2019 жж. (шаруашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығының салдары кезеңі) |
|---|--|---|--|
| Орташа жылдық өзен ағындысы, м³/с | 9,81 | 8,17 | 7,30 |
| Орташа көпжылдық ағынды көлемі, млн. м³ | 310 | 258 | 230 |
| Алдыңғы кезеңнен өзен ағындысының азаюы | | | |
| Ағынды көлемінің өзгеру шамасы, млн. м³ (%) | - | 51,7 (-17 %) | 73,3 (-26 %) |

Ойыл өзенінің орташа жылдық ағындысының 1935-2019 жж. кезеңіндегі уақыттық жүрісінде ағындының азаю тенденциясы байқалады (6-сурет).

Зерттеу жұмысында алынған нәтижелер Жайық-Каспий сушаруашылық алабының су ресурстарын бағалау жұмыстарының (Давлетғалиев, 2009: 7; Давлетғалиев, 2011а: 56; Давлетғалиев, 2015б: 73) нәтижелерімен сәйкес келеді. Алаптың оңтүстік-шығыс аймағында орналасқан өзендерінің (Жем, Ойыл және Сағыз) бақылған жер үсті су ресурстарының жиынтығы көпжылдық 1940-2007 жж. кезеңінде 788 млн. м³ құраса, соңғы 30 жылдық кезеңде (1974-2007 жж.) 669 млн. м³ құрағаны, яғни соңғы кезеңде су ресурстарының 119 млн. м³-қа азайғандығы анықталған (Давлетғалиев, 2011а: 56).

Жем және Ойыл өзендері алаптарының экологиялық жағдайын жан-жақты зерттеу мақсатында құрылған арнайы жұмыс тобының іс-сапарларының нәтижесі.

2021 жылы Жем және Ойыл өзендері алаптарының экологиялық жағдайын жан-жақты зерттеу мақсатында арнайы жұмыс тобы құрылып, Экология, геология және табиғи ресурстар министрінің кеңесшісі С. Еңсегеновтің және Су ресурстары комитеті төрағасының орынбасары Д. Бекмағамбетовтің төрағалығымен, «Казгидромет» РМК-ның су саласының ғалым-мамандарынан құралған жұмыс тобымен Ақтөбе және Атырау облыстарына далалық экспедицияны қамтитын бірқатар іс-сапарлар ұйымдастырылды.



7-сурет – «Қазгидромет» РМК қызметкерлерінің Жем мен Ойыл өзендері ағындысының өзгеру нәтижелерімен таныстыру баяндамасы мен далалық экспедиция іс-сапары

Жұмыс тобы Мұғалжар, Темір, Ойыл, Қызылқоға, Жылыой аудандарының белсенді азаматтарымен арнайы кездесулер өткізді. Кездесуге аудан басшылары, қоғамдық бірлестік мүшелері, ауылдық округ ақсақалдар алқасының өкілдері, сондай-ақ, су ресурстары қызметінің ардагерлері, өңірлік бұқаралық ақпарат құралдарының өкілдері қатысты.

Кездесу барысында жұмыс тобы ақпараттық түсіндіру жұмыстарын жүргізді. «Қазгидромет» РМК мамандары мақалада берілген Жем және Ойыл өзендерінің ағындысының азаюы бойынша жүргізген зерттеулерінің нәтижелері туралы баяндама жасады (8-сурет).

Аудан тұрғындарымен өзекті бірқатар мәселелер көтерілді:

- соңғы жылдардағы өзеннің төменгі ағысында орналасқан елді-мекендерде өзен ағындысы азаюда, соның ішінде 2020 жылғы өзен ағынының төмендеуі кезеңінде (сабалық кезең) Қызылқоға, Жылыой аудандарында су өтімінің үзіліп, құрғауы орын алуда;

- өзен ағынының азаюы нәтижесінде, ауыз су сапасының төмендеуі орын алуда, атап айтқанда, судың тұздылығының артуы көп байқалуда;

- өңірде бұрын-соңды болған бұлақтар санының азаюының орын алуы және бұлақ көздерін ашу, тазалау жұмыстарының қолға алынбауы;

- өзен аңғарларының әртүрлі шөгінділермен толып, өсімдіктермен (қамыс, қоға және т.б.) басып кетуі;

- өзен салалары бойында, құзыретті мекемелерде тіркелмеген, кіші гидротехникалық құ-

рылымдардың (бөгеттер, лимандар және т.б.) орналасуы;

- артезиандық ұңғымалардан келетін иесіз қалған су бұрқақтар (фонтандар) және олардың қажетті деңгейде қараусыз қалуы.

Іс-сапар барысында Ақтөбе облысының Мұғалжар, Темір аудандары және Атырау облысы Жылыой ауданы аумағында шамамен 2000 км жолсыз жермен жүріп, Жем өзенінің жоғарғы және ортаңғы ағыстарында және алабында барлығы – 43 әр түрлі нысандағы гидротехникалық құрылыстар анықталды, оның ішінде:

- Мұғалжар ауданында барлығы – 7, соның ішінде: коммуналдық меншікте – 2; жеке меншікте – 4; иесіз – 1.

- Темір ауданында барлығы – 32, соның ішінде: республикалық меншікте – 4; коммуналдық меншіктегі бөгеттер – 2; иесіз – 25; тазартуды қажет ететін бұлақтар – 1.

- Жылыой ауданында барлығы – 4, соның ішінде: коммуналдық меншікте – 2; иесіз – 2.

Жем және Ойыл өзен алаптарындағы экологиялық жағдайды сауықтыру мақсатында өткізілген іс-сапарлар барысындағы кездесулер нәтижесінде алынған ақпараттар негізінде келесі ұсыныстар жасалды:

- Кешенді ғылыми-зерттеу жұмыстары нәтижесінде уәкілетті органдармен «Жем және Ойыл өзендерінің су ресурстарын кешенді, тиімді пайдалану және қорғау жобасын» құрастыру үшін ұсыныстар әзірлеу;

- Қазақстанның басқа да кіші өзендерінің алаптары үшін алынған тәжірибені тарату мәселелерін қарастыру.

Қорытынды

Жем және Ойыл өзендерінің 1935-2020 жж. кезеңіндегі ағындыларының өзгеруін бағалау барысында олардың азаю тенденциясы анықталды. Сонымен қатар, зерттеліп отырған өзен алаптарының шегінде шаруашылық қызмет пен климат өзгеруінің өзендердің гидрологиялық режиміне әсерін бағалау мақсатында генетикалық және статистикалық талдау әдістерін пайдалана отырып, Жем және Ойыл өзендері алаптарының ағындысы шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда шаруашылық әрекеттің әсері мен климаттың өзгеруі жиынтығының салдары кезеңінде сәйкесінше 49 % және 26 %-ға азайғандығы анықталды.

Жем және Ойыл өзендері ағындысының азаюының негізгі себептері болып табылатын қыс мезгіліндегі жиынтық жауын-шашын мөлшері мен күзгі ылғалдану соңғы 20 жыл ішінде төмендеу тенденциясына ие. Сәйкесінше, су тасу-

дың көктемгі мезгілінде өзен ағындысының топырақ инфильтрациясына жұмсалатындығы жөнінде тұжырым жасауға болады. Өңірлердегі ауа температурасының орташа көпжылдық мәндерінің өзгеруін талдау нәтижесінде соңғы жылдары қарқынды жоғарылау тенденциясы айқындалды, яғни ауа температурасының жоғарылауы, өз кезегінде, ағынсыз ойыстары көп Жем және Ойыл өзендері алаптарының беткейлерінен буланушылықтың жоғарылауына алып келетіні анық.

Сонымен қатар, өзендердің орта және төменгі ағыстарында ағындысы азаюының және экологиялық жағдайының төмендеуінің тағы бір себептері суды заңсыз бұрып алған иесіз бөгеттер және кеңес дәуірінде салынған, бұзылған, су жинау қабілеті жоқ бөгеттер болып табылады.

Қорытындылай келе, Жем және Ойыл өзендері ағындыларының азаюы – шаруашылық әрекет әсері мен заманауи жағдайдағы климаттың өзгеруі салдары екендігі сөзсіз.

Әдебиеттер

- Абубакирова К. Д., Базарбаева Т. А. Состояние водных ресурсов Республики Казахстан // Наука и новые технологии. – №2. – 2014. – С. 62-64.
- Абубакирова, К. Д., Таныбаева, А. К., Павличенко, Л. М., & Рысмагамбетова, А. А. (2017) Integrated water resources management in the Republic of Kazakhstan: problems and prospects // Вестник КазНУ. Серия географическая. – №47 (4). – С. 23-31.
- Алимкулов С. К., Турсунова А. А., Давлетгалиев С. К., Сапарова А. А. Ресурсы речного стока Казахстана // Гидрометеорология и экология. – №3. – 2018. – С. 80-94.
- Алимкулов С. К., Турсунова А. А., Сапарова А. А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатических и антропогенных изменений // Гидрометеорология и экология. – №1. – 2021. – С. 59-71.
- Asocan, S.M., Rogberg, P., Bring, A., Jarsjö, J., Destouni, G., 2016. Climate model performance and change projection for freshwater fluxes: Comparison for irrigated areas in Central and South Asia. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 5, 48–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.017>.
- Давлетгалиев С.К. Оценка нормы годового стока рек Жайык-Жемского района при отсутствии данных наблюдений // Гидрометеорология и экология. – №1. – 2009. – С. 7-17.
- Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – №1. – 2011. – С. 56-65.
- Давлетгалиев С.К. Оценка водных ресурсов Жайык-Каспийского бассейна по водохозяйственным участкам // Гидрометеорология и экология. – №4. – 2015. – С. 73-80.
- «Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2019 год». – Нур-Султан: РГП «Казгидромет», 2020. – 62 с.
- Гальперин Р. И. Материалы по гидрографии Казахстана – части 1, 2 и 3 (учебное пособие). – Алматы, 1997. – 89 с.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Cambridge Univ. Press*, pp. 1132.
- Клибашев К. П., Горошков И. Ф. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 460 с.
- Mannig, B., Pollinger, F., Gafurov, A., Vorogushyn, S., Unger-Shayesteh K., 2018. Impacts of Climate Change in Central Asia *Encyclopedia of the Anthropocene Volume 2*, 2018, 195-203. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09751-2>.
- Medeu A.R., Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Myrzakhmetov A.B., Saparova A.A., Baspakova G.R., Kulebayev K.M. (2020) Anthropogenic load on water resources of Kazakhstan // *Eurasia J Biosci* 14. Pp 301-307.
- Методическое руководство по методам расчёта основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 247 с.
- Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейн Урала (Среднее и нижнее течение Эмбы). Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 222 с.
- Olli Varis, Matti Kummu (2012) The Major Central Asian River Basins: An Assessment of Vulnerability // *International Journal of Water Resources Development*, 28:3. Pp 433-452 (DOI: 10.1080/07900627.2012.684309)

- Основные гидрологические характеристики. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Урало-Эмбинский район. Т. 12. Вып. 2. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 205 с.
- Основные гидрологические характеристики (за 1963 – 70 гг.). Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Урало-Эмбинский район. Т. 12. Вып. 2. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 322 с.
- Основные гидрологические характеристики (за 1971 – 75 гг.). Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Урало-Эмбинский район. Т. 12. Вып. 2. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 207 с.
- Ososkova, T., Gorelkin, N., Chub, V. (2000) Water resources of Central Asia and adaptation measures for climate changem // Environ. Monit. Assess. 61, 161-166 (<https://doi.org/10.1023/A:1006394808699>)
- Постановление Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200 «Об утверждении Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов», электронный ресурс <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1600000200>
Дата обращения: 29.03.2022 г.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан / Под ред. М.С. Протасьева. Т. 1. Вып. 3. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 515 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т. 12. Вып. 2. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 150 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Урало-Эмбинский район. Т. 12. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 511 с.
- Reyer, C., Otto, I.M., Adams, S. et al. (2017) Climate change impacts in Central Asia and their implications for development. Reg Environ Change 17, Pp 1639–1650 (<https://doi.org/10.1007/s10113-015-0893-z>)
- Рождественский А. В., Чеботарёв А. И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 424 б.
- Salnikov V., Turulina G., Polyakova S., Petrova Y., Skakova A. (2015) Climate change in Kazakhstan during the past 70 years // Quaternary International. Vol.358 (9 February 2015), Pp 77-82.
- Шикломанов И.А. (1989) Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеоздат, – 330 с.
- Unger-Shayesteh, K., Vorogushyn, S., Farinotti, D., Gafurov, A., Duethmann, D., Mandychev, A., Merz, B., 2013a. What we know about past changes in the water cycle of Central Asian headwaters? A review. Global Planet. Change. 110, 4-25.
- Вагапова А.Р. Оценка влияния антропогенных факторов на речной сток // Вестник Казахстанско-немецкого университета: Устойчивое развитие Центральной Азии. – Алматы, 2014. – С. 74-78.
- Viviroli, D., Weingartner, R., 2004. The hydrological significance of mountains: from regional to global scale. Hydrol. Earth Syst. Sci. 8, 1017-1030. doi: 10.5194/hess-8-1017-2004.
- Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление / Под науч. ред. Р.И. Гальперина. Т.VII. Кн. 1. – Алматы, 2012. – 684 с.
- WWAP, 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.
- Zhupankhan A., Tussupova K., Berndtsson R. (2018) Water in Kazakhstan, a key in Central Asian water management // Hydrological Sciences Journal Volume 63, 2018 - Issue 5. Pp 752-762 (<https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1447111>)

References

- Abubakirova K.D., Bazarbaeva T.A. (2014) Sostojanie vodnyh resursov respubliky Kazahstan [State of water resources of the Republic of Kazakhstan] // Nauka i novye tehnologii [Science and new technologies], No2. Pp 62-64.
- Abubakirova K.D., Tanybaeva A.K., Pavlichenko L.M., Rysmagambetova A.A. (2017) INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: PROBLEMS AND PROSPECTS // Journal of Geography and Environmental Management. No4 (47), 47 (4), Б. 23-31.
- Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Davletgaliev S.K., Saparova A.A. (2018) Resursy rechnogo stoka Kazahstana [Resources of river flow of Kazakhstan] // Gidrometeorologija i jekologija [Hydrometeorology and ecology], No3. Pp 80-94.
- Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Saparova A.A. (2021) Resursy rechnogo stoka kazahstana v uslovijah budushhikh klimaticheskikh i antropogennyh izmenenij [Resources of river flow of Kazakhstan under conditions of future climate and anthropogenic changes] // Gidrometeorologija i jekologija [Hydrometeorology and ecology], No1. Pp 59-71.
- Asocan, S.M., Rogberg, P., Bring, A., Jarsjö, J., Destouni, G. (2016) Climate model performance and change projection for freshwater fluxes: Comparison for irrigated areas in Central and South Asia // Journal of Hydrology: Regional Studies, No 5. Pp 48–65. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.017>)
- Davletgaliev S.K. (2009) Ocenka normy godovogo stoka rek Zhajyk-Zhemsckogo rajona pri otsutstvii dannyh nabljudenij [Assessment of the annual flow rate of the rivers of the Zhayik-Jem region in the absence of observational data] // Gidrometeorologija i jekologija [Hydrometeorology and ecology], No1. Pp 7-17.
- Davletgaliev S.K. (2011) Poverhnostnye vodnye resursy Zhajyk-Kaspijskogo bassejna v granicah Respubliki Kazahstan [Surface water resources of the Zhayk-Caspian basin within the borders of the Republic of Kazakhstan] // Gidrometeorologija i jekologija [Hydrometeorology and ecology], No1. Pp 56-65.
- Davletgaliev S.K. (2015) Ocenka vodnyh resursov Zhajyk-Kaspijskogo bassejna po vodohozjajstvennym uchastkam [Water Resources Assessment of the Zhayk-Caspian Basin on Water Management Sites] // Gidrometeorologija i jekologija [Hydrometeorology and ecology], No4, Pp 73-80.
- Ezhegodnyj bjulleten' monitoringa sostojanija i izmenenija klimata Kazahstana: 2019 god (2020) [Kazakhstan's Annual Climate Monitoring Bulletin: 2019] – Nur-Sultan: RGP «Kazgidromet». P 62.
- Gal'perin R. I. (1997) Materialy po gidrografii Kazahstana [Materials on hydrography of Kazakhstan] – Chapter 1, 2, 3 (uchebnoe posobie). – Алматы. P. 89.

