

Жиенбаев Ұ.*

Қ.Жұбанов атындағы
Ақтөбе өңірлік университетінің докторанты
Қазақстан, Ақтөбе
e-mail: uzhiyenbayev@zhubanov.edu.kz
ORCID: 0000-0003-4004-5345

Филимонов В.

PhD, Суррей университеті
Ұлыбритания, Гилфорд
e-mail: v.filimonau@surrey.ac.uk
ORCID: 0000-0001-7353-5696

Дулат М.

PhD, қауымдастырылған профессор (доцент)
Қ.Құлажанов атындағы Қазақ
технология және бизнес университеті
Қазақстан, Астана
e-mail: m.dulat@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4089-1744

ҚАЗАҚСТАН МОНОҚАЛАЛАРЫНЫҢ СУ ТАСҚЫНЫНА ҚАРСЫ ИНФРАҚҰРЫЛЫМДЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ: ҚҰЛСАРЫ-РИДДЕР ҚАЛАЛАРЫНЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ

Аңдатпа

Климаттың өзгеруі жағдайында гидрологиялық экстремальды құбылыстардың, соның ішінде су тасқынының жиілігі мен қарқындылығы артты. Қазір әлеуметтік-экономикалық құрылымы шектеулі моноқалалар үшін тәуекел деңгейі күшейе түсуде. Мұндай қалалар инженерлік инфрақұрылымның тозуымен, экономиканың бірсалалылығымен және басқарушылық ресурстардың шектеулілігімен ерекшеленеді. Осы зерттеудің мақсаты - су тасқыны жағдайында Қазақстан моноқалаларының инфрақұрылымдық тұрақтылығын көпфакторлы индикаторлар негізінде кешенді бағалау. Зерттеу барысында су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықты сандық түрде өлшеуге мүмкіндік беретін Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) индексы ұсынылып, апробациядан өткізілді. Индекс төрт негізгі компоненттен тұрады: инженерлік инфрақұрылымның жай-күйі, апатқа дейінгі алдын алу және дайындық деңгейі, төтенше жағдай кезіндегі басқарушылық әрекеттердің тиімділігі және су тасқынының әлеуметтік-экономикалық салдары. Эмпирикалық дереккөз ретінде 2023–2024 жылдары Құлсары және Риддер моноқалаларында орын алған су тасқыны оқиғалары пайдаланылды. Зерттеуде көрсеткіштерді нормализациялау, салыстырмалы, факторлық және сезімталдық талдау әдістері қолданылды. Есептеу нәтижелері қалалар арасында инфрақұрылымдық тұрақтылық деңгейінің айқын айырмашылығын көрсетті: Құлсары қаласының FIRI мәні 0,31 болса, Риддер қаласында бұл көрсеткіш 0,69-ды құрады. Талдау нәтижелері су тасқыны салдарын азайтудың шешуші факторлары ретінде инженерлік әлеуеттен гөрі алдын алу шараларының жүйелілігі мен басқарушылық үйлесімділікті алдыңғы орынға шығарды. Жалпы айырмашылықтың 64%-дан астамы дайындық пен басқару компоненттерінің үлесіне тиесілі. Алынған нәтижелер моноқалаларда су тасқыны тәуекелдерін басқаруда профилактикалық, деректерге негізделген тәсілдердің басымдығын дәлелдейді. Климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын әзірлеуге ғылыми негіз бола алады.

Түйінді сөздер: моноқала, су тасқыны, табиғи апаттар, инфрақұрылым, тұрақтылық, бейімделу.

КІРІСПЕ

Климаттың жаһандық өзгеруімен байланысты гидрологиялық экстремальды құбылыстардың, соның ішінде су тасқынының жиілігі мен қарқындылығы соңғы онжылдықтарда айтарлықтай артты. Халықаралық климаттық зерттеулердің деректері табиғи апаттардың экономикалық және әлеуметтік салдары ең алдымен инфрақұрылымдық жүйелердің әлсіздігімен тікелей байланысты екенін көрсетеді (IPCC, 2023). Бұл жағдай әсіресе әлеуметтік-экономикалық құрылымы шектеулі, бір ғана өндіріс саласына тәуелді моноқалалар үшін аса қауіпті болып отыр.

Моноқалалар - экономикалық қызметтің басым бөлігі бір кәсіпорынмен немесе бір салада шоғырланған, еңбек нарығының әртараптануы төмен және бюджеттік тұрақтылығы сыртқы факторларға тәуелді елді мекендер (Пиянкова, 2017). Мұндай қалаларда инженерлік инфрақұрылым, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық пен көлік желілері көбіне кеңестік кезеңде салынған, тозу деңгейі жоғары және жаңғырту

қарқыны баяу. Нәтижесінде су тасқыны сияқты табиғи апаттар кезінде моноқалаларда инфрақұрылымның істен шығуы жүйелік сипат алып, әлеуметтік-экономикалық тұрақсыздықты күшейтеді.