- IPCC (2014) *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Cambridge Univ. Press*, P 1132.
- Klibashev K. P., Goroshkov I. F. (1970) *Gidrologicheskie raschjoty [Hydrological calculations]*. - L.: Gidrometeoizdat. P 460.
- Mannig, B., Pollinger, F., Gafurov, A., Vorogushyn, S., Unger-Shayesteh K. (2018) *Impacts of Climate Change in Central Asia Encyclopedia of the Anthropocene. Volume 2*. Pp 195-203. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09751-2>)
- Medeu A.R., Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Myrzakhmetov A.B., Saparova A.A., Baspakova G.R., Kulebayev K.M. (2020) *Anthropogenic load on water resources of Kazakhstan // Eurasia J Biosci* 14. Pp 301-307.
- Metodicheskoe rukovodstvo po metodam raschjota osnovnyh gidrologicheskikh harakteristik (1984) [Methodological Manual on Methods of Calculation of Main Hydrological Characteristics]. – L.: Gidrometeoizdat. P 247.
- Mnogoletnie dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Kazahskaja SSSR. Bassejn Urala (Srednee i nizhnee techenie Jemby) (1984) [Long-term data on the surface water regime and resources of the land. Kazakh USSR. Urals basin (Middle and Lower Emba Current)]. Volume 2. – L.: Gidrometeoizdat. P. 222.
- Olli Varis, Matti Kummu (2012) *The Major Central Asian River Basins: An Assessment of Vulnerability // International Journal of Water Resources Development*, 28:3, Pp 433-452 (DOI: 10.1080/07900627.2012.684309)
- Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Uralo-Jembinskij rajon (1966) [Main hydrological characteristics. Lower Volga region and Western Kazakhstan. Ural-Emba district]. Vol.12. No2. – L.: Gidrometeoizdat. P 205.
- Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki (za 1963 – 70 gg.). Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Uralo-Jembinskij rajon (1977) [Main hydrological characteristics (1963 - 70). Lower Volga region and Western Kazakhstan. Ural-Emba district]. Vol.12. No2. – L.: Gidrometeoizdat. P 322.
- Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki (za 1971 – 75 gg.). Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Uralo-Jembinskij rajon (1980) [Main hydrological characteristics (1971 - 75 years). Lower Volga region and Western Kazakhstan. Ural-Emba district] Vol.12. No2. – L.: Gidrometeoizdat, P 207.
- Ososkova, T., Gorelkin, N., Chub, V. (2000) *Water resources of Central Asia and adaptation measures for climate change // Environ. Monit. Assess.* No61. P 161. (<https://doi.org/10.1023/A:1006394808699>)
- Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 8 aprelja 2016 goda № 200 “Ob utverzhdenii General'noj shemy kompleksnogo ispol'zovanija i ohrany vodnyh resursov” [On approval of the General Scheme for the Integrated Use and Protection of Water Resources], jelektronnyj resurs <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1600000200>. Data obrashhenija: 29.03.2022 g.
- Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan (1966) / Pod red. M.S. Protas'eva [Surface water resources of the USSR. Lower Volga region and Western Kazakhstan]. Vol.1. No3. Aktjubinskaja oblast'. - L.: Gidrometeoizdat. P 515.
- Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Gidrologicheskaja izuchennost'. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan (1966) [Resources of surface waters of the USSR. Hydrological study. Lower Volga region and Western Kazakhstan]. Vol.12. No2. – L.: Gidrometeoizdat. P 150.
- Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Uralo-Jembinskij rajon (1970) [Surface water resources of the USSR. Ural-Emba district]. Vol.12. – L.: Gidrometeoizdat, P 511.
- Reyer, C., Otto, I.M., Adams, S. et al. (2017) *Climate change impacts in Central Asia and their implications for development. Reg Environ Change* 17, Pp 1639–1650 (<https://doi.org/10.1007/s10113-015-0893-z>)
- Rozhdestvenskij A. V., Chebotarjov A. I. (1974) *Statisticheskie metody v gidrologii [Statistical methods in hydrology]*. – L.: Gidrometeoizdat. P 424.
- Salnikov V., Turulina G., Polyakova S., Petrova Y., Skakova A. (2015) *Climate change in Kazakhstan during the past 70 years // Quaternary International*. Vol.358 (9 February 2015), Pp 77-82.
- Shiklomanov I.A. (1989) *Vliyanie hozyajstvennoj deyatel'nosti na rechnoj stok [Impact of economic activity on river flow]*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 330 b.
- Unger-Shayesteh, K., Vorogushyn, S., Farinotti, D., Gafurov, A., Duethmann, D., Mandychev, A., Merz. B. (2013) *What we know about past changes in the water cycle of Central Asian headwaters? A review. Global Planet, Change*. No110. Pp 4-25.
- Vagapova, A.R. (2014) *Ocenka vlijaniya antropogennyh faktorov na rechnoj stok [Assessment of anthropogenic influences on river flow] // Vestnik Kazahstansko-nemeckogo universiteta: Ustojchivoe razvitie Central'noj Azii, Almaty*. Pp 74-78.
- Viviroli, D., Weingartner, R. (2004) *The hydrological significance of mountains: from regional to global scale. Hydrol. Earth Syst. Sci.* 8, Pp 1017-1030. (doi: 10.5194/hess-8-1017-2004)
- Vodnye resursy Kazahstana: ocenka, prognoz, upravlenie (2012) [Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management] / Pod nauch. red. R.I. Gal'perina. Vol.VII. Book 1. – Almaty. P 684.
- WWAP (2015) *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, UNESCO.
- Zhupankhan A., Tussupova K., Berndtsson R. (2018) *Water in Kazakhstan, a key in Central Asian water management // Hydrological Sciences Journal* Volume 63, 2018 - Issue 5. Pp 752-762 (<https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1447111>)

Д.К. Кисебаев^{1*} , Г.Т. Мусралинова¹ , С.М. Марченко² 

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Университет Аляски, США, г. Фэрбенкс

*e-mail: daulet-ktl@mail.ru

ВЕСЕННИЕ ЛЕДОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА Р. ЖАЙЫК (УРАЛ)

В экономике Казахстана реки играют огромное значение, это обусловлено континентальным климатом исследуемых районов Казахстана, при котором осуществляется обеспечение водоснабжением населения и агропромышленного комплекса, которое требует целесообразного использования водных ресурсов с учетом интегрированного управления ими. Также на крупных реках республики осуществляется судоходство и рыболовство. Планирование работы всех отраслей экономики требует учета особенностей гидрологического режима реки в каждом из сезонов года.

В данном научном исследовании рассматриваются весенние ледовые процессы на р. Жайык (Урал). Произведен анализ полученных результатов с результатами ранее проведенных научных исследований, в частности с данными справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР – Нижнее Поволжье и Западный Казахстан». Как показали исследования, наблюдается тенденция более раннего вскрытия реки, прохождения ледохода и очищения реки ото льда.

Были проанализированы различные периоды, но основное внимание было уделено условно-естественному (с 1937 по 1957 гг.) и нарушенному (конец XX – начало XXI веков) процессам ледовых явлений с использованием длиннопериодных наблюдений на гидрологических станциях.

Лед на реках играет фундаментальную роль в биологических, химических и физических процессах. Кроме того, лед может иметь огромное экономическое влияние на речные процессы и промышленные разработки на реках. Все технические операции и процессы на реке могут существенно измениться из-за изменения толщины и плотности ледового покрова, а также времени его появления или освобождения реки от ледового покрова.

Ключевые слова: река Жайык, весенние ледовые процессы, первые ледовые явления, ледоход, подвижка льда, вскрытие, продолжительность ледового периода.

D.K. Kisebayev^{1*}, G.T. Musralinova¹, S.M. Marchenko²

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

University of Alaska, USA, Fairbanks

*e-mail: daulet-ktl@mail.ru

Spring ice processes at the zhayik river (ural)

Rivers are playing a huge role in the economy of Kazakhstan - this is due to the continental climate and dryness of the some areas of the Kazakhstan, in which water supply is provided to the population, as well as to the agro-industrial system and infrastructure. It is requiring the expedient use of water resources, taking into account the integrated management of them. Also on large rivers of the republic carries out navigation and fishing. Planning the work of all sectors of the economy requires taking into account the peculiarities of the hydrological regime of the river in each of the seasons of the year.

This research are considering spring ice processes on the Zhaiyk (Ural) River. The results obtained from our research were compared with the data of previous scientific studies from the reference book "Surface water resources of the USSR - Lower Volga River Region and Western Kazakhstan." The result shown, there is a trend of earlier opening of the river, passing ice drift and clearing the river from ice.

Various periods were analyzed, but the main attention was paid to the natural conditions from 1937 to 1957 and disturbed (by what? What is the cause of the disturbance?) between 20th and early 21st centuries, using long-term observation from the hydrologic stations.

Ice on rivers plays a crucial role in biological, chemical and physical processes. In addition, ice can have a substantial economic impact on river functionality. All operations and processes on the river can change significantly, due to changes in the thickness and density of the ice cover, as well as the time of its appearance or purification of the river.

Key words: Zhaiyk River, spring ice, processes first ice phenomena, ice drift, ice movement, river opening, duration of ice period.

Д.К. Кисебаев^{1*}, Г.Т. Мусралинова¹, С.М. Марченко²
¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
²Аляска университеті, АҚШ, Фэрбенкс қ.
*e-mail: daulet-ktl@mail.ru

Жайық (Орал) өзеніндегі көктемгі мұз процестері

Қазақстан экономикасында өзендер үлкен маңыздылыққа ие – бұл елдің континенттік климатына байланысты, ондағы халықты сумен қамтамасыз ету және суды кешенді дұрыс пайдалануды талап ететін агроөнеркәсіптік ресурстармен негізделеді. Сондай-ақ ірі өзендерде кемелер жүзуі және балық аулау жүзеге асырылады. Экономиканың барлық салалары жұмысын жоспарлау үшін жылдың әрбір маусымындағы гидрологиялық режимнің ерекшеліктерін ескеруді талап етеді.

Бұл зерттеу жұмысында Жайық (Орал) өзеніндегі көктемгі мұздық процестері қарастырылды. Алынған нәтижелерді бұрынғы жұмыстардың нәтижелерімен, атап айтқанда, «СССР жерүсті суларының ресурстары» анықтамалығының деректерімен талдау жүргізілді. Зерттеу көрсеткендей, өзенде мұз қозғалу үрдісінің ертерек басталуы, мұз жүру және өзеннің мұздан тазалануы байқалды.

Әртүрлі кезеңдер талданды, бірақ басты назар ұзын қатарлы станциялар мәліметтерін қолдана отырып 1937 жылдан 1957 жыл аралығындағы шартты-табиғи кезең және XX ғасырдың соңы мен XXI ғасыр басындағы кезеңге мән берілді.

Биологиялық, химиялық және физикалық процестердің қалыптасуында өзендердегі мұздар негізгі рөл атқарады. Сонымен қатар, мұз өзендер шаруашылығына үлкен экономикалық әсер етуі мүмкін. Барлық операциялар мен процестер мұздың қалыңдығының өзгеруіне немесе оның пайда болу және жоғалу уақытына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

Түйін сөздер: Жайық өзені, көктемгі мұздық процестер, алғашқы мұздық құбылыстар, мұз жүру, мұздың жылжуы, мұздың ашылуы, ұзақтығы.

Введение

Река Жайық (Урал) является основной рекой Западного Казахстана. Она берет свое начало в Уральских горах (РФ) и впадает в Каспийское море, общая протяженность реки на территории Республики Казахстан составляет 2428 км (Чибилев А.А., 2008). Одними из важных направлений исследований является изучение гидрологического, термического и ледового режима реки. В основу данного исследования легли ряды длиннопериодных наблюдений по трем гидрологическим постам реки Жайык (Урал) – г. Уральск, пос. Махамбет и г. Атырау.

На основании данных о расходах воды с гидрологических створов пос. Махамбет и с. Кушум весь период исследований был условно разделен на несколько этапов:

1. 1936-1957 гг. – условно-естественный, описывающий гидрологический режим реки до строительства и ввода в эксплуатацию Ириклинского водохранилища, расположенного в верховьях реки в Оренбургской области.

2. 1958-1990 гг. – условно-нарушенный, под влиянием антропогенной деятельности.

3. 1991-2019 гг. – нарушенный, под влиянием антропогенной деятельности и климатических изменений.

Периоды были выделены согласно расчетам по изменению стока реки, а также согласно расчетам ученых, занимающихся изучением изменения стока данной реки (Ивкина, 2016) (Кисебаев, 2020). По проведенным расчетам на створах, расположенных в с. Кушум и г. Атырау, было выявлено 3 периода – с 1921 по 1957 год – условно-естественный, с 1958 по 1990 год – условно-нарушенный и с 1991 года – по настоящее время – нарушенный, а по створу пос. Махамбет выявлены 2 периода – с 1932 по 1975 год – условно-естественный и с 1975 года – по настоящее время – нарушенный.

После анализа метеорологических расчетов, произведенных по данным 3 метеорологических станций (пос. Чапаево, пос. Махамбет, г. Атырау), расположенных вдоль русловой части, река была условно разделена три гидрологических отрезка (района):

а) Северный район – от гидрологического створа пос. Январцево до створа с. Тайпак;

б) Центральный район – гидрологические створы пос. Индербор и Махамбет;

в) Южный район – на отрезке между гидрологическими створами г. Атырау и с. Жанаталап.

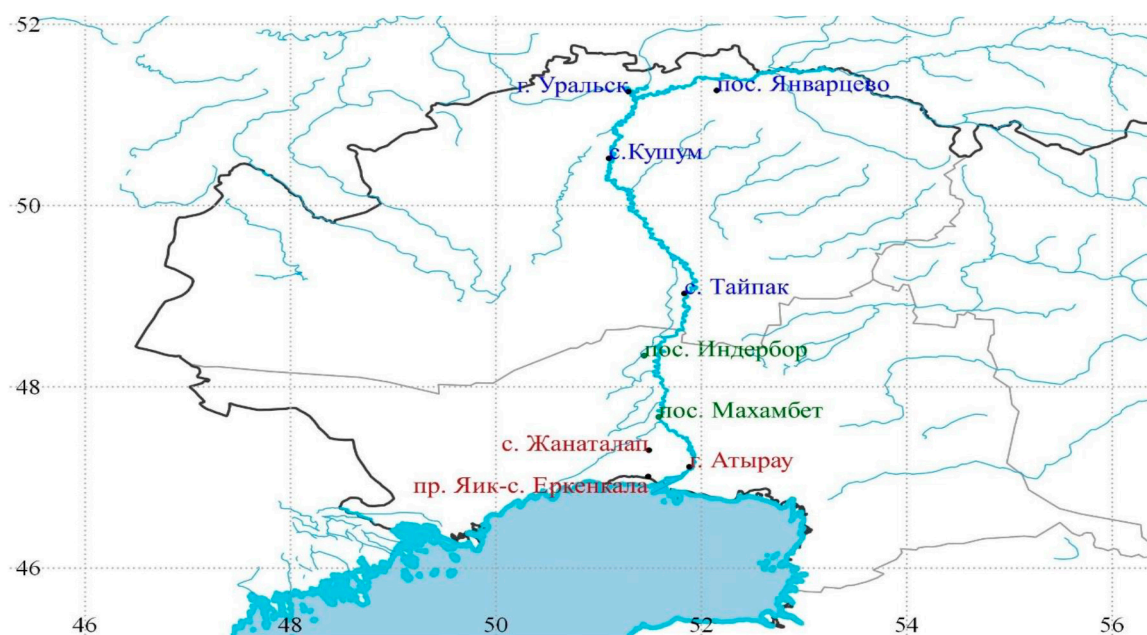


Рисунок 1 – Расположение гидрологических постов на р. Жайык.

Сложный характер ледового режима обусловлен значительной протяженностью реки по долготе и различными гидрометеорологическими условиями некоторых районов (Кисебаев, Бейсенбаева, 2021). Исследования ледовых процессов крайне важны для многих видов народного хозяйства, зимнего рыболовства, определения периода навигации и т.д. (Водные ресурсы и водное хозяйство Урала, 1977).

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является ледовый режим реки Жайык (Урал). В настоящем исследовании были использованы данные наблюдений гидрометеорологической сети РГП (Республиканское государственное предприятие) «Казгидромет», а именно данные по гидрологическим постам (г. Уральск, с. Кушум, пос. Махамбет и г. Атырау) и метеорологическим станциям (г. Уральск, пос. Чапаево, пос. Махамбет и г. Атырау). Выборка данных производилась за гидрологический год. Средние даты и продолжительность весенних ледовых процессов вычислены как средние арифметические по отобранному данным. Гидрологические расчеты производились за период с 1937 по 2020 гг., а метеорологические – с 1930 по 2020 гг., лишь на метеостанции пос. Махамбет использовались данные с 1970 по 2020 гг.

Вскрытие р. Жайык.

Весной, в межсезонье при устойчивом переходе суточной температуры воздуха через 0 градусов Цельсия (без учета радиационного энергетического баланса на поверхности ледового покрова), когда сумма положительных аномалий преобладает над отрицательными, начинается процесс вскрытия льда на реке. Основными факторами вскрытия ледового покрова на реке являются солнечная радиация, поступление тепла из воздуха (адвентивный процесс теплообмена), а также с теплой водой – механическое воздействие талой воды (термоэрозия, термоабразия). Процесс вскрытия начинается с таяния снега на льду, талая вода снега ослабляет лед. Лед у берегов начинает таять по причине теплообмена с грунтом и стекающими с него талыми водами, а также вследствие поднятия уровней воды у берегов и образования закраин и промоин (Ледовый режим рек СССР, 1987).

За дату вскрытия реки берут время возникновения талой воды, текущей поверх льда, промоин, закраин, трещин в ледяном покрове и т.д. В таблице 1 приведены средние, ранние и поздние даты вскрытия реки на гидрологических постах.

Таблица 1 - Даты вскрытия льда на р. Жайык за период с 1937 по 2020 гг.

| Период | Дата | Гидрологический пост | | |
|-----------|---------|--|--|--|
| | | г. Уральск | пос. Махамбет | г. Атырау |
| 1937-1957 | Средняя | 102* 12 апреля | 89 30 марта | 87 28 марта |
| | Ранняя | 85 26 марта (1946-1947 гг.) | 67 8 марта (1943-1944 гг.) | 62 3 марта (1945-1946 гг.) |
| | Поздняя | 120 30 апреля (1937-1938 гг.) | 104 14 апреля (1951-1952 гг.) | 102 12 апреля (1953-1954 гг.) |
| 1958-1990 | Средняя | 93 (-9)** 3 апреля | 85 (-4) 26 марта | 85 (-2) 26 марта |
| | Ранняя | 77 (-8) 18 марта (1989-1990 гг.) | 62 (-5) 3 марта (1989-1990 гг.) | 70 (+8) 11 марта (1989-1990 гг.) |
| | Поздняя | 111 (-9) 21 апреля (1963-1964 гг.) | 101 (-3) 11 апреля (1968-1969 гг.) | 98 (-4) 8 апреля (1963-1964 гг.) |
| 1991-2020 | Средняя | 89 (-13) 30 марта | 74 (-15) 15 марта | 69 (-18) 10 марта |
| | Ранняя | 71 (-14) 12 марта (2008-2009 гг.) | 50 (-17) 19 февраля (1999-2000 гг.) | 48 (-14) 17 февраля (2015-2016 гг.) |
| | Поздняя | 102 (-18) 12 апреля (1995-1996 гг.) | 95 (-9) 5 апреля (1993-1994 гг.) | 98 (-4) 8 апреля (1997-1998 гг.) |

* Число дней от 1.01

** Сдвигка (в сутках) на более ранние сроки дат вскрытия льда относительно периода 1937-1957 гг.

Процессы вскрытия р. Жайык претерпели определенные изменения. Так, например, с юга на север сроки вскрытия наблюдаются раньше на 18, 15 и 13 дней соответственно, если сравнивать периоды условно-естественного стока и нарушенного. Говоря о наиболее ранних датах вскрытия реки в различные периоды, можно заметить, что в период 1991-2020 гг. они отмечались на 14-17 дней раньше относительно периода 1937-1957 гг., а в случаях более поздних дат сдвиг произошел на 4-18 дней в сторону более раннего, с южной части в сторону северного соответственно. Таким образом, анализ данных за 83 года показывает, что даты вскрытия

смещаются в сторону более ранних сроков. Главной причиной данного смещения можно считать изменение климата, а именно повышение температуры воздуха, а также влияние человеческой деятельности.

Ледоход на р. Жайык. Ледоходом принято считать время, когда ледяной покров на реке разбивается на отдельные льдины и начинает смещаться по траектории движения реки.

В среднем ледоход на реке Жайык (Урал) начинается с третьей декады марта в южной и центральной частях, а затем в северной части – первой или второй декаде апреля.

Таблица 2 – Даты ледохода на р. Жайык за период с 1937 по 2020 год

| Период | Дата | Гидрологический пост | | |
|-----------|---------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | г. Уральск | пос. Махамбет | г. Атырау |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1937-1957 | Средняя | 104 14 апреля | 90 31 марта | 87 28 марта |
| | Ранняя | 90 31 марта (1946-1947 гг.) | 67 8 марта (1943-1944 гг.) | 62 3 марта (1945-1946 гг.) |
| | Поздняя | 114* 24 апреля (1941-1942 гг.) | 104 14 апреля (1941-1942 гг.) | 102 12 апреля (1951-1952 гг.) |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|---------|--|--|---|
| 1958-1990 | Средняя | 97 (-7)** 7 апреля | 87 (-3) 28 марта | 85 (-2) 26 марта |
| | Ранняя | 83 (-7) 24 марта (1980-1981 гг.) | 69 (+2) 10 марта (1989-1990 гг.) | 70 (+8) 11 марта (1989-1990 гг.) |
| | Поздняя | 114 (0) 24 апреля (1963-1964 гг.) | 102 (-2) 12 апреля (1963-1964 гг.) | 97 (-5) 7 апреля (1958-1959 гг.) |
| 1991-2020 | Средняя | 95 (-9) 5 апреля | 80 (-10) 21 марта | 75 (-12) 16 марта |
| | Ранняя | 83 (-7) 24 марта (2000-2001 гг.) | 59 (-8) 28 февраля (2001-2002 гг.) | 51 (-11) 20 февраля (1999-2000 гг.) |
| | Поздняя | 106 (-8) 16 апреля (1995-1996 гг.) | 96 (-8) 6 апреля (1993-1994 гг.) | 98 (-4) 8 апреля (1997-1998 гг.) |

* Число дней от 1.01

** Сдвигка (в сутках) в сторону более ранних (-) или поздних (+) сроков дат начала ледохода относительно периода 1937-1957 гг.