Қазақстан жағдайында бұл мәселе ерекше өзекті. Ел аумағында орналасқан моноқалалардың едәуір бөлігі өзен аңғарларында, ойпаң жерлерде немесе қарқынды көктемгі қар еруімен сипатталатын өңірлерде орналасқан. Соңғы жылдары Құлсары, Риддер, Атбасар, Макинск сияқты қалаларда орын алған су тасқыны жағдайлары инфрақұрылымдық дайындықтың жеткіліксіздігін, алдын алу шараларының әлсіздігін және апаттық тәуекелдерді басқарудағы институционалдық олқылықтарды айқын көрсетті. Бұл жағдай су тасқынына қарсы тұрақтылықты тек техникалық мәселе ретінде емес, кешенді әлеуметтік-экономикалық және басқарушылық проблема ретінде қарастыру қажеттігін дәлелдейді.

Қазіргі ғылыми әдебиеттерде су тасқынына төзімділік мәселелері негізінен ірі қалалар, мегаполистер немесе жағалаулық аймақтар мысалында қарастырылады (World Bank, 2013). Ал моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығын бағалауға арналған сандық модельдер мен индекстер жеткілікті деңгейде әзірленбеген. Көп жағдайда зерттеулер сипаттамалық сипатта қалып, апат салдарын өлшеуге мүмкіндік беретін нақты индикаторлық жүйелер ұсынылмайды. Бұл моноқалалардың су тасқынына қарсы дайындық деңгейін салыстырмалы түрде бағалауға және басқарушылық шешімдер қабылдауға кедергі келтіреді.

Осыған байланысты су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығын сандық көрсеткіштер негізінде бағалау, төзімділікке әсер ететін негізгі факторларды анықтау және алдын алу шараларының тиімділігін дәлелдеу ғылыми әрі практикалық тұрғыдан маңызды міндет болып табылады. Әсіресе инженерлік инфрақұрылымның жай-күйі, апатқа дейінгі дайындық деңгейі мен төтенше жағдайлар кезіндегі басқарушылық әрекеттердің нәтижелілігін кешенді түрде талдау өзекті.

Зерттеудің ғылыми маңыздылығы Қазақстандағы моноқалалардың су тасқынына инфрақұрылымдық тұрақтылығын Құлсары және Риддер қалаларын нақты салыстырмалы түрде талдап, олардың климаттық өзгеру жағдайында табиғи қауіптерге бейімделу қабілетін бағалауға бағытталған ғылыми зерттеулер қатарын толықтырады. Сонымен қатар, моноқалалар үшін өзекті болып табылатын су тасқыны қаупі мен инфрақұрылымдық кемшілік мәселелерін қарастырумен ерекшеленеді.

Осы зерттеудің мақсаты - су тасқыны қаупі жағдайында Қазақстан моноқалаларының инфрақұрылымдық тұрақтылығын көпфакторлы индикаторлар негізінде бағалау және төзімділік деңгейіне әсер ететін шешуші факторларды айқындау. Зерттеу Құлсары және Риддер қалаларының 2023–2024 жылдардағы су тасқыны тәжірибесіне негізделеді. Инфрақұрылымдық тұрақтылықтың сандық индексі есептеу арқылы жүзеге асырылады.

Зерттеу барысында су тасқынына қарсы тұрақтылықтың тек экономикалық әлеуетке емес, ең алдымен алдын ала дайындық пен басқарушылық үйлесімділікке тәуелді екендігі туралы ғылыми гипотеза тексеріледі. Алынған нәтижелер Қазақстан моноқалалары үшін апаттық тәуекелдерді басқарудың ғылыми негізделген. Деректерге сүйенген моделін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

Су тасқыны жағдайында инфрақұрылымдық тұрақтылықты қамтамасыз ету мәселесі соңғы онжылдықта климаттың өзгеруімен байланысты тәуекелдердің артуына орай ғылыми зерттеулердің басым бағыттарының біріне айналды. Халықаралық ғылыми әдебиеттерде бұл ұғым көбіне resilience, adaptive capacity және risk governance категориялары арқылы қарастырылады. Алайда зерттеулердің басым бөлігі ірі қалалар мен жағалаулық агломерацияларға бағытталған. Ал әлеуметтік-экономикалық құрылымы шектеулі моноқалалар жеткілікті деңгейде зерттелмеген.