Из таблицы 2 следует, что с юга на север сроки начала ледохода теперь наблюдаются раньше на 12, 10 и 9 дней соответственно. Изменения также произошли в датах самого раннего и самого позднего начала ледохода. Сдвигка самых ранних дат с юга на север происходит в сторону более ранних сроков, причем наибольшая разница (11 дней) наблюдается на юге в районе города Атырау: здесь самая ранняя дата начала ледохода в период с 1937 по 1957 гг. отмечалась 3 марта 1946 года, а в период с 1991 по 2020 гг. – 20 февраля 2000 года. Изменения самой поздней даты начала

ледохода имеют противоположный характер: наибольшая сдвигка в более раннюю сторону наблюдается на севере, в гидрологическом створе города Уральск (8 дней), где самое позднее начало ледохода было 16 апреля 1996 года. На рисунке 2 представлено фото ледохода на р. Жайык (Урал) выше гидрологического створа г. Оренбург, предоставленное специалистами Федерального государственного бюджетного учреждения (ФБГУ) «Приволжское управление гидрометеорологической службы (УГМС)».



Рисунок 2 – Ледоход на р. Жайык (Урал)

Продолжительность весенних ледовых процессов.

Продолжительность весенних ледовых процессов на р. Жайык (Урал) в основном зависит от термических условий окружающей среды, т.к.

река протекает с севера на юг, поэтому вскрытие начинается с низовой реки и постепенно уходит в ее верховья (Р.П.В. СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, 1970). В среднем на различных участках реки продолжительность может варьировать от 2 до 10 дней.

Таблица 3 - Продолжительность весенних ледовых процессов на р. Жайык (Урал) за период с 1937 по 2020 год

| Период | Число дней | Гидрологический пост | | |
|-----------|------------|---|--|--|
| | | г. Уральск | пос. Махамбет | г. Атырау |
| 1937-1957 | Среднее | 4 | 5 | 6 |
| | Наибольшее | 12 (1954-1955 гг.) | 10 (1943-1944 гг.) | 23 (1946-1947 гг.) |
| | Наименьшее | 1 (1937-1938 гг.) | 1 (1955-1956 гг.) | 1 (1948-1949 гг. 1950-1951 гг.) |
| 1958-1990 | Среднее | 9 (+4)** | 6 (+1) | 2 (-4) |
| | Наибольшее | 20 (+8) (1988-1989 гг.) | 27 (+17) (1984-1985 гг.) | 14 (-9) (1985-1986 гг.) |
| | Наименьшее | 3 (+2) (1962-1963 гг. 1969-1970 гг. 1975-1976 гг.) | 1 (0) (1961-1962 гг. 1964-1965 гг.) | 1 (0) |
| 1991-2020 | Среднее | 10 (+6) | 10 (+5) | 10 (+4) |
| | Наибольшее | 25 (+13) (2008-2009 гг.) | 21 (+11) (1994-1995 гг.) | 20 (-3) (2019-2020 гг.) |
| | Наименьшее | 3 (+3) (1998-1999 гг. 2001-2002 гг. 2003-2004 гг.) | 1 (+0) (2000-2001 гг. 2006-2004 гг.) | 3 (+2) (1991-1992 гг. 1997-1998 гг. 2002-2003 гг. 2003-2004 гг.) |

** Изменение (в сутках) продолжительности весенних ледовых процессов в меньшую (-) или большую (+) сторону относительно периода 1937-1957 гг.

Из таблицы 3 следует, что продолжительность ледовых процессов весной за весь период наблюдений с 1937 по 2020 год может различаться в среднем пределах от 2 до 10 дней, в отдельные годы процессы вскрытия и очищения могут происходить всего лишь за 1 день, например, в 1938, 1956, 1949, 1951 гг. и в отдельные годы XXI века. Если сравнивать продолжительность весенних процессов в ранние и поздние периоды, то видно, что изменение климата повлияло на их продолжительность: весенние процессы стали более растянутыми по времени. Это обусловлено тем, что значительно более ранние весенние процессы происходят менее интенсивно, с постоянной сменой волн тепла и холода.

При этом следует отметить, что, несмотря на более продолжительные, чем раньше, весенние процессы, очищение ото льда р. Жайык происходит в настоящее время в более ранние сроки. Если сравнивать средние сроки вскрытия р.

Жайык по трем пунктам (табл. 1), плюс средняя продолжительность весенних процессов в этих же створах (табл. 3) за периоды 1937-1957 и 1991-2020 гг. соответственно, то получится, что, несмотря на более растянутые весенние процессы, в настоящее время период вскрытия и ледохода на реке заканчивается раньше.

В районе г. Уральск: в период 1937-57 гг. средняя дата вскрытия – 12.04, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 4 дня; в период 1991-2020 гг. средняя дата вскрытия – 30.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 10 дней, т.е. на 7 дней раньше.

В районе пос. Махамбет: в период 1937-57 гг. средняя дата вскрытия – 30.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 5 дней; в период 1991-2020 гг. средняя дата вскрытия – 15.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 10 дней, т.е. на 10 дней раньше.

В районе г. Атырау: в период 1937-57 гг. средняя дата вскрытия – 28.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 6 дней; в период 1991-2020 гг. средняя дата вскрытия – 10.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 10 дней, т.е. на 14 дней раньше.

Влияние факторов различного рода (антропогенных и климатических) на сроки вскрытия, дат начала ледохода и продолжительность весенних ледовых процессов довольно четко прослеживается в направлении течения реки (с севера на юг).

Опасные ледовые явления на р. Жайык.

Накопленные ледяные образования в русле реки во время ледохода в весеннее время, являю-

щиеся причиной стеснения живого сечения реки и сопровождающиеся также подъемом уровня воды в реке, называются затором. Современные исследования очень часто показывают, что изменение климата и антропогенная деятельность влияют на гидрологический режим рек, но если антропогенная деятельность влияет косвенным образом, то климатические изменения имеют прямое влияние на возможные изменения в гидрологическом и ледово-термическом режимах (Агафонова и др., 2016). В таблице 4 представлен каталог таких опасных гидрологических ледовых явлений, как заторы, за период с 1937 по 2020 гг. по всем гидрологическим постам, расположенным вдоль русловой части р. Жайык (Урал).

Таблица 4 – Каталог заторных явлений на р. Жайык (Урал) за период с 1937 по 2020 гг.

| Годы | Гидрологический пост | Где отмечался (выше - ▲ / ниже - ▼ гидрологического поста) | Продолжительность, дни |
|---------|----------------------------|--|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1966 г. | с. Кушум | ▲ | 3 |
| 1967 г. | с. Кушум | ▲ | 5 |
| 1969 г. | с. Кушум | ▼ | 3 |
| 1970 г. | с. Кушум пос. Махамбет | ▲▼ ▲ | 1+2 1 |
| 1971 г. | с. Кушум | ▲ | 3 |
| 1972 г. | с. Кушум | ▲ | 3 |
| 1973 г. | г. Уральск с. Кушум | ▼ ▼ | 1 1 |
| 1974 г. | с. Кушум | ▲ | 1 |
| 1975 г. | с. Кушум | ▼ | 2 |
| 1979 г. | с. Кушум | ▼ | 2 |
| 1981 г. | с. Кушум | ▼ | 2 |
| 1982 г. | с. Кушум | ▼ | 2 |
| 1985 г. | г. Уральск с. Кушум | ▼ ▼ | 1 3 |
| 1987 г. | с. Кушум | ▲ | 2 |
| 1993 г. | с. Кушум | ▼ | 1 |
| 1994 г. | пос. Январцево | ▲ | 1 |
| 1995 г. | пос. Январцево с. Кушум | ▲ ▼ | 2 2 |
| 1999 г. | с. Кушум | ▼ | 6 |
| 2001 г. | с. Кушум | ▲ | 2 |
| 2002 г. | с. Кушум | ▲ | 1 |
| 2004 г. | пос. Январцево | ▼ | 2 |
| 2009 г. | пос. Январцево | ▼ | 1 |
| 2011 г. | пос. Январцево с. Кушум | ▼ ▼ | 1 1 |
| 2013г. | с. Кушум | ▲ | 2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|---|------------------|------------------|
| 2014 г. | с. Кушум с. Жанаталап пр. Яик – с. Еркенкала | ▲ ▼ ▼ | 1 4 4 |
| 2015 г. | пос. Январцево с. Кушум | ▲ ▲ | 4 1 |
| 2016 г. | пос. Январцево с. Кушум | ▲ ▼ | 2 3 |
| 2017 г. | пос. Январцево г. Уральск с. Кушум | ▲ ▼ ▼ | 2 3 2 |
| 2018 г. | пос. Январцево г. Уральск с. Кушум пос. Махамбет | ▼ ▼ ▼ ▼ | 2 1 1 6 |

Составление таких каталогов является очень важной и неотъемлемой задачей (Агафонова, Банщикова, Магрицкий, 2021) по причине того, что река Жайык (Урал) является крупнейшей ре-

кой региона и вследствие заторных явлений могут быть подтопления близлежащих территорий. В таблице 5 обобщены заторные явления за различные периоды.

Таблица 5 – Количество случаев заторных явлений на р. Жайык (Урал) за период с 1937 по 2020 гг.

| Период | Количество случаев (Гидрологические посты, на которых отмечались заторы) |
|---------------|---|
| 1937-1957 гг. | 0 |
| 1958-1990 гг. | 17 (г. Уральск, с. Кушум, пос. Махамбет) |
| 1991-2020 гг. | 26 (пос. Январцево, г. Уральск, с. Кушум, пос. Махамбет) |

Из таблицы 5 видно, что количество заторов на р. Жайык резко увеличилось. Можно предположить, что это связано в первую очередь с изменением климата и более растянутыми весенними процессами,

препятствующими быстрому очищению реки ото льда.

На рисунке 3 дано фото затора льда на реке Жайык (Урал) в створе г. Оренбург, предоставленное специалистами ФБГУ «Приволжское УГМС».

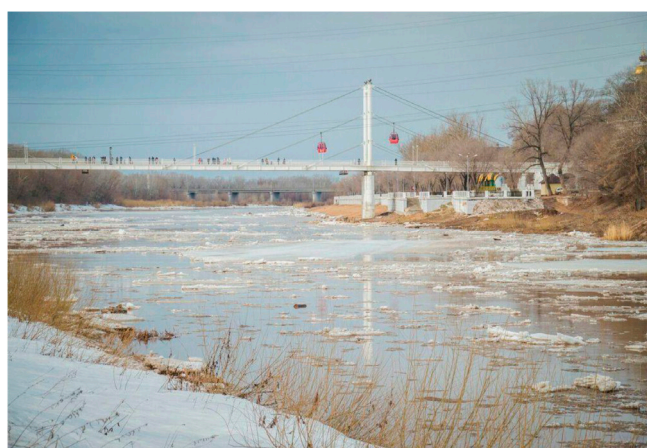


Рисунок 3 – Затор льда на р. Жайык (Урал)

Выводы

На основе полученных результатов были сделаны соответствующие выводы. Так, проведенные исследования показали, что на фоне потепления климата и увеличения частоты стихийных явлений наблюдается тенденция более раннего вскрытия реки Жайык (Урал), прохождения ледохода и увеличение продолжительности весенних ледовых процессов.

Кроме того, подводя итоги научных исследований ледовых процессов на реке Жайык (Урал), следует отметить:

- в настоящее время разрушение ледяного покрова в среднем происходит во второй – третьей декаде марта;
- в настоящее время очищение реки ото льда в среднем происходит во второй половине марта, начале апреля;
- средняя продолжительность весенних ледовых процессов увеличилась с 4-6 до 10 дней;
- изменение характеристик ледового режима во время вскрытия в последние десятилетия выражается в смещении сроков в сторону более ранних дат. Наиболее часто сроки смещаются в южной части р. Жайык (18 дней);
- количество заторов на р. Жайык резко увеличилось по сравнению с предыдущими периодами.

Литература

- Абдрахимов Р.Г. Зимний режим рек: Учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 76 с.
- Агафонова С.А., Фролова Н.Л., Василенко А.Н., Широкова В.А. Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках Арктической зоны Европейской территории России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016. – №6. – С. 41-49.
- Агафонова С.А., Банщикова Л.С., Магрицкий Д.В. Ледотермический режим рек трансграничного бассейна Урала и последствия его изменения // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Сочи, 20-25 сентября 2021 г, место издания ЛИК Новочеркасск, с. 8-12.
- Балабанова З.М. Ириклинское водохранилище на р. Урал // Вопросы водного хозяйства и гидрологии Урал. – Свердловск, 1961. – Выпуск 1. – С. 33-51.
- Водные ресурсы и водное хозяйство Урала // под ред. А.М. Черняева. – Свердловск: Изд-во Средне-Урал, 1977. – 177 с.
- Гальперин Р.И., Абдрахимов Р.Г. Некоторые особенности ледового и уровенного режима нижнего течения реки Урал, как аналога канала переброски стока сибирских рек. Сборник научных трудов «Союзводпроект». – М., 1984. – С. 27-40.
- Голубцов В.В., Линейцева А.В. О поступлении стока в Республику Казахстан по реке Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2010. – №1. – С. 84-88.
- Данченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 247 с.
- Ефремова Т.В., Пальшин Н.И. Сроки ледовых явлений на водоемах северо-запада России // Метеорология и гидрология. – 2011. – №8. – С. 89-98.
- Ежегодники по стихийным гидрометеорологическим явлениям, наблюдавшимся на территории Казахстана // Издания с 1990 по 2018 годы. РГП «Казгидромет», г. Алматы.
- Ивкина Н.И. Изменение притока воды в Каспийское море в результате антропогенного воздействия и изменения климата на примере р. Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №3. – С. 50-55.
- Ивкина Н.И., Галаева А.В., Саиров С.Б., Долгих С.А., Смирнова Е.Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. С учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2020. – №3. – С. 52-69.
- Кисебаев Д.К. Изменение стока реки Жайык в условиях антропогенного воздействия и изменения климата // Вопросы географии и геоэкологии. – 2020. – №2. – С.40-45
- Кисебаев Д.К., Бейсенбаева С.Ж. Особенности ледообразования на р. Жайык // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №1
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. – Т. 12, Вып. II. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 512 с.
- Рымша В.А. Ледовые исследования на реках и водохранилищах. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – 190 с.
- Седьмое Национальное сообщение Республики Казахстан в Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2016.
- Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Завадский А.С., Крыленко И.Н. Оценка опасности гидрологических явлений на региональном и локальном уровнях // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, № 3. – 2014. – С. 58-74.
- Фролова Н.Л., Агафонова С.А. Многолетние изменения ледового режима рек России // в сборнике Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.И. Алексеевского, место издания ГЕОС М., 2012. – С. 430-440.
- Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Рулева С.Н., Сурков В.В., Жук В.А., Широкова В.А. Особенности ледового режима и процессов заторообразования на р. Томь // Сборнике «Ледовые и термические процессы на водных объектах России»: труды III всероссийской конференции, место издания ИВП РАН Москва. – 2011. – С. 269-276.
- Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. – Екатеринбург: Изд-во «СВ-96», 2008. – 310 с.
- Yundi Jiang, Wenjie Dong, Song Yang, Jun Ma. Long-Term Changes in Ice Phenology of the Yellow River in the Past Decades Journal of Climate, 2008 – P. 4879-4886 - DOI: 10.1175/2008JCLI1872.1

Hotaek Park, Yasuhiro Yochikawa,¹ Kazuhiro Oshima, Youngwook Kim, Thanh Ngo-Duk, Jonh S. Kimball, Daging Quantification of Warming Climate-Induced Changes in Terrestrial Arctic River Ice Thickness and Phenology *Journal of Climate*, 2016 – P. 1733-1754 - DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0569.1

T.D. Prowse, B.R. Bonsal, C.R. Duguay, M.P. Lacroix River-ice break-up/freeze-up: a review of climatic drivers, historical trends and future predictions *Annals of Glaciology*, 2007 – P. 443-451.

John J. Magnuson,^{1*} Dale M. Robertson,² Barbara J. Benson,¹ Randolph H. Wynne,³ David M. Livingstone,⁴ Tadashi Arai,⁵ Raymond A. Assel,⁶ Roger G. Barry,⁷ Virginia Card,⁸ Esko Kuusisto,⁹ Nick G. Granin,¹⁰ Terry D. Prowse,¹¹ Kenton M. Stewart,¹² Valery S. Vuglinski ¹³ Historical Trends in Lake and River Ice Cover in the Northern Hemisphere *Science*, 2000 - P. 1743-1946.

References

Abdrahimov R.G. Zimnij rezhim rek: Uchebnoe posobie [Winter regime of rivers: Tutorial]. – Almaty: Kazak universiteti, 2004. – 76 s.

Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirokova V.A. Ledovyy rezhim i opasnye gidrologicheskie javleniya na rekah Arkticheskoy zony Evropejskoj territorii Rossii [Ice regime and hazardous hydrological phenomena on the rivers of the Arctic zone of European Russia] // *Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografija*. – 2016. - №6. – S.41-49.

Agafonova S.A., Bانشhikova L.S., Magrickij D.V. Ledotermicheskiy rezhim rek transgranichnogo bassejna Urala i posledstviya ego izmeneniya [Ice-thermal regime of the rivers of the transboundary basin of the Ural and the consequences of its changes] // *Transgranichnye vodnye ob#ekty: ispol'zovanie, upravlenie, ohrana: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, g. Sochi, 20-25 sentjabrja 2021 g, mesto izdaniya LIK Novocherkassk, s. 8-12.*

Balabanova Z.M. Iriklienskoe vodohranilice na r. Ural [Iriklin reservoir on the Ural River] // *Voprosy vodnogo hozjajstva i gidrologii Ural*. – Sverdlovsk. – 1961. – Vypusk 1. – S.33-51.

Vodnye resursy i vodnoe hozjajstvo Urala [Water resources and water management of the Ural] // pod redakuiej A.M. Chernjaeva. – Sverdlovsk: - Izd-vo Sredne-Ural. – 1977. – 177 s.

Gal'perin R.I., Abdrahimov R.G. Nekotorye osobennosti ledovogo i urovnjonno go rezhima nizhnego techeniya reki Ural, kak analoga kanala perebroski stoka sibirskih rek [Some features of the ice and level regime of the lower part of the Ural River, as an analogue of the channel for transferring the runoff of Siberian rivers]. *Sbornik nauchnyh trudov «Sojuzvodproekt»*. – Moskva. – 1984. – S.27-40.

Golubcov V.V., Linejceva A.V. O postuplenii stoka v Respubliku Kazahstan po reke Zhajyk (Ural) [About the inflow of runoff into the Republic of Kazakhstan on the Ural River] // *Gidrometeorologija i jekologija*. – 2010. - №1. – S.84-88.

Danchenko R.V. Ledovyy rezhim rek SSSR [Ice regime of the rivers of the USSR]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. – 247 s.

Efremova T.V., Pal'shin N.I. Sroki ledovyh javlenij na vodoemah severo-zapada Rossii [Dates of ice phenomena on the water bodies of the north-western Russia] // *Meteorologija i gidrologija*. – 2011. - №8. – S.89-98.

Ezhegodniki po stihijnym gidrometeorologicheskim javlenijam, nabljudavshimsja na territorii Kazahstana [Yearbooks on natural hydrological phenomena observed on the territory of Kazakhstan] // *Izdaniya s 1990 po 2018 gody. RGP «Kazgidromet», g. Almaty.*

Ivkina N.I. Izmenenie pritoka vody v Kaspijskoe more v rezul'tate antropogennogo vozdejstvija i izmeneniya klimata na primere r. Zhajyk (Ural) [Changes in the inflow of water into the Caspian Sea as result of anthropogenic impact and climate change on the example of the river Zhajyk] // *Gidrometeorologija i jekologija*. – 2016. - №3. – S.50-55.

Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgih S.A., Smirnova E.Ju. Ocenka godovogo stoka reki Zhajyk (Ural) v svore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. S uchedom izmeneniya klimata // *Gidrometeorologija i jekologija* [Assesment of the annual runoff of the Zhajyk River at the site near the Kushum station for the future up to 2050, taking into account climate change]. – 2020. - №3. – S.52-69.

Kisebaev D.K. Izmenenie stoka reki Zhajyk v uslovijah antropogennogo vozdejstvija i izmeneniya klimata [Changes in the flow of the Zhajyk River under the conditions of anthropogenic impact and climate change] // *Voprosy geografii i geojekologii*. – 2020. - №2. – S.40-45

Kisebaev D.K., Bejsenbaeva S.Zh. Osobennosti ledoobrazovaniya na r. Zhajyk [Features of ice formation on the Zhajyk River] // *Gidrometeorologija i jekologija*. – 2021. -№1

Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan, - T.12, Vyp. II. Uralo-Jembinskiy rajon [Resources of surface waters of the USSR. Lower Volga region and Western Kazakhstan, - Vol.12. Issue 2. Ural-Emba district]. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 512 s.

Rymsha V.A. Ledovye issledovaniya na rekah i vodohranilishhah [Ice research on rivers and reservoirs]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1959. -190 s.

Sed'moe Nacional'noe soobshhenie Respubliki Kazahstan Ramochnoj konvencii OON ob izmenenii klimata [Seventh National report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change]. – Astana, - 2016.

Frolova N.L., Agafonova S.A., Zavadskij A.S., Krylenko I.N. Ocenka opasnosti gidrologicheskikh javlenij na regional'nom i lokal'nom urovnjah [Assessment of dangerous hydrological phenomena at the regional and local levels] // *Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie, № 3*. – 2014. – S.58-74.

Frolova N.L., Agafonova S.A. Mnogoletnie izmeneniya ledovogo rezhima rek Rossii [Long-term changes in the ice regime of Russian rivers] // v sbornike *Zakonomernosti gidrologicheskikh processov. Pod red. N.I.Alekseevskogo, mesto izdaniya GEOS Moskva*. – 2012. - S.430-440.

Frolova N.L., Agafonova S.A., Ruleva S.N., Surkov V.V., Zhuk V.A., Shirokova V.A. Osobennosti ledovogo rezhima i processov zatoroobrazovaniya na r.Tom' [Features of the ice regime and processes of ice jam formation on the Tom river] // v sbornike *Ledovye i termicheskie processy na vodnyh ob#ektah Rossii: trudy III vsrossijskoj konferencii, mesto izdaniya IVP RAN Moskva*. – 2011. – S.269-276.

Chibilev A.A. Bassejn Urala: istorija, geografija, jekologija [Ural River basin: history, geography, ecology]. – Ekaterenburg: Izd-vo «SV-96», 2008. – 310 s.

Yundi Jiang, Wenjie Dong, Song Yang, Jun Ma. Long-Term Changes in Ice Phenology of the Yellow River in the Past Decades *Journal of Climate*, 2008 – P. 4879-4886 - DOI: 10.1175/2008JCLI1872.1

Hotaek Park, Yasuhiro Yochikawa,¹ Kazuhiro Oshima, Youngwook Kim, Thanh Ngo-Duk, Jonh S. Kimball, Daging Quantification of Warming Climate-Induced Changes in Terrestrial Arctic River Ice Thickness and Phenology *Journal of Climate*, 2016 – P. 1733-1754 - DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0569.1

T.D. Prowse, B.R. Bonsal, C.R. Duguay, M.P. Lacroix River-ice break-up/freeze-up: a review of climatic drivers, historical trends and future predictions *Annals of Glaciology*, 2007 – P. 443-451.

John J. Magnuson,^{1*} Dale M. Robertson,² Barbara J. Benson,¹ Randolph H. Wynne,³ David M. Livingstone,⁴ Tadashi Arai,⁵ Raymond A. Assel,⁶ Roger G. Barry,⁷ Virginia Card,⁸ Esko Kuusisto,⁹ Nick G. Granin,¹⁰ Terry D. Prowse,¹¹ Kenton M. Stewart,¹² Valery S. Vuglinski ¹³ Historical Trends in Lake and River Ice Cover in the Northern Hemisphere *Science*, 2000 - P. 1743-1946.

3-бөлім
ГЕОЭКОЛОГИЯ

Section 3
GEOECOLOGY

Раздел 3
ГЕОЭКОЛОГИЯ

Э.М. Тұрыспекова* , Д.Ж. Жанабаев ,
Н.Е. Рамазанова , К.М. Джаналеева , М.А. Аралбекова 

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

*e-mail: elvira.turyspekova@mail.ru

АНТРОПОГЕНДІК ГЕОЖҮЙЕЛЕРДІ ҚАЛЫПТАСТЫРУШЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ БІРІ РЕТІНДЕ ҰЛАН ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ТОПЫРАҚ ШАЙЫЛУЫН БАҒАЛАУ

Топырақтың шайылуы – жер ресурстарына, сонымен қатар халық шаруашылығына зиянды әсерін тигізетін қарқынды және кең таралған геоморфологиялық үрдістердің бірі. Табиғатты пайдалану, қорғау және қайта қалпына келтіру жер ресурстарын топырақтың шайылуынан қорғаудың маңызды бөлігі. Қазіргі уақытта эрозиялық үрдістермен күрес ауыл шаруашылығы саласының өзекті мәселелеріне айналып отыр. Аталған мәселелер зерттеу нысаны болып отырған Шығыс Қазақстан облысындағы Ұлан өзені алабына тікелей қатысты. Өзен арналары мен топырақты сақтау үшін эрозияға бейімді аймақты бағалау мен картаға түсіру өте маңызды.

Өзен алабындағы топырақ эрозиясын анықтау үшін әмбебап RUSLE формуласы қолданылды. Формула ГАЗ арқылы біріктірілген әр түрлі көрсеткіштерді қамтиды. Зерттеудің нәтижесінде ArcGIS бағдарламасының негізінде Ұлан өзені алабының карта-сызбалар (өзен алабы территориясының, топырақ түрлері және топырақтың механикалық құрамының, өзен арнасы еңістігінің, өсімдік түрлері мен жерді пайдаланудың) жиынтығы дайындалып, мәліметтерді талдаудың нәтижесінде алаптың топырақ шайылу көрсеткіштері жылына 0,1-ден 7,81 т/га дейінгі екендігі анықталды. Карта-сызбалардың негізі ретінде 2020 жылғы SRTM ғарыштық суреттері қолданылды.

Алынған нәтижелер Жер ресурстарын тұрақты басқару мақсатында белгілі бір жер телімдерінде топырақты сақтау мен жақсарту жоспарларын әзірлеуге негіз ретінде қолданылуы мүмкін. Ал топырақтың шайылу көрсеткішін өзгертуге бағытталған зерттеулер мен талдаулар антропогендік геожүйелердің қалыптасу факторларын анықтауға және зерттеуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: топырақ, өзен алабы, су эрозиясы, геоақпараттық жүйе, модель.

E.M. Turyspekova*, D.Zh. Zhanabaev, N.E. Ramazanova,
K.M. Dzhanalееva, M.A. Aralbekova

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Nur-Sultan

*e-mail: elvira.turyspekova@mail.ru

Assessment of soil flushing in the Ulan River basin as one of the factors of the formation of anthropogenic geosystems

Soil flushing is one of the intensive and widespread geomorphological processes that negatively affect land resources and the national economy as a whole. The use, protection and restoration of the natural environment are the most important measures aimed at preventing the flushing of soils from land resources.

Currently, the fight against factors causing soil erosion is an urgent problem in the field of agriculture. These problems are directly related to the studied territory of the Ulan River basin in the East Kazakhstan region. To preserve the river flow and soil fertility, an important role is played by the assessment and mapping of territories subject to erosion processes.

To determine the degree of soil erosion in the river basin, the universal formula RUSLE is used. The formula provides coverage of various parameters calculated using GIS. As a result of the conducted research, the ArcGIS program has developed maps-schemes of the Ulan River basin (the territory of the river basin, soil types and mechanical composition of soils, the slope of the riverbed, plant species and land use), and also determined the indicator of soil flushing of the basin territory, which ranges annually from 0.1 to 7.81 t/ha. The constructed schematic maps are based on satellite images of 2020 SRTM.

The results obtained can be used as a basis for the development of measures to preserve and improve soil fertility of a certain land plot within the framework of continuous monitoring and management of land resources. And further studies and analyses aimed at changing the indicator of soil flushing will allow to identify and study the factors of the formation of anthropogenic geosystems.

Key words: soil, river basin, water erosion, geoinformation system, model.

Э.М. Тұрыспекова*, Д.Ж. Жанобаев, Н.Е. Рамазанова,
К.М. Джаналеева, М.А. Аралбекова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан
*e-mail: elvira.turyspekova@mail.ru

Оценка смыва почв бассейна реки Улан как один из факторов формирования антропогенных геосистем

Смыв почвы – один из интенсивных и широко распространённых геоморфологических процессов, негативно влияющих на земельные ресурсы и народное хозяйство в целом. Использование, охрана и восстановление природной среды являются важнейшими мероприятиями, направленными на предотвращение смыва почв из земельных ресурсов.

В настоящее время борьба с факторами, вызывающими эрозию почв, является актуальной проблемой в сфере сельского хозяйства. Перечисленные проблемы напрямую связаны с исследуемой территорией бассейна реки Улан в Восточно-Казахстанской области. Для сохранения речного потока и плодородности почвы большую роль играет оценка и картирование территорий, подверженных эрозионным процессам.

Для определения степени эрозии почв в бассейне реки используется универсальная формула RUSLE. Формула предусматривает охват различных параметров, вычисляемых с использованием ГИС. В результате проведенных исследований в программе ArcGIS разработаны карты-схемы бассейна реки Улан (территория бассейна реки, типы почв и механического состава почв, уклона русла реки, видов растений и землепользования), а также определен показатель смыва почв территории бассейна, который составляет ежегодно от 0,1 до 7,81 т/га. За основу построенных схематических карт взяты космические снимки 2020 года SRTM.

Полученные результаты могут быть использованы как основа для разработки мероприятий по сохранению и улучшению плодородности почв определенного земельного участка в рамках постоянного мониторинга и управления земельными ресурсами. А дальнейшие исследования и анализы, направленные на изменение показателей смыва почв, позволят выявить и изучить факторы формирования антропогенных геосистем.

Ключевые слова: почва, бассейн реки, водная эрозия, геоинформационная система, модель.

Кіріспе

Топырақ – дүниежүзілік азық-түлік өндірісінде маңызды рөл атқаратын сарқылмайтын табиғи ресурс. Топырақтың маңыздылығы көміртегі циклінде, яғни суды сақтау мен филтрлеуде, су тасқыны мен құрғақшылық кезеңдерінде байқалады. Бірақ, адам әрекетінің қарқынды әсерінің нәтижесінде топырақ өзінің маңызды функцияларын орындауды тоқтатуда. Бүгінгі таңда жаһандық топырақ ресурстарының шамамен 33%-ы эрозияға ұшыраған (Монтгомери, 2015:6). Топырақ жамылғысының сапасын жақсарту үшін ауылшаруашылығының дамуы, жерді басқару, топырақ жамылғысының жайкүйін жергілікті және аймақтық бақылауды жетілдіру талап етіледі. Эрозиялық зерттеулердің ең маңызды міндеттерінің бірі – топырақ шайылуының қауіп-қатерін бағалау (Ларионов, 1993:200).

Қазақстан Республикасында эрозия үрдісін зерттеу жергілікті сипатта дамып келеді. Қазақстан Республикасының көптеген территориялары жеткілікті зерттелмеген. Солтүстік Қазақстанның эрозиялық үрдісін зерттеумен айналысқан ғалым М.Е. Белгібаевтың «Қазақстандағы топырақ эрозиясы және онымен күрес», «Сол-

түстік және Орталық Қазақстанның топырақ дефляциясының экологиялық-географиялық жағдайлары» монографиялары эрозиялық үрдістерді зерттеу бойынша негізгілер болып саналады. (Белгібаев, 1970: 254; Белгібаев, Зонов, Паракшина, 1982: 224).

Эрозия үрдісін зерттеумен айналысқан Ресей Федерациясының ғалымдары мен зерттеушілерін де атап өтуге болады. Орыс зерттеушілерінің көрнекті өкілдерінің бірі – М.Н. Заславский. Ол топырақ мәселелерін зерттеп, топырақтану пәнінен эрозиятануды бөліп алуға бастамашы болған Кеңес топырақтанушысы. Сондай-ақ М.Н. Заславскийдің монографиялары мен оқу құралдары бүгінгі күнге дейін топырақтану сабақтарында негізгі әдебиет ретінде қолданылады (Заславский, 1983: 320).

Қазіргі уақытта ресейлік ғалымдар топырақтың радиоактивті цезий деңгейін бағалау арқылы топырақтағы органикалық заттардың құрамын төмендетіп эрозия жылдамдығын өлшеу әдісін қолдануда (Мирицулава, 1967: 179; Маккавеев, 1955: 348; Мирицулава, 1970: 239; Добровольский, 2002: 654; Воронин, Кузнецов, 1992: 95).

Қазақстанда су эрозиясы мәселелерімен әртүрлі жылдары К.Б. Бабаев (1970), Т.А. Тегисов

(1975), А.И. Иорганский және К.Б. Балғабеков (1979) айналысқан. Бұл ғалымдардың жұмыстары тау етегі аймағының табиғи жағдайларына арналған, осыған ұқсас жұмыстар, яғни су эрозиясы бойынша зерттеулер және оған қарсы іс-шараларды жүзеге асыруда ұсыныстар әзірлеу бұрын жүргізілгенімен толық көлемде болмады. А.И. Иорганский мен К.Б. Балғабековтің деректерінде (1979) топырақ шайылуының жоғарылауы әсерінен егістіктегі қарашірік қабаты азайып, дақылдардың өнімділігі төмендейтіндігі айтылған. Топырақтың құнарлы қабатының азаюы ауыл шаруашылық жерлерінен өсімдік түрлерін азайтып, дренаждық желілерге зиян келтіріп, жер үсті суларының сапасының төмендеуіне әкелуі мүмкін (Prasad, 2014).

Сондай-ақ Батыс Қазақстандағы кіші өзендер алабындағы топырақтың шайылу үрдісін үлгілеумен Н.Е. Рамазанова, Б.А. Чашина айналысуда (Darbayeva, Ramazanova, 2020: 396-404).

М.С. Кузнецовтың, В.В. Демидовтың (2002), А.С. Керженцев, Р. Майснердің (2006) және т.б. ғалымдардың ғылыми еңбектерін талдай отырып, қазіргі жағдайда тиімді және экологиялық қауіпсіз жер пайдалануды қамтамасыз ету үшін ең алдымен, арнайы математикалық модельдерді пайдалана отырып топырақтың шайылуын бағалауды жедел әрі нақты болжау қажеттілігі туындайтындығын көрсетіп отыр.

Зерттеу нысаны болып Шығыс Қазақстан облысындағы кіші өзендер алабына жататын Ұлан өзені алабы алынды.

Ұлан өзені – Ертістің сол жақ саласы. Нарым жотасының батыс бөлігінен бастау алады, ұзындығы шамамен 40 км. Ұлан өзені таулы өзен болғандықтан ағыс жылдамдығы айтарлықтай жылдам. Қоректену көзі – қар жамылғысы мен жауын-шашын. Адам әрекетінің белсенділігіне байланысты, яғни ауыл шаруашылық алқаптарын өңдеу, жырту, өнімді жинаудан жаз айларының аяғында судың тұздануы жоғарылайды. Тальвегтің еңістігі 20°, су шығыны шамамен 1 м³/сек тең. Өзен шатқалдан шыққан кезде түптік шөгінділерде судың едәуір бөлігі қалып қояды.

Ұлан өзені алабының аумағы Қалба тауының бөктерінде орналасқандықтан алаптың жер бедері таулы болып келеді. Тауалды дала зонасы қоңыржай ылғалды және жылы, ал оңтүстік бөлігінде қоңыржай ыстық климатпен сипатталады. Ең суық айдың (қаңтар) орташа температурасы -14-18°C, ең жылы (шілде) +20-21°C.

Алаптың аумағы үш климаттық зонада жататынына қарамастан, ол құрғақ далалы табиғи-шаруашылық аймақта орналасқан.

Бұл жұмыста RUSLE формуласы мен ГАЗ негізінде Ұлан өзені алабындағы топырақтың шайылуының зерттеу нәтижелері алғашқы рет орындалып көрсетілді. Зерттеу жұмысы Америка Құрама Штаттарында 1930 жылдардан бастап АҚШ Ауыл шаруашылығы министрлігінің топырақ эрозиясы қызметінің топырақ эрозиясы туралы мәліметтер негізінде жасалған USLE әмбебап теңдеуін қолдана отырып Ұлан өзені алабындағы топырақ эрозиясына ұшыраған жерлерді бағалауға бағытталған (United States Department of Agriculture, USDA) (Wischmeier; Smith, 1978: 282).

Модель ондаған жылдар бойы Америка Құрама Штаттарында және бүкіл әлемде табиғатты қорғауды жоспарлау мақсатында қолданылып, көптеген жобаларды жүзеге асыруда пайдаланылған (Wischmeier W.H. 1978: 65).

Алынған нәтижелер Жер ресурстарын тұрақты басқару мақсатында белгілі бір жер телімдерінде топырақты сақтау мен жақсарту жоспарларын әзірлеуге негіз ретінде қолдануға болады. Ал топырақтың шайылу көрсеткішін өзгертуге бағытталған зерттеулер мен талдаулар антропогендік геожүйелердің қалыптасу факторларын анықтауға және зерттеуге мүмкіндік береді.