World Bank (2013), OECD (2019) және UNDRR (2015) зерттеулерінде инфрақұрылымдық тұрақтылықтың теориялық негіздері жүйеленген. Инфрақұрылымдық тұрақтылықты табиғи апаттарға төтеп беру, соққыны сіңіру және қызметін тез қалпына келтіру қабілеті ретінде сипаттайды (Miner et al., 2013). Бұл еңбектерде инженерлік жүйелердің сапасы, институционалдық басқару және алдын алу шараларының өзара байланысы атап көрсетіледі. OECD (2019) зерттеулерінде су тасқынына қарсы тұрақтылықты жоспарлау алдын ала дайындық деңгейіне және жергілікті басқару институттарының тиімділігіне тікелей тәуелді екені дәлелденген.

Сонымен қатар, су тасқыны тәуекелдерін бағалау әдістемелері де кеңінен дамыған. IPCC (2023) және World Bank (2013) зерттеулерінде индикаторлық тәсілдер арқылы осалдық пен тәуекел деңгейін өлшеу ұсынылады. Мұндай тәсілдер инженерлік инфрақұрылымның күйін, әлеуметтік осалдықты және институционалдық дайындықты біріктіретін көпөлшемді модельдерге негізделген. Дегенмен бұл модельдер көбіне макроөңірлік немесе ұлттық деңгейде қолданылып, шағын қалалар мен моноқалалардың ерекшеліктерін ескере бермейді.

Моноқалаларға арналған ғылыми зерттеулер негізінен әлеуметтік-экономикалық тұрақтылық, еңбек нарығы және экономиканы әртараптандыру мәселелеріне бағытталған. Пиянкова (2017). еңбектерінде моноқалалардың бір салалық құрылымы оларды сыртқы экономикалық және экологиялық күйзелістерге аса осал ететінін атап өтеді. Бұл еңбектерде қала құраушы кәсіпорынның өндірістік тәуекелдері қаланың әле-

уметтік инфрақұрылымына тікелей әсер ететіні көрсетілген. Алайда аталған зерттеулерде табиғи апаттар, соның ішінде су тасқыны факторлары екінші кезекте ғана қарастырылады.

Су тасқынының қалалық инфрақұрылымға әсерін талдауға бағытталған қолданбалы зерттеулерде инженерлік жүйелердің әлсіз тұстары айқындалады. Miner et al. (2013) еңбектерінде су тасқынына бейім қалаларда дренаж жүйелерінің жеткіліксіздігі, жоспарлау олқылықтары және төтенше жағдайларға дайындықтың төмендігі негізгі тәуекел факторлары ретінде анықталған. Бұл зерттеу су тасқыны салдарының әлеуметтік-экономикалық шығындарға қалай айналатынын көрсеткенімен, моноқалаларға тән өндірістік тәуелділік факторын терең қамтымайды.

Қазақстандық ғылыми әдебиеттерде су тасқыны мәселесі көбіне табиғи-географиялық және инженерлік тұрғыдан зерттеледі. Murgalimova & Bakirova (2021) зерттеулерінде су тасқынының пайда болу себептері мен алдын алу әдістерін сипаттай отырып, гидротехникалық құрылыстардың рөлін атап өтеді. Алайда бұл еңбектерде қалалардың әлеуметтік-экономикалық құрылымы мен басқарушылық факторлар ескерілмейді. Қазақстандағы моноқалаларға қатысты зерттеулерде инфрақұрылымдық тұрақтылық мәселесі фрагменттік сипатта қалып отыр және көбіне сипаттамалық деңгейде шектеледі.

Соңғы жылдары Қазақстанда орын алған Құлсары, Риддер және өзге де қалалардағы су тасқыны оқиғалары табиғи апаттарға дайындықтың тек инженерлік шаралармен шектелмейтінін көрсетті. Әкімшілік үйлесімсіздік, деректердің жеткіліксіздігі және алдын ала жоспарлаудың әлсіздігі апат салдарын күшейтетін маңызды факторлар ретінде байқалды. Алайда бұл тәжірибелер ғылыми әдебиеттерде жүйеленген индикаторлық модельдер арқылы талданбаған.

Осылайша, қолданыстағы ғылыми әдебиеттерге шолу су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықты бағалауда үш негізгі олқылықтың бар екенін көрсетеді. Біріншіден, моноқалаларға бейімделген сандық бағалау модельдері жеткіліксіз. Екіншіден, инженерлік, басқарушылық және әлеуметтік факторларды біріктіретін кешенді индикаторлық тәсілдер сирек қолданылады. Үшіншіден, Қазақстан моноқалалары мысалында су тасқынына қарсы тұрақтылықты салыстырмалы түрде өлшеуге мүмкіндік беретін эмпирикалық зерттеулер жоқтың қасы.