Зерттеудің ғылыми методологиясы мен материалдары

Зерттеу материалдары ретінде ГАЗ-технологиясы мен компьютерлік әдістердің көмегімен өзен алабын құру үшін ғарыштық суреттер, Ұлан өзені алабының жауын-шашын карта-сызбасын жасауда Шығыс Қазақстан облысындағы Өскемен, Айыртау, Бозанбай метеостанциялары бойынша 2021 жылдың бір жылдық жауын-шашын мөлшерінің статистикалық деректері; өзен алабының топырақ түрлерін және механикалық құрамын анықтау үшін топырақ жамылғысы бойынша 1980-2016 жылдардағы картографиялық материалдар; жер бедері мен еңістігі бойынша деректер пайдаланылды.

Ғарыштық суреттерді дешифрлеу әдістері қолданылды. Алаптық аумақтарды бірнеше кезеңнен тұратын геоакпараттық картографиялау үрдістері жүзеге асырылды, яғни деректерді бастапқы өңдеу, картографиялық материалдар мен ғарыштық суреттерді талдау, геодеректер қорының бірыңғай базасын қалыптастыру, сондай-ақ жер бедерінің сандық үлгісі (ЖСҮ)

негізінде тереңдетілген морфометриялық талдауды қамтитын әдістеме бойынша жүргізілді.

Бұл жұмыстың әдіснамалық негізі ҚР Жер кодексі, сондай-ақ жерге орналастыру саласындағы ғылыми зерттеу институт ғалымдарының ұсыныстары, су эрозиясын модельдеу әдістері болып табылды (Қазақстан Республикасының 2003 жылғы 20 маусымдағы № 442 Жер Кодексі, Кержецев, Майснер, 2006: 224).

Ұлан өзені алабындағы топырақ шайылу теңдеуіне (RUSLE) негізделген эрозиялық үрдістерді зерттеу барысында жауын-шашын коэффициентін R есептеу үшін ArcGIS 10.5.1 бағдарламасында интерполяция әдісі және R факторын есептеудің балама формуласы ($R=0,548257; P=59,9$) қолданылды; мұндағы P – жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері. Excel, ArcGIS 10.5.1 бағдарламаларының көмегімен топырақтың шайылуы есептелді. Топырақтың эрозиялық көрсеткіштері Spatial Analyst құралдар жинағындағы табиғи аймақ әдісі арқылы кестелер мен интерполяцияны біріктіру негізінде ArcGIS 10.5.1 бағдарламалық жасақтамасында экологиялық алаңдардың қабаттарына экспортталды.

Ұлан өзені алабының табиғи жағдайларын талдауда геоморфологиялық формаларды тал-

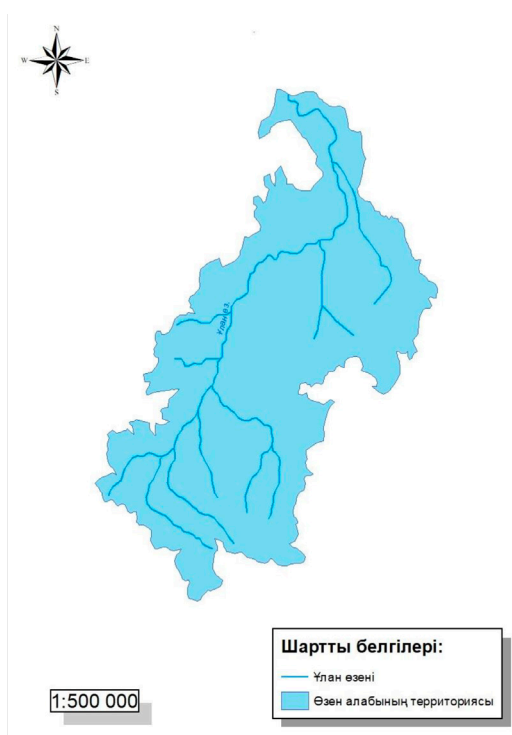
дау мен горизонтальдардың орналасуы негізінде топографиялық-картографиялық әдістер, математикалық және графоаналитикалық, сондай-ақ топырақтың шайылуын бағалау әдістері қолданылды.

Нәтижелер мен талқылаулар

ArcGIS 10.5.1 бағдарламасында Ұлан өзені алабын құру үшін жердің сандық үлгісінің ғарыштық түсірілімдері қолданылды. Өзен алабының шекарасын анықтауда EarthExplorer (usgs.gov) сайтынан жүктелген 2020 жылғы SRTM ғарыштық түсірілімдері негіз болды.

Ұлан өзені алабы үшін жоғарыда аталған сайттан $49^{\circ}46'$ с.е. және $82^{\circ}23'$ ш.б. координаттары аралығында екі ғарыштық түсірілім жүктелініп, ArcGIS 10.5.1 бағдарламасында Spatial Analyst пакетінің ArcToolbox құралдар жиынтығын, атап айтқанда Hydrology функцияларын қолдана отырып өңдеу жүргізілді.

Өзен алабының шекарасын құру үшін белгілі алгоритмдер орындалды. ArcGIS 10.5.1 бағдарламасында барлық операцияларды жүргізгеннен кейін өзен желісі бар Ұлан өзені алабының территориясы белгіленіп алынды (1-сурет).



1-сурет – Ұлан өзені алабының территориясы

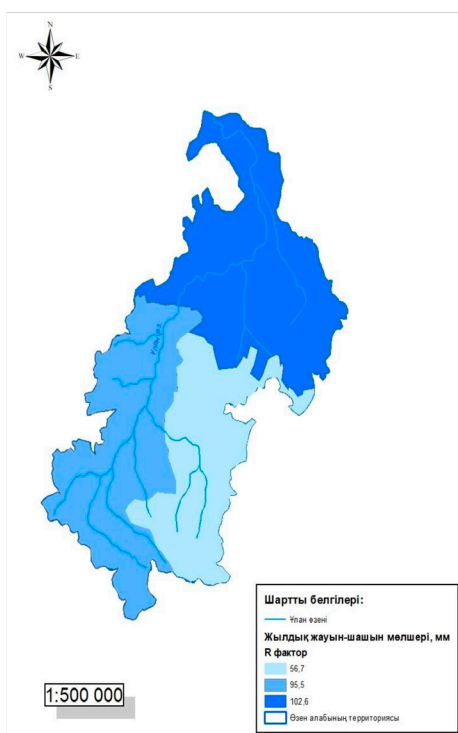
Ұлан өзені алабының жауын-шашын карта-сызбасын құру үшін Шығыс Қазақстан облысындағы Өскемен, Айыртау, Бозанбай метеостанцияларының ай сайынғы жауын-шашын мөлшерінің деректері мен жалпы жиынтығы алынып интерполяция әдісі арқылы жасалды. ArcGIS 10.5.1 бағдарламасындағы интерполяция операциясы жасалғаннан кейін Өскемен, Айыртау, Бозанбай метеостанциялары бойынша сызықтық шейпфайл алынып, нәтижесінде Ұлан өзені алабының жауын-шашын карта-сызбасы құрастырылды. Жауын-шашын коэффициентін есептеу USLE әмбебап теңдеуіндегі топырақ шайылуының маңызды көбейткіші болып табылады. Жауын-шашын коэффициенті R факторды анықтау үшін төмендегі формула қолданылды (1):

$$R=0.58 * P-59.8 \quad (1),$$

мұндағы, R – жауын-шашын коэффициенті, P – бір жылдағы жауын-шашын мөлшері.

Ұлан өзені алабындағы жауын-шашынның әрбір көрсеткіші (1) формула бойынша есептелініп, жерді пайдаланудың қорытынды шейпфайлының атрибуттық кестесінде «R» деп аталатын жаңа баған құрылып деректер жазылды.

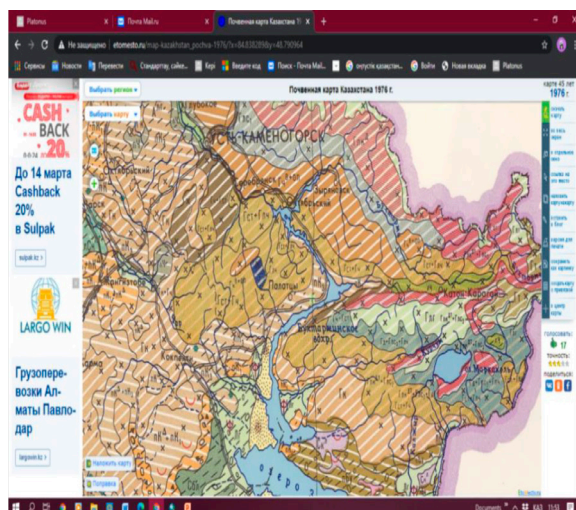
Алаптағы ең жоғарғы R фактор Ұлан өзенінің сағасында байқалады, R=102,6 (40,4%). Топырақтың механикалық құрамы бойынша ауыр және жеңіл сазды түрі сәйкес келетін жерді пайдаланудың түрі – бау-бақша мен жайылым. R=95,5 (37,4%) болғандағы топырақтың механикалық құрамы – жеңіл сазды, ауылшаруашылық алқаптарының түрі бойынша егістікке, ең төменгі R фактор көрсеткіші – 56,7 (22,2%) тең, мұнда топырақтың механикалық құрамы ауыр сазды және саздақты, жерді пайдалану түрінің жайылымдарға сәйкес келді (2-сурет).



2-сурет – Ұлан өзені алабының жауын-шашын карта-сызбасы

K – топырақ шайылу коэффициенті – бұл кездейсоқ таңдалған көлбеу ұзындығы 22,13 м (72,6 фут) мен биіктігі 9% болатын белгілі бір топырақ үшін тонна/гектар (тонна/акр) топырақтың орташа жоғалуы (Bikram Prasad, 2014).

Топырақ типтерін анықтау үшін Қазақстанның топырақ картасы алынып, салыстыру және цифрлау негізінде Ұлан өзені алабының топырақ жамылғысының карта-сызбасы құрастырылды (3-сурет).



3-сурет – ArcGIS бағдарламасының ArcMap қосымшасындағы ҚР топырақ жамылғысының растрлық бейнесі

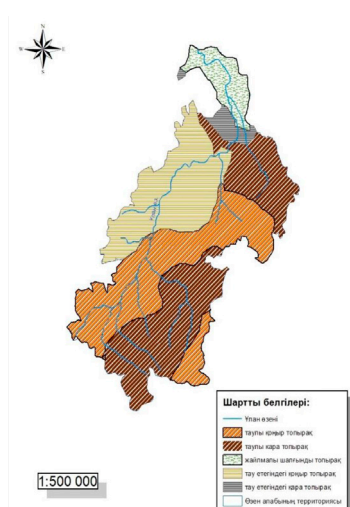
Ұлан өзені алабының территориясында топырақтың 5 типі анықталды: таулы қоңыр, таулы қара, жайылмалы шалғынды, тау етегіндегі қоңыр және тау етегіндегі қара топырақ. Сәйкесінше механикалық құрамы бойынша 5 түрі бар: жеңіл сазды, ауыр сазды, сазды, құмды саздақ және саздақты.

RUSLE формуласы бойынша K фактордың мәні Universal Soil Loss Equation (USLE) (gov.on.ca) сілтемесіндегі кестелік мәліметті пайдалана отырып анықталды. Топырақтың механикалық құрамы бойынша K-фактордың мәні төмендегідей көрсеткіштерге тең болды: жеңіл сазды – 0,56, ауыр сазды – 0,34, сазды – 0,47,

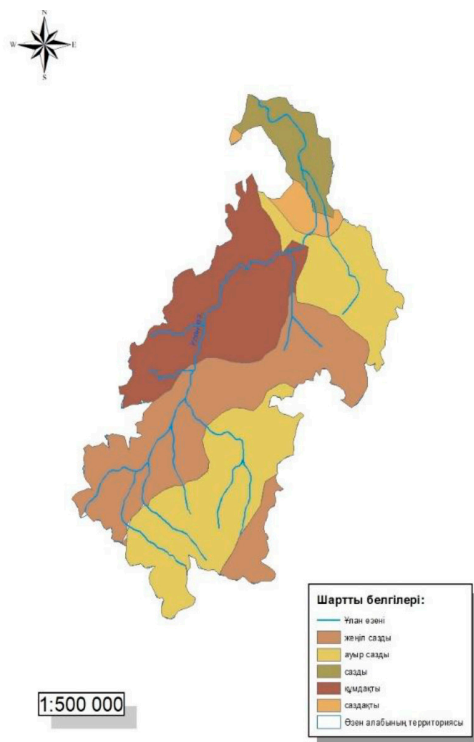
құмды саздақты – 0,45, саздақты – 0,58 (4, 5-сурет).

Зерттеліп отырған аймақтағы топырақтың механикалық құрамының карта-сызбасы ғарыштық суреттерді цифрлық өңдеу әдісі арқылы ArcGIS 10.5.1 бағдарламасы негізінде жасалды.

Зерттеудің нәтижесінде Ұлан өзені алабындағы топырақ эрозиясының коэффициентін есептеп, мынадай қорытынды жасалынды. K фактордың механикалық құрамы бойынша ең аз көрсеткіш – 0,34 ауыр сазды болса, өзен алабындағы жерді пайдалану түрі – бау-бақшаға сәйкес келді. Ал K фактордың механикалық құрамы бойынша ең жоғарғы көрсеткіш – 0,58 тең, яғни саздақты топырақтар. Жерді пайдалану түрі – егістік және жайылым.

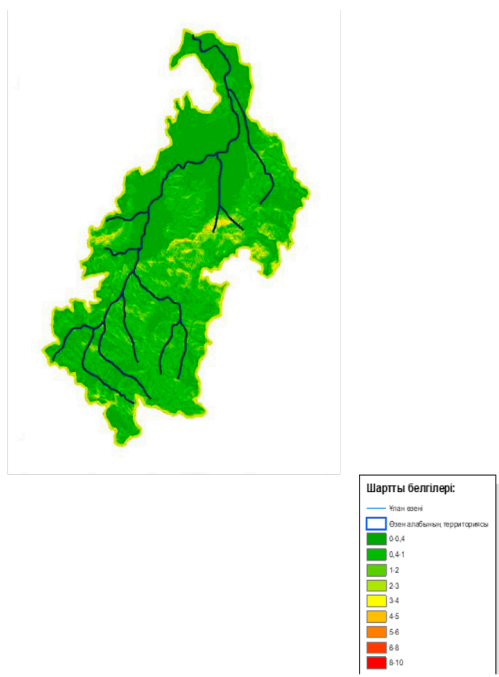


4-сурет – Ұлан өзені алабының топырақ типтерінің карта-сызбасы (авторлармен жасалған)



5-сурет – Ұлан өзені алабындағы топырақтың механикалық түрлерінің карта-сызбасы (авторлармен жасалған)

LS факторды анықтау үшін территорияның еңістігін білу маңызды. Ол үшін Slope құралы қолданылды. (Spatial Analyst Tools – Surface) (6-сурет).



6-сурет – Ұлан өзені алабының еңістігінің сызбасы, % (авторлармен жасалған)

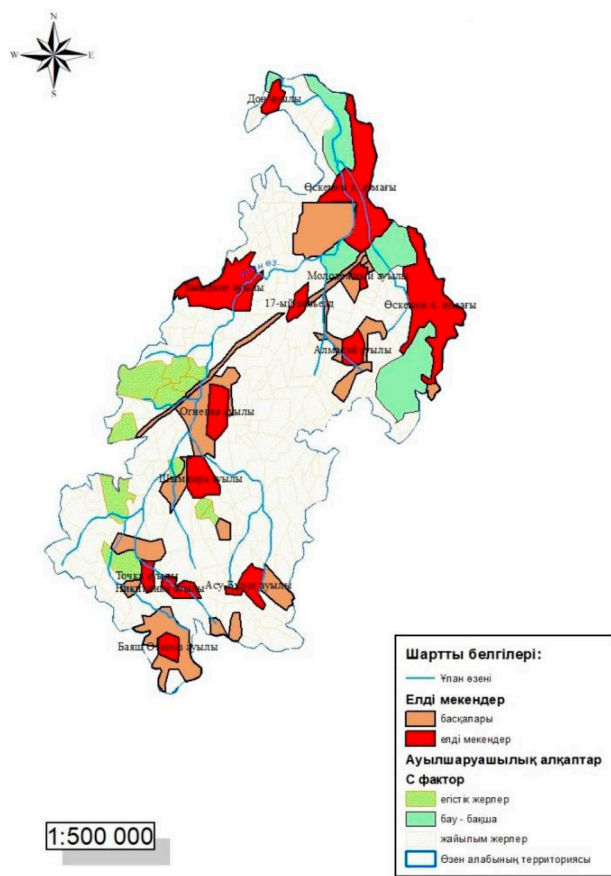
Карта-сызбада еңістіктің ең жоғары және төменгі көрсеткіштері белгіленіп жазылды. Алаптағы еңістік деңгейі 10 категорияға бөлінді.

Аумақтың еңістігі бойынша LS фактордың ең төменгі мәні 0 %-ға, ал ең жоғарғы мәні 10 %-ға тең болды. Жерді пайдаланудың қорытынды шейпфайлының атрибуттық кестесінде «LS» деп аталатын жаңа баған құрылып деректер жазылды.

C фактор – ауыл шаруашылық жерлерін пайдалану коэффициенті. Топырақ шайылу үрдісін анықтау барысында C факторының маңыздылығы оның жерді игеру дәрежесі мен ондағы өсетін өсімдік жамылғысына тәуелділігі бо-

лып табылады. Алап бойынша жердің игерілу дәрежесі жер бедерінің деградациясы әсерінен әр түрлі болып келеді. Зерттеу барысында Ұлан өзені алабының 1:500 000 масштабта ауыл шаруашылық жерлерін пайдалану карта-сызбасы құрастырылып, алаптағы ауыл шаруашылық жерлерінің бірнеше категориясы анықталды: жайылым, егістік, бау-бақша және елді-мекендер. Ұлан өзені алабындағы ауыл шаруашылық жерлерінің көп бөлігін жайылым жерлер алып жатыр, оның алаптағы саны – 274. Жайылымдар аумақтың 96%-ын қамтиды. Егістік жерлердің саны – 6 (2%), бау-бақша – 5 (2%) болды (7, 8-сурет).

| Жерді пайдалану түрлері | Саны |
|-------------------------|------------|
| Жайылым жерлер | 274 |
| Егістік жерлер | 6 |
| Бау-бақша | 5 |
| Барлығы | 285 |



7-сурет – Ұлан өзені алабының ауылшаруашылық алқаптарының карта-сызбасы (авторлармен жасалған)



8-сурет – Ұлан өзені алабының ауылшаруашылық алқаптарының үлесі

Алаптың бүкіл территориясы бойынша P – фактор, яғни ауылшаруашылық алқаптарын өңдеу әдісі – соқамен жырту (0,37) болды.