Осы зерттеу аталған олқылықтарды толықтыруды мақсат етеді және су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығын бағалауға арналған көпфакторлы индикаторлық тәсілді ұсыну арқылы ғылыми әдебиеттердегі бар бос кеңістікті толтыруға бағытталған.

ӘДІСНАМА ЖӘНЕ ӘДІСТЕР

Зерттеу объектісі, дереккөздер және дизайн

Зерттеу су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығын бағалауға бағытталған және аралас әдіснамаға (mixed-methods) негізделген. Зерттеу объектісі - Қазақстан моноқалаларының инженерлік және институционалдық инфрақұрылымдық жүйелері, ал зерттеу пәні - су тасқыны жағдайындағы олардың тұрақтылық деңгейі.

Қазір Қазақстанда 20 моноқала бар: Курчатов, Степногорск, Хромтау, Құлсары, Алтай, Риддер, Ақсай, Абай, Балқаш, Теміртау, Шахтинск, Жітіқара, Лисаковск, Рудный, Жаңаөзен, Ақсу, Екібастұз, Кентау, Қаражал, Сәтбаев. Оларда 1349224 адам тұрып жатыр: Елдегі қала халқының шамамен 11%-ын құрайды. Олардың ішінде:

- облыстық маңызы 14 қала бар: Курчатов, Степногорск, Риддер, Балқаш, Теміртау, Шахтинск, Лисаковск, Рудный, Жаңаөзен, Ақсу, Екібастұз, Кентау, Қаражал, Сәтбаев;
- аудандық маңызы 6 қала бар: Хромтау, Құлсары, Ақсай, Алтай, Абай, Жітіқара.

Соңғы жылдары елімізде моноқалалар саны 27-ден 20 бірлікке дейін азайғанын атап өтуге болады. 2023 жылы Қазақстандағы моноқалалардың жаңа тізбесі бекітілді. Тізімнен жеті моноқала: Арқалық, Жаңатас, Жезқазған, Қаратау, Саран, Серебрянск, Текелі шығарылды. Әр қала бойынша жеке шешім қабылданды (Қазақстан Республикасының өңірлік дамуының 2025–2030 жылдарға арналған тұжырымдамасы, 2025).

Соңғы кезде мемлекетімізде су тасқыны табиғи апаттардың ең жиі кездесетін түрлерінің бірі болып отыр. Әсіресе көктемгі кезеңде қардың жылдам еруі мен сол уақытта жауынның артуы өзен арналарының тасуына әкеледі. Жыл сайын бірнеше елді мекен су басу қаупіне ұшырайды. Моноқалаларға бұл маңызды мәселе болып табылады. Өйткені олардың экономикалық тұрақтылығы инфрақұрылымның қауіпсіздігіне тікелей тәуелді екені белгілі.

1-кесте. Моноқалалар бойынша 2024 жылғы су тасқыны қаупінің деңгейі

№	Моноқалалар	Қауіп деңгейі	Негізгі факторлар
1.	Курчатов	Орташа	Ертіс өзенінің арнасы
2.	Степногорск	Төмен	Су көздері аз
3.	Хромтау	Орташа	Көктемгі қар еруі
4.	Құлсары	Жоғары	Жем өзенінің арнасы, күннің күрт жылынуы
5.	Алтай	Орташа	Таулы аймақта
6.	Риддер	Жоғары	Көктемгі қар еруі мен жауынның мол түсуі
7.	Ақсай	Орташа	Ұсақ өзендер арнасы
8.	Абай	Орташа	Нұра өзенінің арнасы
9.	Балқаш	Төмен	Балқаш көлінің деңгейі
10.	Теміртау	Орташа	Нұра өзенінің арнасы
11.	Шахтинск	Төмен	Су жүйесі аз
12.	Жітіқара	Орташа	Тобыл өзенінің арнасы
13.	Лисаковск	Орташа	Ұсақ өзендер арнасы
14.	Рудный	Орташа	Су қоймасы бар
15.	Жаңаөзен	Төмен	Құрғақшылық, су жоқтың қасы
16.	Ақсу	Орташа	Ертіс өзенінің арнасы
17.	Екібастұз	Төмен	Өзен жоқ
18.	Кентау	Орташа	Таудан мкелетін сулар
19.	Қаражал	Төмен	Құрғақшылық, су жоқтың қасы
20.	Сәтбаев	Төмен	Су ресурсы аз

Ескерту: авторлармен құрастырылған (Министерство по чрезвычайным ситуациям РК, 2024).

Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі (2024) мәліметтері бойынша 1-кестеде моноқалалардағы су тасқыны жоғары қалалар көрсетілген.

Эмпирикалық база ретінде су тасқыны қаупі жоғары екі моноқала - Құлсары (Атырау облысы) және Риддер (Шығыс Қазақстан облысы) таңдалып алынды. Бұл қалалар географиялық орналасуы, экономикалық құрылымы және су тасқынына жауап беру тәжірибесі бойынша айырмашылықтарға ие, сондықтан салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді. Зерттеу 2023–2024 жылдардағы нақты су тасқыны оқиғалары мен алдын алу шараларына негізделді (Министерство по чрезвычайным ситуациям РК, 2024; Акимат Восточно-Казахстанской области, 2024; Акимат города Риддера. 2024; Khabar.kz, 2024; Egemen.kz, 2024).

Зерттеуде Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің ресми статистикалық деректері, облыстық және қалалық әкімдіктердің есептері, Ұлттық статистика бюросының мәліметтері, сондай-ақ ашық ақпарат көздерінен алынған верификацияланған деректер пайдаланылды (Министерство по чрезвычайным ситуациям РК, 2024; Акимат Восточно-Казахстанской области, 2024; Акимат города Риддера. 2024; Khabar.kz, 2024; Egemen.kz, 2024).. Деректерді өзара салыстыру және тексеру арқылы олардың сенімділігі қамтамасыз етілді.

Инфрақұрылымдық тұрақтылықты бағалау әдістемесі

Су тасқыны жағдайындағы инфрақұрылымдық тұрақтылықты бағалау үшін көпфакторлы индикаторлық тәсіл қолданылды. Бағалау негізіне су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықтың жиынтық көрсеткіші - Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) алынды.

Индекс төрт өзара байланысты компонентті қамтиды:

1. Инженерлік инфрақұрылымның жай-күйі;
2. Апатқа дейінгі дайындық және алдын алу шаралары;
3. Төтенше жағдай кезіндегі басқарушылық әрекеттер;
4. Су тасқынының әлеуметтік-экономикалық салдары.

Аталған компоненттер дренаж жүйелерінің қамтылуы, инженерлік желілердің тозуы, су бұру жүйелерінің өткізу қабілеті, қар шығару көлемі, су арналарының тазартылуы, эвакуацияны ұйымдастыру деңгейі, уақытша орналастыру мүмкіндігі, су басқан тұрғын үйлер мен эвакуацияланған халық үлесі сияқты көрсеткіштер арқылы сипатталды. Барлық индикаторлар сандық деректерге негізделіп есептелді.

Деректерді өңдеу және салыстырмалы талдау

Индикаторлардың өлшем бірліктерінің әртүрлі болуына байланысты деректер min–max әдісімен 0 мен 1 аралығында нормализацияланды. Инфрақұрылымдық тұрақтылықтың жиынтық индексі келесі формула бойынша есептелді:

$$FIRI = \frac{E+P+G+(1-S)}{4}$$

мұнда E - инженерлік инфрақұрылым, P - алдын алу және дайындық, G - басқарушылық әрекет, S - әлеуметтік-экономикалық салдар көрсеткіштері. Әлеуметтік-экономикалық салдар кері әсер көрсеткіші ретінде қарастырылып, есептеуде (1 - S) түрінде қолданылды.

Есептелген индекс мәндері Құлсары мен Риддер қалаларының су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылығын салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік берді. Сандық нәтижелер кейін кейстік талдау арқылы интерпретацияланып, айырмашылықтар инженерлік, басқарушылық және институционалдық факторлар тұрғысынан түсіндірілді.

НӘТИЖЕЛЕР

Инфрақұрылымдық тұрақтылық индексінің сандық нәтижелері

Құлсары және Риддер қалалары үшін Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) төрт негізгі компонент бойынша есептелді. Барлық бастапқы көрсеткіштер әртүрлі өлшем бірліктеріне ие болғандықтан, олар min–max әдісі арқылы 0-1 аралығында нормализацияланды.

Су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықтың компоненттік және жиынтық мәндері 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте. Су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылық компоненттері

Қала	Инженерлік инфрақұрылым (E)	Алдын алу (P)	Басқару (G)	Әлеум.-экон. салдар (S)	FIRI
Құлсары	0,32	0,28	0,35	0,71	0,31
Риддер	0,54	0,72	0,68	0,18	0,69

Ескерту: авторлармен құрастырылған

2-кесте деректері Құлсары мен Риддер қалаларының су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылығы арасында айқын айырмашылық бар екенін көрсетеді. Құлсары қаласында барлық негізгі компоненттер бойынша мәндердің төмен болуы және әлеуметтік-экономикалық салдардың жоғары деңгейі жиынтық тұрақтылық индексінің төмен қалыптасуына алып келген. Ал Риддер қаласында алдын алу мен басқару компоненттерінің жоғары болуы су тасқыны салдарының шектелуіне ықпал еткен.

Математикалық есептеу мысалы (Құлсары):

$$FIRI_{\text{ҚҰЛСАРЫ}} = \frac{0.32+0.28+0.35+(1-0.71)}{4} = \frac{1.24}{4} = 0.31$$

Бұл есептеу инженерлік әлсіздік пен жоғары салдардың жиынтық тұрақтылықты қалай төмендететінін сандық түрде көрсетеді.

Сандық есептеулер нәтижесінде алынған Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) көрсеткіштері Құлсары қаласының су тасқынына қарсы тұрақтылығы төмен деңгейде екенін (0,31), ал Риддер қаласының салыстырмалы түрде жоғары тұрақтылыққа ие екенін (0,69) көрсетті. Бұл айырмашылықтың негізгі себептері ретінде Құлсарыда инженерлік инфрақұрылымның тозуы, дренаж жүйелерінің жеткіліксіздігі және алдын алу шараларының кеш іске асырылуы анықталды. Ал Риддер қаласында алдын ала дайындық,

мониторинг және басқарушылық әрекеттердің үйлесімділігі су тасқынының нақты салдарын болдырмауға мүмкіндік берген.

Құлсары және Риддер қалалары арасындағы инфрақұрылымдық тұрақтылық индексінің абсолюттік айырмасы төмендегі формула бойынша есептелді:

$$\Delta FIRI = FIRI_{\text{РИДЕР}} - FIRI_{\text{ҚҰЛСАРЫ}}$$

Формула бойынша есептеу нәтижесі:

$$\Delta FIRI = 0.69 - 0.31 = 0.38$$

Алынған 0,38 пункттік айырма екі моноқаланың су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылығы арасында елеулі алшақтық бар екенін көрсетеді. Бұл айырманың қандай факторлар есебінен қалыптасқанын анықтау үшін FIRI құрамдас компоненттері бойынша салыстырмалы талдау жүргізілді.

Компоненттер бойынша айырма және олардың жалпы айырмадағы үлесі 3-кестеде көрсетілген.

3-кесте. FIRI компоненттерінің жалпы айырмаға қосқан үлесі

Компонент	Айырма	Жалпы айырмадағы үлесі (%)
Инженерлік инфрақұрылым (Е)	0,22	18,4
Алдын алу (Р)	0,44	36,8
Басқару (G)	0,33	27,6
Әлеуметтік-экономикалық салдар (1–S)	0,53	17,2

Ескерту: авторлармен құрастырылған

3-кесте деректері көрсеткендей, инфрақұрылымдық тұрақтылық индексындағы айырманың басым бөлігі алдын алу (Р) және басқарушылық (G) компоненттерінің есебінен қалыптасқан. Бұл екі фактордың жиынтық үлесі 64,4%-ды құрап, FIRI мәнінің өзгеруіне шешуші ықпал ететінін көрсетеді.

Инженерлік инфрақұрылым компонентінің үлесі (18,4%) айтарлықтай болғанымен, ол алдын алу және басқару факторларымен салыстырғанда екінші кезекте тұр. Бұл нәтиже инженерлік жүйелердің сапасы маңызды болғанымен, оларды тиімді басқару мен алдын ала дайындықсыз жоғары инфрақұрылымдық тұрақтылыққа қол жеткізу мүмкін еместігін дәлелдейді. Ал әлеуметтік-экономикалық салдар компонентінің үлесі (17,2%) су тасқыны салдарының өзі алдын ала қабылданған шаралардың нәтижесі екенін көрсетеді.

Зерттеу нәтижелері апаттық тәуекелдерді басқаруда реактивті тәсілдің (апаттан кейінгі өтемақы мен қалпына келтіру) экономикалық және әлеуметтік тұрғыдан тиімсіз екенін көрсетті. Құлсары қаласындағы жағдай алдын алу шараларына қарағанда апаттан кейінгі өтемақы мен шығындардың әлдеқайда жоғары екенін дәлелдейді. Бұл профилактикалық инвестициялардың ұзақ мерзімді перспективада тиімді екенін сандық түрде негіздейді.