Топырақ шайылуының әмбебап тендеуі (USLE) келесі формуламен есептелінді:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (2)$$

мұндағы:

A – бір жылдағы тонна/гектарға көпжылдық топырақтың шайылуы;

R – жауын-шашын коэффициенті;

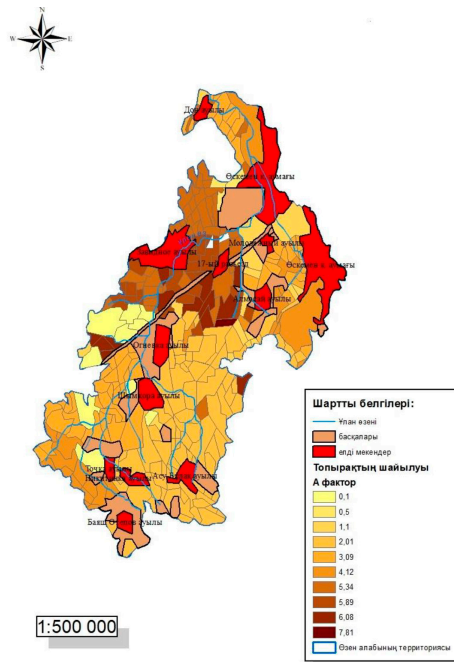
K – топырақтың шайылу коэффициенті;

L – ұзындық коэффициенті;

S – еңістік коэффициенті;

C – өсімдік түрлерінің коэффициенті;

P – эрозияға қарсы шаралардың коэффициенті.



9-сурет – Ұлан өзені алабының топырақ шайылуының (A фактор) карта-сызбасы (авторлармен жасалған)

Ұлан өзені алабындағы А фактордың (топырақтың шайылу көрсеткіші) вариациясы 0,1-ден 7,81 пайыздық арақатынаста екенін көрсетті. А фактордың ең төменгі көрсеткіші 0,1-ге тең, топырақтың механикалық құрамы бойынша құмдақты болса, жерді пайдаланудың түрі – жайылым жерлер. Ал А фактордың ең жоғарғы көрсеткіші – 7,81. Топырақтың механикалық құрамы жеңіл сазды, жерді пайдаланудың түрі бойынша жайылым жерлер мен егістікке сәйкес келді. Топырақ эрозиясының ең жоғарғы орташа жылдық көрсеткіші егістік жерлерде байқалады. Топырақ эрозиясын төмендету үшін басқа да мәдени дақылдардың түрін таңдау арқылы қол жеткізуге болады, мысалы, жайылым жерлер мен бау-бақша дақылдары (9-сурет).

Қорытынды және зерттеу нәтижелері

Су эрозиясымен күресуде шаруашылыққа тиісті жерді дұрыс пайдалана білудің маңызы зор. Әсіресе, бұл жер бедері күрделі болып келетін таулы жерлерде орналасқан шаруашылықтар үшін өте қажет. Су эрозиясына еңістігі биік жерлердегі танаптар өте бейім болады. Сондықтан мұндай жерлерге жиі қопсыта беруді қажет етпейтін дақылдар себу керек. Дөңес жерлердің топырағын су эрозиясынан қорғау шараларының ішінде жолақтарды кесу, контур бойынша жүргізілетін мелиорациялық жұмыстар (жолақтап ағаш отырғызу, көп жылдық шөптер егу) маңызды. Топырақты су эрозиясынан қорғауда агротехникалық шаралардың алатын орны зор. Ең бастысы, бұл шараларды орындау аса қиын емес, оларды кез келген шаруашылықтарда қолдануға мүмкіндік бар. Олардың ішіндегі ең бастысы жерді дұрыс өңдеу болып табылады. Топырақ эрозиясының алдын алу үшін қорғаныш орман алқаптары мен егістіктерді қорғайтын шыршалар отырғызу, жайылымдық жерлер мен құмды жерлерге ағаштар егу, топырақты қорғау үшін ауыспалы егіс жүйесін енгізу, топырақты аудармай өңдеу, тұқымды қатарлап себу, шатқалдарды сатыларға бөлу, су тоқтатын каналдар салу, т.б. шаралар жүргізілуі тиіс.

Мақаладағы аталған барлық факторлардың коэффициенттері RUSLE формуласы бойынша есептелді және Ұлан өзені алабындағы топырақ эрозиясының дәрежесі анықталды. ArcGIS 10.5.1 бағдарламасының атрибуттар кестесінде Wischmeier, Smith жасаған эмбебап формулада әр факторға арналған мәліметтер жазылып, нәтижесінде А факторының мәні есептеліп карта-сызба құрастырылды.

Ұлан өзені алабындағы эрозиялық әлеуетті жақсарту үшін мәдени дақыл түрлері С коэффициентін және эрозияға қарсы іс шаралар Р коэффициент көрсеткішін өзгерткен жағдайда қол жеткізуге болады. Мысалы, 232 полигондағы А фактордың мәні жылына 7,81 т/га тең, аталған аймақтың жері таулы болғандықтан, мұндай көрсеткіш $LS = 10$, $R = 56,7$ факторлардың мәніне байланысты болып отыр. Егер жерді пайдалану түрін егістіктен жайылымдарға, жерді соқамен өңдеу түрін жолақтарды кесу, контурға ауыстыратын болсақ, мынадай көрсеткішке ие боламыз:

$$A = 102.5 * 0.02 * 0.67 * 10 * 0.25 = 3.4 \text{ т/га/ жыл.}$$

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде жерді пайдалану түрі, өңдеу әдістері мен эрозияға қарсы іс-шаралар жиынтығы топырақ шайылу үрдісінде маңызды орын алатынын көруге болады.

Топырақтың шайылу көрсеткішіне әсер ететін кез келген фактордың өзгеруі сандық және сапалық өзгерістерге әкеледі. Мысалы, жерді пайдалану түрінің (С факторының) өзгеруі топырақтың шайылуын азайту не ұлғайтуға ғана емес, сонымен қатар болашақта жер бетінің геоморфологиялық сипаттамаларының өзгеруіне әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде осы территорияда жаңа антропогендік геожүйенің қалыптасуын тудырады.

Осы зерттеу GIS әдістері RUSLE көрсеткіштерінің кеңістіктік бөлінуін дәл анықтауға мүмкіндік беретіндігін көрсетті. Сонымен қатар, топырақ эрозиясын үлгілеу қарапайым және қолжетімді құрал екеніне көз жеткіздік.

Әдебиеттер

- Bikram Prasad, Jaiswal R.K., Tiwari H.L. "Assessment of environmentally stressed areas for soil conservation measures using usped model", International Journal of Engineering Research, 2014.
 Darbayeva, T., Ramazanova N., Chashina B., Wendt J.A., Atasoy E. Modeling soil erosion in the Chagan river basin of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools//Journal of Environmental Biology, 2020, 41(2). – С. 396-404.

- Wischmeier W. H. (1978) Predicting rainfall erosion losses//W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. – № 537. – 65 p.
- Белгібаев М.Е. (1970) Эрозия почв в Казахстане и борьба с ней. – Алма-Ата: Наука. – 254 с.
- Белгібаев М.Е., Зонов Г.В., Паракшина Э.М. (1982) Эколого-географические условия дефляции почв Северного и Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Наука. – 224 с.
- Воронин А.Д., Кузнецов М.С. (1970) Опыт оценки противоэрозийной стойкости почв // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 1. – М., – С. 99-115.
- Дэвид Р. Монтгомери – Почва эрозия цивилизации (2015) // Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. Субрегиональное отделение по Центральной Азии. – Анкара, 2015. – 385 с.
- Добровольский Г.В. (2002) Деградация и охрана почв: монография / под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, – 654 с.
- Заславский М.Н. (1983) Эрозиоведение: учебник для геогр. и почв. спец. вузов. – М.: Высшая школа, – 320 с.
- Керженцев А. С. [и др.] (2006) Моделирование эрозийных процессов на территории малого водосборного бассейна: монография / отв. ред. А.С., Керженцев, Р. Майснер // Рос. акад. наук, Ин-т фундам. пробл. биол. – М.: Наука. – 224 с.
- Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., Зорина Е.Ф. (1992) Физические основы эрозии почв. Моек. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М.: Изд-во МГУ, – 95 с.
- Ларионов Г.А. (1993) Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М.: Изд-во МГУ, – 200 с.
- Маккавеев Н.И. (1955) Русло реки и эрозия в ее бассейне; АН СССР, Ин-т геогр. – М.: АН СССР, – 348 с.
- Мирицхулава Ц.Е. (1970) Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, – 239 с.

References

- Belgibaev M.E. (1970) Eroziya pochv v Kazahstane i bor'ba s nei [Soil erosion in Kazakhstan and its control] – Alma-Ata: Nauka, - 254 s.
- Belgibaev M.E., Zonov G.V., Parakshina Je.M (1982) Ekologo-geograficheskie usloviya deflyacii pochv Severnogo i Central'nogo Kazahstana [Ecological and geographical conditions of soil deflation in Northern and Central Kazakhstan]. Alma – Ata: Nauka, 1982.–224 s.
- Bikram Prasad, Jaiswal R.K., Tiwari H.L. “Assessment of environmentally stressed areas for soil conservation measures using usped model”, International Journal of Engineering Research, 2014.
- Darbayaeva, T., Ramazanova N., Chashina B., Wendt J.A., Atasoy E. Modeling soil erosion in the Chagan river basin of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools//Journal of Environmental Biology, 2020, 41(2), стр. 396–404.
- Voronin A.D., Kuznecov M.S. (1970) Opyt ocenki protivoerozionnoj stojkosti pochv [Experience in assessing soil erosion resistance]// Eroziya pochv i ruslovyje processy. Vyp. 1. – М., – S. 99-115.
- Dobrovol'skij G.V., pod red. Dobrovol'skogo G.V. (2002) Degradaciya i ohrana pochv: monografiya [Soil degradation and protection: monograph]. – М. : Izd-vo MGU, – 654 s.
- Devid R. Montgomeri – Pochva eroziya sivilizacii [Soil erosion of civilization] //Prodoval'stvennaya b sel'skohozyastvennaya organizasiya obedinennyh nasii.Subregional'noe otdelenie Senral'noi Azii. Ankara, 2015.385 s.
- Zaslavskij M.N. (1983) Eroziovedenie : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec. vuzov [Erosiology: a textbook for geogr. and soils. specialist, universities]. – М. : Vysshaya shkola, – 320 s.
- Kerzhencev A.S. [i dr.]; otv. red. Kerzhencev A.S, Majsner R. (2006) Modelirovanie erozionnyh processov na territorii malogo vodosbornogo bassejna: monografiya [Modeling of erosion processes on the territory of a small drainage basin: monograph] Ros. Akad7. nauk, In-t fundam. probl. biol. – М. : Nauka, – 224s.
- Kuznecov M.S., Glazunov G.P., Zorina E. F. (1992) Fizicheskie osnovy erozii pochv [Physical basis of soil erosion]. Mоек. gos. un-t im. M. V. Lomonosova. – М. : Izd-vo MGU, – 95 s.
- Larionov G.A. (1993) Eroziya i deflyaciya pochv : osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye ocenki [Soil erosion and deflation: basic patterns and quantitative estimates]. М. : Izd-vo MGU, – 200 s.
- Mirckhulava C.E. (1970) Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj erozii [Engineering methods for calculating and forecasting water erosion]. М.: Kolos, – 239 s
- Makkaveev N.I. (1955) Ruslo reki i eroziya v ee bassejne; [River bed and erosion in its basin;] AN SSSR, In-t geogr. – М.: AN SSSR, – 348 s.
- Wischmeier W. H. (1978) Predicting rainfall erosion losses / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. – № 537. – 65 p.

4-бөлім
**РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ГЕОГРАФИЯ
ЖӘНЕ ТУРИЗМ**

Section 4
**RECREATION GEOGRAPHY
AND TOURISM**

Раздел 4
**РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ
И ТУРИЗМ**

I. Akbar^{1*}, Z.K. Myrzaliyeva², A.Z. Tazheкова²,
K.O. Arystanova³, A.T. Saulembaev²

¹Recreation Geography and Tourism Department, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Department of Geography, South Kazakhstan State Pedagogical University, Kazakhstan, Shymkent

³Central Asian Innovation University, Kazakhstan, Shymkent

* e-mail: akbar.imanaly@gmail.com

THE PROPOSITION OF COMMUNITY NATURE-BASED TOURISM DEVELOPMENT PATTERN FOR AKSU-ZHABAGLY WORLD HERITAGE SITE

This work studies the Community Nature-Based Tourism Development (CNBT) pattern using the Aksu-Zhabagly world heritage site (WHS) as a sample. The goal is to present a CNBT pattern suitable for Aksu-Zhabagly nature-based tourist areas, using a combination of field monitoring, expertise, assessment, and cross-country comparison of tourism patterns. The paper identifies strategic recommendations for the CNBT pattern for the Aksu-Zhabagly WHS by analyzing overseas triumphant CNBT patterns and comparing them with Kazakhstani patterns. The results concluded that the benefits of selected overseas CNBT patterns are job creation, distribution of tourism revenues for local growth, and maintenance of resources. At the same time, the higher quality of transportation infrastructure, frequent use of the mass media, priority local employment, and nature preservation are the main positive outcomes of Aksu-Zhabagly tourism. The pattern comparison results show that overseas patterns perform better than Aksu-Zhabagly in meeting the requirements (the highest authority, residents' involvement stage, benefit distribution, tourism marketing, staff trained program, and quality of services and tourist facilities) for the growth of sustainable tourism. Finally, the article suggests that economic growth, ecological maintenance, cultural heritage, marketing and image promotion, a attractive political environment and empowerment of the population are key to the effective implementation of sustainable growth of CNBT in the Aksu-Zhabagly tourist route.

Key words: Community Nature-Based Tourism Development; pattern; Aksu-Zhabagly; world heritage; Kazakhstan.

И. Акбар^{1*}, З.Қ. Мырзалиева², А.Ж. Тажекова², К.О. Арыстанова³, А.Т. Сәулембаев²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

³Орталық Азия инновациялық университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

* e-mail: akbar.imanaly@gmail.com

Ақсу-Жабағылы дүниежүзілік табиғи мұра объектісіне қауымдастықтың табиғатқа негізделген туризмді дамыту моделін ұсыну

Бұл зерттеу үлгі ретінде Ақсу-Жабағылы дүниежүзілік табиғи мұра объектісін (WHS) пайдалана отырып, қауымдастық негізіндегі экотуризм (CNBT) моделін зерттейді. Мақсат – далалық бақылауды, сараптаманы, бағалауды және экотуризм үлгілерін ел аралық салыстыруды қолдану арқылы Ақсу-Жабағылы табиғат негізіндегі туризм бағыттары үшін қолайлы CNBT моделін ұсыну. Зерттеу шетелдік табысты CNBT үлгілерін талдау және оларды қазақстандық үлгілермен салыстыру арқылы Ақсу-Жабағылы дүниежүзілік табиғи мұра объектісі үшін CNBT моделіне арналған стратегиялық ұсыныстарды анықтайды. Нәтижелерден табыс әкелу және жұмыс орындарын құру, қауымдастықты дамыту үшін туризм кірісін бөлу және табиғи ресурстарды қорғау таңдалған шетелдік CNBT үлгілерінің артықшылығы болып табылады деп қорытындылайды. Сонымен қатар, көлік инфрақұрылымының жоғары сапасы, бұқаралық ақпарат құралдарын жиі пайдалану, жергілікті тұрғындарды жұмыспен қамту, табиғатты қорғау Ақсу-Жабағылы туризмінің негізгі оң нәтижесі болып табылады. Модельді салыстыру нәтижелері көрсеткендей, шетелдік модельдер Ақсу-Жабағылыға қарағанда туризмнің тұрақты дамуындағы талаптарға (жоғары өкілеттілік, қауымдастықтың қатысу деңгейі, кірісті бөлу, туризм маркетингі, қызметкерлерді оқыту бағдарламасы, қызмет көрсету және туристік нысандардың сапасы) көбірек сәйкес келеді.

Мақаланың соңында экономикалық даму, қоршаған ортаны қорғау, мәдениет пен мұра, маркетинг пен имидж, қолайлы саяси орта және тұрғындардың мүмкіндіктерін кеңейту Ақсу-Жабағылы туристік бағытында CNBT-дің тұрақты дамуын тиімді жүзеге асыру үшін басты қажеттілік деп тұжырымдайды.

Түйін сөздер: қауымдастық негізіндегі экотуризм, модель, Ақсу-Жабағылы, дүниежүзілік табиғи мұра объектісі, Қазақстан.

И. Акбар^{*1}, З.К. Мырзалиева², А.Д. Тажекова², К.О. Арыстанова³, А.Т Саулембаев²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, Казахстан, г. Шымкент

³Центрально-Азиатский инновационный университет, Казахстан, г. Шымкент

*e-mail: akbar.imanal@gmail.com

Предложение схемы развития общественного природного туризма для объекта всемирного наследия Ақсу-Жабағылы

В данном исследовании изучается модель экотуризма на базе сообществ (CNBT) на примере объекта всемирного природного наследия Ақсу-Жабағылы (WHS). Цель состоит в том, чтобы предложить подходящую модель CNBT для природных туристских направлений Ақсу-Жабағылы, используя комбинацию полевых наблюдений, изучения, оценки и межстранового сравнения моделей экотуризма. В исследовании определены стратегические рекомендации по модели CNBT для Всемирного фонда дикой природы Ақсу-Жабағылы путем анализа успешных зарубежных моделей CNBT и сравнения их с казахстанскими моделями. Результаты исследования заключаются в том, что получение доходов и создание рабочих мест, распределение доходов от туризма для развития сообщества и защита природных ресурсов являются преимуществами выбранных зарубежных моделей CNBT. В то же время более высокое качество транспортной инфраструктуры, частое использование средств массовой информации, приоритетное трудоустройство местного населения и охрана природы являются основными положительными результатами Ақсу-Жабағылинского туризма. Итоги сравнения моделей показывают, что иностранные модели лучше, чем Ақсу-Жабағылы, соответствуют требованиям (высший орган власти, этап участия сообщества, распределение выгод, туристский маркетинг, программа обучения персонала, обслуживаниям качество туристских объектов) для устойчивого развития туризма. В завершение рекомендуется, чтобы экономическое развитие, охрана окружающей среды, культура и наследие, маркетинг и имидж, благоприятная политическая среда и расширение прав и возможностей жителей были основными факторами, необходимыми для эффективной реализации устойчивого развития CNBT в туристской дестинации Ақсу-Жабағылы.

Ключевые слова: общинный экотуризм, модель, Ақсу-Жабағылы, объект всемирного наследия природы, Казахстан.

1. Introduction

In the case of tourism areas, the local communities adjacent to the areas where tourism activities are allowed are often the key stakeholders, as they are involved as human capital in various events at the tourist site. Community Nature-Based Tourism Development (CNBT) is a form of nature-based natural resource control based on ecological theory and practice that allows people to exercise significant control and involvement in public growth and control. In many developed countries over the past few years, CNBT is fast becoming a popular biodiversity preservation tool that can increase the living standards of local communities (Mohd Noh et al. 2020: 5049-5061). CNBT is an umbrella term for leisure tourism as a condition of natural landscapes or natural resources or activities, or the land or re-

sources themselves are a core component of tourism activities. All over the world, regions are reserved for many unique biodiversity values and the financial or political support for these protected areas and local development are largely dependent on the arrival of nature tourists (Wolf, Croft, and Green 2019: 104). A best experience is also a prerequisite for future visits or referrals to others, especially if the personal benefit is enduring and transformative (Wolf and Wohlfart 2014: 89-103, Wolf, Ainsworth, and Crowley 2017: 1650-1673, Wolf, Stricker, and Hagenloh 2015: 358-381). This generates more fiscal revenue and reinforces the conservation value of specific tourist attractions.