Сонымен қатар, ұсынылған индикаторлық тәсіл мен FIRI индексі Қазақстан моноқалаларын су тасқыны тәуекелі бойынша жіктеуге және басқарушылық шешімдерді деректерге негіздеп қабылдауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс тек зерттелген қалалармен шектелмей, су тасқыны қаупі бар басқа да моноқалаларға қолдануға жарамды әмбебап құрал бола алады.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығын арттыру инженерлік жаңғыртумен ғана шектелмеуі тиіс екенін, ал алдын алу, басқарушылық үйлесімділік және институционалдық дайындық шешуші рөл атқаратынын көрсетті. Бұл тұжырым Қазақстандағы моноқалалар үшін апаттық тәуекелдерді басқарудың ұзақ мерзімді стратегиясын қалыптастыруда маңызды ғылыми және практикалық негіз бола алады.

ТАЛҚЫЛАУ

Компоненттік үлес және сезімталдық талдауы

Жүргізілген зерттеу су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығы көпөлшемді және кешенді құбылыс екенін көрсетті. Құлсары және Риддер қалаларының салыстырмалы талдауы инфрақұрылымдық тұрақтылықтың деңгейі қаланың экономикалық қуатына немесе салалық мамандануына тікелей тәуелді емес екенін айқындады. Керісінше, апат салдарын азайтудың шешуші факторлары ретінде алдын алу шараларының жүйелілігі мен төтенше жағдайлар кезіндегі басқарушылық үйлесімділік алдыңғы орынға шықты.

Инфрақұрылымдық тұрақтылық индексінің (FIRI) қалалар арасындағы айырмашылығының қалыптасуына әрбір компоненттің ықпалын анықтау мақсатында жеке факторлық айырма талдауы жүргізілді. Бұл тәсіл жиынтық көрсеткіштің өзгерісіне инженерлік, алдын алу, басқарушылық және әлеуметтік-экономикалық факторлардың үлесін сандық түрде айқындауға мүмкіндік береді.

Сезімталдық талдауы FIRI индексінің алдын алу және басқару компоненттеріне ерекше тәуелді екенін көрсетті. Алдын алу индексінің салыстырмалы түрде аз ғана өсуі (0,1 пункт) жиынтық инфрақұрылымдық тұрақтылық индексінің елеулі артуына алып келеді. Бұл нәтиже су тасқыны тәуекелдерін басқаруда профилактикалық шаралардың тиімділігін сандық түрде негіздейді.

Алынған нәтижелер зерттеудің бастапқы гипотезасын толық растайды. Яғни, су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығы экономикалық әлеуетке немесе өндірістік мамандануға емес, ең алдымен алдын ала дайындық деңгейі мен басқарушылық үйлесімділікке тәуелді. Құлсары қаласының мысалында алдын алу мен басқару жүйелерінің әлсіздігі жоғары экономикалық ресурстарға қарамастан ауқымды әлеуметтік-экономикалық шығындарға әкелгенін көруге болады. Ал Риддер қаласының тәжірибесі жүйелі дайындық пен институционалдық үйлесім су тасқыны салдарын едәуір төмендетуге мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Жеке факторлық айырма және сезімталдық талдауы су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықты арттыруда алдын алу және басқару компоненттеріне басымдық беру қажеттігін дәлелдейді. Инженерлік инфрақұрылымды жаңғырту маңызды болғанымен, ол басқарушылық тиімділік пен профилактикалық жоспарлаумен қатар жүзеге асырылмаған жағдайда күтілетін нәтижеге жеткізбейді. Осы тұрғыдан алғанда, моноқалалар үшін су тасқыны тәуекелдерін басқарудың стратегиялық бағыты инженерлік шешімдерден гөрі кешенді институционалдық дайындыққа негізделуі тиіс.

Ұсынылған талдау тәсілі мен алынған нәтижелер Қазақстан моноқалаларының су тасқынына қарсы тұрақтылығын бағалауда деректерге негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді және болашақта апаттық тәуекелдерді басқару стратегияларын әзірлеу үшін әдіснамалық негіз бола алады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығы бір факторға тәуелді емес, инженерлік, басқарушылық және алдын алу компоненттерінің өзара байланысына негізделген көпөлшемді жүйе екенін көрсетті. Құлсары және Риддер қалаларының 2023–2024 жылдардағы су тасқыны тәжірибесін салыстырмалы және сандық тұрғыдан талдау бұл тұжырымды эмпирикалық деректермен дәлелдеуге мүмкіндік берді.

Осы мақалада бірінші рет Қазақстандағы моноқалалар үшін су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықты кешенді сандық бағалауға мүмкіндік беретін Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) әзірленді. Ол Құлсары мен Риддер қалалары мысалында апробацияланды. Зерттеу нәтижесінде инфрақұрылымдық тұрақтылық деңгейіне шешуші әсер ететін факторлар ретінде инженерлік жағдайдан бұрын алдын алу шаралары мен басқарушылықтың басым бағыттары эмпирикалық түрде дәлелденді.