Through this form of tourism, residents share their environment and lifestyle with tourists, while increasing local income and building the local economy. By sharing events such as festivals, homestays

and handicraft production, CNBT aims to protect the environment, but it is also a way to expand community capacity by ensuring the degree of control over tourism programs and their impacts (Fiorello and Bo 2012: 758-778). An advanced CNBT pattern works with existing residents' initiatives, leverages public leaders, and seeks to hire residents so that tourism-generated income stays in the locals and maximizes local economic benefits (Akbar and Yang 2021: 1-21).

While tourism often promises to increase livelihoods and sources of employment for local people, irresponsible tourism practices can deplete natural assets and exploit local communities (Akbar, Abdreyeva, et al. 2022: 33-48). Approaches to CNBT development projects should be part of a common community development strategy and take into account the views of local people to help achieve the goals of preserving ancient culture and heritage (Zhang et al. 2020: 587-605). The key to successful CNBT projects is poverty reduction by increasing incomes and providing local people with the knowledge they need to be critical of the long term and make decisions that benefit society (Akbar et al. 2021). However, residents involvement often depends on the control system, because in many cases, due to injustices in the control system, the participants in decision-making are managers, not employees (de los Angeles Somarriba-Chang and Gunnarsdotter 2012: 1025-1043). Our previous research has shown that inequalities in local engagement are shaped by local sociocultural, economic, and sometimes political tensions. It is important to increase opportunities to implement Community Nature-Based Tourism Development growth strategies to understand how public engagement can take place in different contexts.

In this paper, we aim to present a pattern of CNBT that corresponds to the Aksu-Zhabagly WHS. To do this, we first analyze the design and control of some triumphant overseas patterns of tourism growth. We then analyze in detail the present pattern of developing the tourism industry in our research field and compare it with selected overseas CNBT patterns. Finally, based on the results of the analysis, we will propose the most appropriate CNBT pattern for the Aksu-Zhabagly WHS.

2. Material and methods

The main idea of this article was born in March 2019 during a week-long survey of the

Aksu-Zhabagly State Nature Reserve in Kazakhstan and the identification of tourist routes. Data collection was conducted from March 2 to March 22, 2019 for 20 days. To obtain a deeper knowledge of the growth of tourism, interviews were conducted with representatives of the Aksu-Zhabagly Nature Reserve and Aksu-Zhabagly tourism companies. Face-to-face interviews were conducted with the akim of Zhabagly village, who knows the situation of the population's involvement in tourism, the head of the research department of the nature reserve and the director of a tourism company in Shymkent. In order to address the goals and objectives of the research, relevant information was collected on selected research areas and interviews were conducted with experts who studied the reserve. One of the main methods of the research was a table analysis of documents prepared on the official website of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve (www.Aksu-Zhabagly.kz). We have analyzed some documents in detail, including all general reports, mission reports, periodic reports published in recent years, and some existing documents. Research articles on "Community Nature-Based Tourism Development planning" were also analyzed. The research was conducted mainly using documents and content analysis methods. In addition, the analysis and comparison of overseas advanced CNBT patterns was used to highlight the advantages and disadvantages of the research area for the growth of Community Nature-Based Tourism Development.

3. Results and discussion

3.1. *Triumphant CNBT growth overseas case studies*

To understand how sustainable tourism benefits local communities, it is important to assess how well they can participate in tourism planning and related decision-making processes. This research aims to provide a sustainable CNBT pattern for Aksu-Zhabagly WHS, discussing the top CNBT patterns in other countries. Thus, opting for CNBT patterns, we selected the Dadia Forest CNBT pattern from Greece and the Ko Yao Noi CNBT pattern from Thailand, as these countries have extensive experience in CNBT growth and these selected CNBT growth areas are WHS, like our research area.

3.1.1. CNBT pattern of Dadia Forest, Greece

Brief overview of the research area: The forest's name derives from Dadia village, located in Thrace, 67 km north from Alexandroupoli. The impressive lush vegetation of Dadia's Forest, filled with pine trees, will put a spell on you with trails leading to some magnificent hillsides, which borders Bulgaria, Turkey and Greece. Visit the eco-tourism center 500 meters from the settlement of Dadia, where there are hotels, restaurants, coffee shops and an information center that organizes many eco-tours. You can also stop at the Condor Observatory 3 km away. Distance from information center. Travelers can usually be guided to the observatory to look the feeding area by a telescope and binoculars, and a local ecological guide can explain. In addition, several sidewalks have been installed in the forest area to highlight the importance of biodiversity (Schindler, Poirazidis, and Wrbka 2008: 502-514).

Mechanism of operation of the pattern: The success of the Dadia project soon became known in government circles. This was one of the advantages of the EU funded project: it forced national authorities to pick up speed and skills in the management of the protected area. Dadia's ecotourism attracted further investments from both private and public bodies. EU regional development funds through the Community Support Framework and community initiatives such as LEADER+ or INTERREG were of far greater magnitude than the small amount of funding for nature protection committed at the beginning of the project. Thanks to the construction of more hotels and accommodation for visitors, the visitor information center was expanded, and the local monastery was restored. The original prison cells there became a residence for worshippers and other special visitors. More than 60 international and national summits, fairs, exhibitions and conferences have been held in Dadia-Sufli Forest Reserve, which has a unique natural heritage since the establishment of permanent services for the promotion of ecotourism (KISA OVALI and Tachir 2018).

The Dadia Preservation and Related Commercial Tourism Service encourages job creation programs and provides interest and pride for young people. At the same time, generates a major additional source of revenue for local families. A number of young

women, who had previously been unable to study or work in their hometowns, are now postponing marriage and being educators, guides or administrators or to look for other new positions to increase their involvement in the Dadia reserve. (KISA OVALI and Tachir 2018).

3.1.2. CNBT pattern of Koh Yao Noi, Thailand

Brief overview of the research area: Thai islands in the Ao Phang-Nga Marine National Park, in the Andaman Sea, near Phuket and Koh Yao Noi. Despite its location in the heart of Phang Nga Bay, between two of Thailand's most popular tourist hubs - Phuket and Krabi - Koh Yao Noi and its sister island Koh Yao Yai are surprisingly peaceful. Koh Yao Noi is home to about 4,000 Thai-Muslim Malays, mainly engaged in fishing, rice and rubber farming, aquaculture, and more recently tourism. The Koh Yao Noi tourism project has been underway since 1990 when a large commercial trawler was destroying traditional marine fisheries and coral reefs (Choibamroong et al. 2011: 173-186).

Mechanism of operation of the pattern: The villagers, in cooperation with the non-governmental organizations, organized the CNBT Cooperative Tourism Club of Koh Yao Noi. In the mid-1990s, Koh Yao Noi launched a home-based money-making program for 30-35 rural residents as part of the CNBT project. Around 250 eco-tourists receive accommodation services monthly, and hundreds of other tourists took part in short-term tourism activities. They have boat trips, swimming, forest excursions, kayaking, bird watching, fishing, swimming, cooking, nutrition and many "tourist activities (they) mangroves, seaweed ecology knowledge that fit the local way of life and livelihoods. and awareness." (Choibamroong et al. 2011: 173-186).

Here, 500 villagers are members of the CNBT project, which includes hosts, guides and drivers, as well as food and handicraft producers. They get about 10% of their annual income from these tourism services. Another 10% of all proceeds from the project will go to collective funds, local school projects and local growth funds that support the restoration of coral reefs, seaweeds and mangroves. The activities of the CNBT project include replanting mangrove trees along the coast, protesting against plans to build a Japanese shrimp farm, cleaning up

garbage on a monthly basis, conducting ecological education camps for young people, and financing the construction of toilets in local mosques (Walter and Reimer 2012: 551-561).

3.1.3. *The positive outcomes of the selected overseas CNBT patterns*

The advantages of the above-mentioned best overseas CNBT patterns can be described in the following 3 main headings.

- *Enhancing Sources of Income by Creating Jobs for Indigenous Peoples:* Two leading CNBT case studies, considered as a model, show that the establishment of CNBT has helped to provide local people with sustainable employment and additional sources of income in their areas. The establishment of Dadia as a tourist area and related commercial tourism activities have stimulated the employment of the rural population. For example, young women trained as environmental guides share their experience and knowledge of the region's biological resources with schoolchildren from all over Greece. It also instilled in young people a sense of pride and protection of their homeland. Similarly, 500 villagers in Koh Yao Noi are members of the CNBT project. Most of them are guides and drivers, but they work as manufacturers, sellers and suppliers in the food and handicraft industry. They receive about 10% of their annual income from these tourist services.

- *Distribution of tourism revenues for local economy growth:* In all four cases, the presence of CNBT has been reported to have helped support regional growth. For example, part of the revenue from tourism in Dadia is used to improve infrastructure and open production facilities. As for Koh Yao Noi, 10% of tourism revenues are transferred to the Fund for Regional Development. The funds from the funds in Koh Yao Noi will be used to develop local school programs, clean up garbage, build an environmental education camp for teenagers and build a local mosque.

- *Sustainable use of the region's natural resources:* From the above two case studies, it can be seen that one of the main goals of the development of CNBT is the preservation of natural values and protection of wildlife in the region. For example, The Dadia Tourism Center has a permanent exhibition promoting flora and fauna, as well as specialized centers and small shops that

provide information about local products and preserves. In addition, several sidewalks have been paved to show visitors the importance of biodiversity in the forest. As for Koh Yao Noi, 10% of tourism revenues are transferred to the Fund for Environmental Protection. The preservation fund was mainly used to support the restoration of reefs, seaweeds and mangroves.

3.2. *Tourism growth pattern in Aksu-Zhabagly WHS*

3.2.1. *Current tourism growth pattern in Aksu-Zhabagly*

Brief overview of the research area: It is the first nature reserve in Kazakhstan, occupying the north-western part of the Talas Alatau (Western Tien Shan) and the Ugam ridge. It is located in Zhualy district of Zhambyl region and Turar Ryskulov district of South Kazakhstan region. The reserve is located between two rivers, Aksu and Zhabagly. He died in 1926. created. It includes Karabastau (126 hectares) and Aulie (100 hectares) in Karatau. The land area is 128,118 hectares (2007). In 2006, the Aksu-Zhabagly Nature Reserve was included in the UNESCO World Heritage List. According to UNESCO, the reserve is home to 48% of the region's birds and 72.5% of the animals. The reserve is one of the best places in the world for bird watching and has great potential for the development of ecotourism.

The reserve area can be divided into several zones as shown in Figure 1. They are a specially protected main zone, a buffer zone where semi-subsistence farming can be carried out, a transition zone and a multi-purpose area where any economy can be developed within the law. The Zhabagly people is more triumphant in achieving sustainable growth of the CNBT than the Abaiyl residents, and the overall assessment of the sustainability of the two communities is moderate. (Akbar, Maksatovna, et al. 2022: 69-82).

Zhabagly is a village in Zhabagly rural district, Tulkubas district, Turkestan region. The rural district includes the villages of Zhabagly, Abayil and the railway junction №115. The center is Zhabagly village. The district center is about 17 km south-east of Turar Ryskulov town. According to the 2009 census, the population of the district was 2436 people (Figure 1).

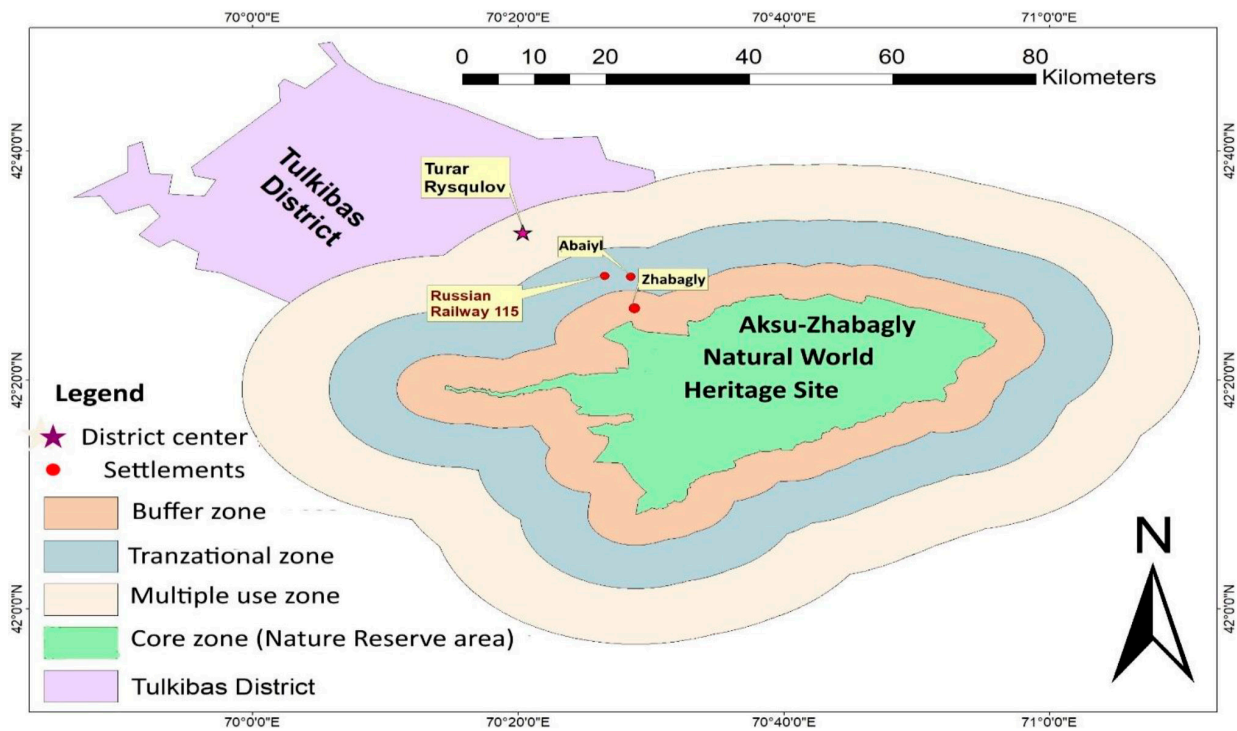


Figure 1 - Zoning map of the research area (first author's work).

Mechanism of operation of the pattern: Provision of land plots to individuals and legal entities for the purpose of tourism regulation and recreation in the specially protected natural area of Aksu-Zhabagly will be carried out in accordance with the state master plan for the development of infrastructure in nature reserves.

At present, there are 3 ecological trails and 7 excursion routes for the research and observation of flora, fauna and landscape on the territory of Aksu-Zhabagly, which are equipped with information boards, signs and shelters. Ecological roads are designated to generally familiar to the nature beauty and attractive biodiversity of this natural world heritage tourist destination. In addition, it serves as an environmental education for the people of Kazakhstan. There is also a tourist center with a museum of nature of the Western Tien Shan, located in the administrative building of Aksu-Zhabagly WHS. By offering 10 tourist routes, WHS Control Office organizes mainly recreational, scientific, cognitive, botanical, wildlife and bird watching tourism for visitors.

To be a protected area at the national and international levels, the pattern of developing eco-tourism at the Aksu-Zhabagly WHS is strictly implemented with the involvement of local authorities + Aksu-

Zhabagly reserve administration + national tour operators + private enterprises. Inside and outside Zhabagly village + overseas partners + Residents of Tulkiabas district, especially Zhabagly village.

Regional and district administrations and the management of Aksu-Zhabagly reserve jointly organize tourist routes. Sometimes the state supports the field tourist infrastructure in order to provide convenient surgery for tourists. Tourism is usually provided by local residents of Zhabagly village and travel agencies in major cities. Tourist units of Zhabagly village can receive guests and organize tours. At the same time, during the summer season, which is often visited by tourists, the villagers receive guests in their homes.

3.2.2 The advantages of Aksu-Zhabagly tourism

1) *High-quality transport infrastructure:* Infrastructure growth is carried out mainly with state support (Aksu-Zhabagly Nature Reserve and local executive bodies). In an interview with the mayor (village akim), he said that the transport infrastructure of this tourist route is well developed compared to other tourism facilities in Kazakhstan. During the field work period, we noticed that whole roads to

the reserve gate in Zhabagly village are smooth and asphalted. At the same time, we saw that there are several quality hotels and hotels near the reserve.

2) *Marketing and image promotion:* Aksu-Zhabagly WHS has a special place not only in the south of Kazakhstan, but also on the map of natural wonders throughout the country. Aksu-Zhabagly Nature Reserve is a real scientific laboratory of nature, where research work is carried out continuously. It is the first WHS to be awarded the title of UNESCO Biosphere Reserve in Central Asia.

3) *Employment Priority:* During the field survey, we found that the Aksu-Zhabagly Nature Reserve Administration Office and its hotel have more than 50 local employees. Sanitary workers, inspectors, forestry workers, horse caretakers, drivers, receptionists and cooks, etc. are hired to work under the contract. included. For example, Aksu-Zhabagly summer camp, Zhenzha and Luda resorts and Ruslan family tourism company. In total, there are about 10 local workers, including a sanitary worker, a door guard, a receptionist, a cook, a shop assistant and others.

4) *Prioritization of nature maintenance:* Due to the richness of its fauna and flora, a comprehensive study of their biology and features of life has been well established since the first years of the reserve. Since 1935, researchers of the reserve have been systematically and regularly engaged in research. On their basis, ways of effective use of natural resources, ways of protection are carried out, nature protection work is propagandized. The beautiful nature of the reserve fascinates visitors. In its half-century history, the Aksu-Zhabagly WHS has made a significant contribution to the protection of nature of the republic.

3.3 Comparison of Aksu-Zhabagly tourism pattern with other patterns

Comparing the current pattern of developing tourism in Aksu-Zhabagly with typical two overseas CNBT patterns (Table 1), it was claimed that the Aksu-Zhabagly pattern works better in terms of ecological preservation and providing jobs for locals like other CNBT patterns.

Table 1 – Comparison of Aksu-Zhabagly tourism modes with other CNBT development projects

| Similar points | Different points |
|--|--|
| To demonstrate the importance of biodiversity, sidewalks have been established within protected areas. | <i>The highest authority:</i> the government in Aksu-Zhabagly and other CNBT-type NGOs. |
| The main type of tourism is nature-based tourism (for example, eco-tourism and adventure tourism). | <i>Public involvement level:</i> This is the initial level in Aksu-Zhabagly, and the higher level in other CNBT patterns. |
| Ensuring employment opportunities for local residents. | <i>Income distribution:</i> The Aksu-Zhabagly State Nature Reserve office is the main beneficiary, but the local is the largest beneficiary of other two CNBT patterns. Revenues from tourism in other two CNBT project are used to develop local communities. |
| Provide equal opportunities for individuals and organizations to participate in tourism. | <i>"Outflow" of tourist income:</i> more in Aksu-Zhabagly, and less in other CNBT pattern areas. |
| Frequent events in the media to promote the originality of tourism. | <i>Tourism marketing:</i> Not well developed in Aksu-Zhabagly, but well organized in other CNBT pattern areas. |
| | <i>Personnel training program:</i> Aksu-Zhabagly failed to do so, but other CNBT pattern areas have trained their staff. |
| | <i>Tourist services and facilities:</i> In Aksu-Zhabagly low quality of tourist services and facilities exist, but they are well developed in foreign CNBT patterns. |

Nevertheless, there are still points that need to be enhanced. These include: (1) enhancing the status of non-governmental organizations, with the government playing a leading role and other stakeholders having an equal role in tourism planning; (2) increase residents' LRP levels and strive to participate in tourism planning, control and decision-making at all stages; (3) Profit distribution is aimed at the growth of society; (4) reducing the "outflow" of economic interest; (5) promoting tourism marketing; (6) training employees in tourism industry

to increase their service quality and business skills; and (7) to increase the quality of tourist services and tourist facilities in Aksu-Zhabagly.

3.4 Appropriate CNBT Growth Pattern for Aksu-Zhabagly WHS

The relationship between society, economy and environment is very close, and social and economic activities are usually based on local environmental and resource conditions; at the same time, local envi-

ronmental and resource conditions are also affected by the characteristics of human social and economic activities (Chapin III et al. 2009). The development of rural tourism affects the resources and quality of natural capital, physical capital, financial capital, human capital and social capital in different ways (Kong Xiangzhi, Zhong Zhen, and Yuan Meisheng 2008: 115-119). Effective use of recreational and cultural opportunities in nature and their continuous improvement is a guarantee of increasing the economic viability of Zhabagly village. A number of strategic measures are needed to stimulate the sustainable development of tourism in our research destination, these strategies target commercial networks, identifying assets, preserving and using open spaces, historical heritage, and promoting marketing and eco-resort. The above mentioned strategies will

allow the local to build a solid foundation for tourism based on current circumstances.

Comparing the Aksu-Zhabagly tourism growth pattern with triumphant overseas CNBT patterns and based on the advantages of triumphant CNBT growth patterns abroad, the work assesses and presents the advantages and disadvantages of the current Aksu-Zhabagly tourism growth pattern. Follow the Aksu-Zhabagly area CNBT template for tourist areas. We believe that in order to effectively implement the sustainable growth of CNBT on the Aksu-Zhabagly tourist route, it is important to include the suggestions identified in Figure 2 below. This is because these proposals have borne fruit in many developed countries and, if applied in Kazakhstan, can serve as a model for neighboring developing countries.

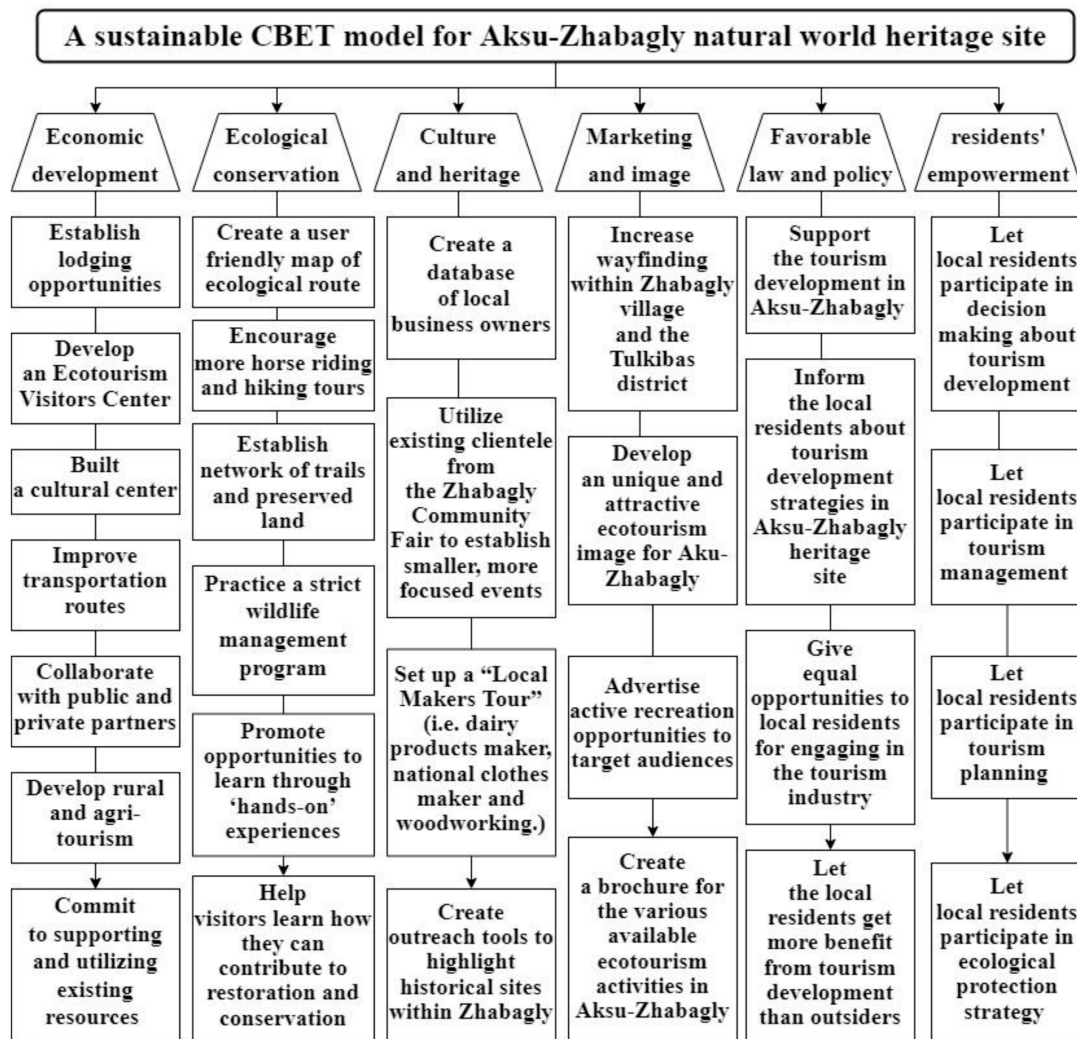


Figure 2 – The proposed CNBT growth pattern for Aksu-Zhabagly WHS (first author’s work).

• *Economic development dimension:* With its strong development momentum, tourism has become the most dynamic “sunrise industry” in the global economic industry. With the development of tourism, the influence of tourism on the development of local economy has become increasingly apparent, and many experts and scholars have done a lot of research on it (Chen Jinhua, Lu Min, and Li Xiangyu 2008: 10-11). Tourism is a development path for many countries to reduce poverty and improve their economies. In order to see the positive economic impact of tourism mentioned above, tourism revenues must be fairly distributed. When we talk to people at our research site, they say that we do not feel the positive economic impact of tourism so far. Therefore, implementing the recommendations shown in Figure 2 is of great significance to ensure the sustainable growth of CNBT in this field.

• *Ecological maintenance dimension:* With many species and habitats already on the brink of extinction due to harmful changes caused by humans, preservation is necessary. Local residents benefited from tourism and began to consciously protect the environment and enhance their awareness of environmental protection (Zhao and Li 2018). As can be seen from our investigation, the Aksu-Zabagly Northwest Highlands are effectively protected by the Special Reserve Law. From the analysis of this study, we learned that the relevant authorities of the tourist area have done a lot to protect biodiversity. However, we believe that the implementation of the measures described in Figure 2 will help to improve the positive environmental impact of tourism in WHS.

• *Culture and heritage dimension:* Cultural heritage is a very important tourism resource, and the development of tourism and the protection of intangible cultural heritage are important issues in today’s society. Except for nature-based tourism, this tourist area has great potential for the growth of various cultural heritage tours. However, according to our research, the cultural and heritage value of this tourist area has not yet been determined.

• *Marketing and image dimension:* Due to the vigorous development of tourism and the intensification of market competition among tourist destinations, the influencing factors of tourism image have attracted extensive attention of tourism researchers and marketers (Cheng Jinlong and Wang Fazeng 2009: 1753-1758). The results of the work in this area show that the organizers of tourism in the region have not done much to develop marketing and image promotion in the tourist area. In order to

eliminate the identified shortcomings, we believe that tourism managers need to take into account a number of marketing and image promotion measures presented in Figure 2.

• *Favorable law and policy:* With the advent of the era of popularization of tourism, many places have regarded tourism as the leading industry and pillar industry that drives social and economic development, and given it the political mission of addressing macroeconomic challenges, promoting employment, and getting rid of poverty; and political trust is related to these goals (Chen Pinyu and Zhu Chuncong 2018: 282-292). Based on the results of our previous research, we concluded that the reason for the lack of active participation of the rural population in the development of tourism in this tourist area is the lack of a favorable political environment for sustainable tourism. Therefore, in order to reduce these shortcomings, we believe that this tourist area can achieve sustainable development of tourism, taking into account the important recommendations summarized in Figure 2.

• *Residents’ empowerment dimension:* Tourism supports the economic opportunities of all people based on employment, income and business opportunities. When large businesses use communication to facilitate communication with local landowners, there are more opportunities that enhance opportunities (Aghazamani and Hunt 2017). In our paper, we found that the status and level of involvement of the local population in tourism is low, and the right give evaluation and recommendations on tourism projects is shallow. Another thing we noticed is that tourism organizers in the region usually do not give their employees as much competence as in successful foreign tourism development projects. Therefore, in order to equate the development of CNBT in this area with the development models of prestigious foreign tourism, it is necessary to take into account the best practices presented in Figure 2, which will allow the rural population to participate in the development of the tourism industry.

4. Conclusion

As it is a special protected reserve at the national and international level, the tourism growth pattern within the Aksu-Zabagly Nature Reserve is strictly implemented, with the involvement of local authorities + Aksu-Zabagly Reserve control department + national tourism operator + private sector Businesses in and out of Zhabagly village + overseas partners + Tyulkibas district, especially local residents

of Zhabagly village. The positive results are: perfect tourism infrastructure, good publicity image promotion, job creation for the local area, and priority to protect the ecology of nature reserves.

From the comparison results of the current Aksu-Zhabagly tourism growth pattern and the triumphant overseas CNBT pattern, and discussing the CNBT model abroad, we came to the conclusion that the keys to their success are active community participation, good leadership, a strong local organization, equitable income sharing and empowerment. However, most of these effective measures are not realized in the Aksu-Zhabagly tourist zone.

Finally, combined with the results of our field investigation, the advantages of triumphant CNBT patterns abroad and the advantages and disadvantages of the current tourism growth pattern in the northwestern mountainous area of Aksu-Zhabagly, a sustainable tourism pattern for the Aksu-Zhabagly

world heritage tourism area is suggested. The pattern proposes measures for economic growth, ecological maintenance, cultural and heritage preservation, promotion in marketing and image, creation of an attractive political conditions and empower locals. In turn, this model will provide a theoretical basis for the establishment of sustainable tourism in Aksu-Zhabagly, as well as a reference example for the development of natural world heritage tourist destinations in the neighboring countries.

Acknowledgment: I am very grateful to Zhumanova Elmira Pedbayevna, head of the ecological education and tourism department of the Aksu-Zhabagly National Nature Reserve Office in Zhabagly village, and Jumanov Smatulla Zhoraully, deputy director of the scientific research department, who helped a lot in the field investigation of the Aksu-Zhabagly tourist area.

References

- Aghazamani, Y., & Hunt, C. A. Empowerment in tourism: A review of peer-reviewed literature. *Tourism Review International*, 2017. - 21(4): 333-346.
- Akbar, Imanaly, Sholpan Abdreyeva, Alexandr Artemyev, Markhaba Tumazhanova, and Gulnar Orynbasarova. "Research on Design and Management of Community-Based Ecotourism Model in Aksu-Zhabagly Nature Reserve of Kazakhstan." *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2022 - no.10 (4):33-48.
- Akbar, Imanaly, Sergeyeva Aigul Maksatovna, Myrzaliyeva Zabira Kazbekkyzy, Tazhekova Akmaral Zhaksybekkyzy, Saulembaev Altynbai Tagabayevich, and Mominov Serik Abdukarimovich. "Sustainability of the community-based ecotourism development in the Aksu-Zhabagly nature reserve, Kazakhstan: An evaluation through local residents' perception." *REGION*, 2022 - no. 9 (1):69-82.
- Akbar, Imanaly, Zabira Kazbekkyzy Myrzaliyeva, Akmaral Zhaksybekkyzy Tazhekova, Altynbay Tagabaiuly Saulembaev, and Rabiga Nokerbekkyzy Kenzhebay. "EVALUATION OF THE COMMUNITY-BASED ECOTOURISM DEVELOPMENT STATUS IN THE AKSU-ZHABAGLY NATURE RESERVE, KAZAKHSTAN." *GeoJournal of Tourism & Geosites*, 2021 - no. 35 (2).
- Akbar, Imanaly, and Zhaoping Yang. "The influence of tourism revenue sharing constraints on sustainable tourism development: a study of Aksu-Zhabagly nature reserve, Kazakhstan." *Asian Geographer*, 2021 - :1-21.
- Chapin III, F Stuart, Gary P Kofinas, Carl Folke, and Melissa C Chapin. *Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world*: Springer Science & Business Media, 2009.
- Chen Jinhua, Lv Min, and Li Xiangyu. "Analysis of the Influence of Tourism on Local Economy." *Construction of Old Areas*, 2008 - (20): 10-11.
- Cheng Jinlong, and Wang Fazeng. "Influencing factors and shaping strategies of tourism image." *Economic Geography*, 2009 - no. 29 (10):1753-1758.
- Chen Pinyu, and Zhu Chuncong. "Research progress and enlightenment on foreign tourism development and political trust." *Tropical Geography*, 2018 - no. 38 (2):282-292.
- Choibamroong, T, E Laws, H Richins, J Agrusa, and N Scott. "A stakeholder approach for sustainable community-based rural tourism development in Thailand." *Tourist destination governance: Practice, theory and issues*, 2011 - :173-186.
- de los Angeles Somarriba-Chang, Matilde, and Yvonne Gunnarsdotter. "Local community participation in ecotourism and conservation issues in two nature reserves in Nicaragua." *Journal of Sustainable Tourism*, 2012 - no. 20 (8):1025-1043.
- Fiorello, Amélie, and Damien Bo. "Community-based ecotourism to meet the new tourist's expectations: An exploratory study." *Journal of Hospitality marketing & management*, 2012 - no. 21 (7):758-778.
- KISA OVALI, Pinar, and Gildis Tachir. "IMPROVEMENTS WITHIN THE SCOPE OF ECOLOGICAL DESIGN: DADIA ECOTOURISM AREA (GREECE)." *International Journal of Contemporary Economics & Administrative Sciences*, 2018 - no. 8 (2).
- Kong Xiangzhi, Zhong Zhen, and Yuan Meisheng. "Analysis of the Impact of Rural Tourism on Farmers' Livelihoods: Taking Three Scenic Spots in Shanxi as Examples." *Economic Issues*, 2008 - (1): 115-119.
- Mohd Noh, AN, ARA Razzaq, MZ Mustafa, MN Nordin, and B Ibrahim. "Sustainable Community Based Ecotourism Development." *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 2020 - no. 17 (9):5049-5061.

Schindler, Stefan, Kostas Poirazidis, and Thomas Wrбка. "Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: a case study from Dadia National Park, Greece." *Ecological indicators*, 2008 - no. 8 (5):502-514.

Walter, Pierre G, and JK Reimer. "The "ecotourism curriculum" and visitor learning in community-based ecotourism: Case studies from Thailand and Cambodia." *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 2012 - no. 17 (5):551-561.

Wolf, Isabelle D, Gillian B Ainsworth, and Jane Crowley. "Transformative travel as a sustainable market niche for protected areas: A new development, marketing and conservation model." *Journal of Sustainable Tourism*, 2017 - no. 25 (11):1650-1673.

Wolf, Isabelle D, David B Croft, and Ronda J Green. "Nature conservation and nature-based tourism: A paradox?" *Environments*, 2019 - no. 6 (9):104.

Wolf, Isabelle D, Heidi K Stricker, and Gerald Hagenloh. "Outcome-focused national park experience management: Transforming participants, promoting social well-being, and fostering place attachment." *Journal of Sustainable Tourism*, 2015 - no. 23 (3):358-381.

Wolf, Isabelle D, and Teresa Wohlfart. "Walking, hiking and running in parks: A multidisciplinary assessment of health and well-being benefits." *Landscape and Urban Planning*, 2014 - no. 130:89-103.

Zhang, Yuling, Xiao Xiao, Chunhui Zheng, Lan Xue, Yongrui Guo, and Qitao Wu. "Is tourism participation in protected areas the best livelihood strategy from the perspective of community development and environmental protection?" *Journal of Sustainable Tourism*, 2020 - no. 28 (4):587-605.

Zhao, Jing, and Shu-Min Li. "The impact of tourism development on the environment in China." *Acta Scientifica Malaysia*, 2018 - no. 2 (1):1-4.

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

| 1-бөлім Картография және геоинформатика | Section 1 Cartography and geoinformatics | Раздел 1 Картография и геоинформатика |
|--|---|--|
| <i>А.А. Калдыбаев, Chen Yaning</i> Оценка изменений площади ледников в северной части Жетысуского Алатау на основе данных ДЗЗ..... 4 | | |
| <i>Н.Б. Маханова, Ж.Г. Берденов, А.Б. Сансызбаева, А.Б. Сагынбаева</i> Оценка структурной динамики соснового бора Аманкарагай с применением данных дистанционного зондирования 17 | | |
| 2-бөлім Метеорология және гидрология | Section 2 Meteorology and hydrology | Раздел 2 Метеорология и гидрология |
| <i>С.Б. Саиров, Н.Н. Абаев, Т.А. Тілләкәрім, Н.Т. Серікбай, Л.М. Биримбаева</i> Жем және Ойыл өзендері ағындыларының өзгеруін бағалау 29 | | |
| <i>Д.К. Кисебаев, Г.Т. Мусралинова, С.М. Марченко</i> Весенние ледовые процессы на р. Жайык (Урал)..... 42 | | |
| 3-бөлім Геоэкология | Section 3 Geocology | Раздел 3 Геоэкология |
| <i>Э.М. Тұрыспекова, Д.Ж. Жанабаев, Н.Е. Рамазанова, К.М. Джаналеева, М.А. Аралбекова</i> Антропогендік геожүйелерді қалыптастырушы факторлардың бірі ретінде Ұлан өзені алабының топырақ шайылуын бағалау 54 | | |
| 4-бөлім Рекреациялық география және туризм | Section 4 Recreation geography and tourism | Раздел 4 Рекреационная география и туризм |
| <i>I. Akbar, Z.K. Myrzaliyeva, A.Z. Tazhekovahitps, K.O. Arystanova, A.T. Saulembaev</i> The Proposition of Community Nature-Based Tourism Development Pattern for Aksu-Zhabagly World Heritage Site 66 | | |