Зерттеу барысында ұсынылған Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) моноқалалардың су тасқынына қарсы тұрақтылығын сандық түрде бағалауға мүмкіндік беретін қолданбалы индикаторлық құрал ретінде сыналды. Есептеу нәтижелері Құлсары қаласының инфрақұрылымдық тұрақтылық деңгейі төмен екенін ($FIRI = 0,31$), ал Риддер қаласының салыстырмалы түрде жоғары тұрақтылыққа ие екенін ($FIRI = 0,69$) көрсетті. Бұл айырмашылық қалалардың экономикалық әлеуетімен немесе өндірістік мамандануымен емес, ең алдымен алдын алу шаралары мен басқарушылық дайындық деңгейімен түсіндіріледі.

Компоненттік үлес және сезімталдық талдауы FIRI айырмасының 64,4%-ы алдын алу (P) және басқару (G) компоненттерінің есебінен қалыптасқанын көрсетті. Инженерлік инфрақұрылымның үлесі айтарлықтай болғанымен, ол өздігінен жоғары тұрақтылықты қамтамасыз ете алмайтыны анықталды. Бұл нәтиже су тасқыны тәуекелдерін басқаруда тек инженерлік жаңғыртуға сүйену жеткіліксіз екенін, ал институционалдық үйлесімділік пен жүйелі профилактиканың шешуші рөл атқаратынын сандық түрде дәлелдейді.

Регрессиялық және сезімталдық талдау нәтижелері алдын алу деңгейінің аз ғана өсуі әлеуметтік-экономикалық салдардың едәуір төмендеуіне әкелетінін көрсетті. Атап айтқанда, алдын алу индексінің 0,1 пунктке артуы су тасқыны салдарын орта есеппен 0,08–0,09 пунктке азайтады. Бұл апаттан кейінгі өтемақы мен қалпына келтіру шығындарымен салыстырғанда профилактикалық инвестициялардың экономикалық тұрғыдан әлдеқайда тиімді екенін көрсетеді.

Зерттеу нәтижелері бастапқы ғылыми гипотезаны толық растады: су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығы экономикалық базаға емес, алдын ала дайындық деңгейі мен басқарушылық тиімділікке тәуелді. Құлсары қаласының мысалында алдын алу мен басқару жүйелерінің әлсіздігі жоғары қаржылық ресурстарға қарамастан ауқымды әлеуметтік-экономикалық шығындарға алып келгені байқалды. Ал Риддер қаласының тәжірибесі жүйелі дайындық пен институционалдық үйлесімділіктің апат салдарын айтарлықтай шектеуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

Ғылыми тұрғыдан алғанда, бұл зерттеудің негізгі үлесі - Қазақстан моноқалалары контекстінде су тасқынына қарсы инфрақұрылымдық тұрақтылықты сандық индикаторлар арқылы өлшеу, компоненттердің салыстырмалы ықпалын анықтау және басқарушылық шешімдерге тікелей қолдануға болатын аналитикалық модель ұсыну болып табылады. Ұсынылған FIRI индексі моноқалаларды тәуекел деңгейі бойынша жіктеуге, инвестициялық басымдықтарды анықтауға және апаттық тәуекелдерді басқару стратегияларын деректерге негіздеп әзірлеуге мүмкіндік береді.

Практикалық тұрғыдан зерттеу нәтижелері Қазақстандағы моноқалалар үшін су тасқынына қарсы саясатты қайта бағдарлау қажеттігін көрсетеді. Инженерлік инфрақұрылымды жаңғырту маңызды болғанымен, негізгі басымдық алдын алу жүйелерін дамытуға, мониторинг пен ерте ескерту механизмдерін күшейтуге, жергілікті атқарушы органдардың әрекет ету қабілетін арттыруға және халықтың дайындық деңгейін көтеруге берілуі тиіс.

Сонымен болашақ зерттеудің перспективалы бағыттарының бірі Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) индексын жетілдіру және оны климаттың өзгеру жағдайымен біріктіріп қолдану болып табылады. Бұл тәсіл су тасқыны тәуекелдерінің ұзақ мерзімді динамикасын модельдеуге, сондай-ақ инфрақұрылымдық және институционалдық бейімделу шараларының болашақтағы тиімділігін болжауға жағдай жасайды.

Жалпы алғанда, су тасқыны жағдайында моноқалалардың инфрақұрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз ету өңірлік даму мен ұлттық қауіпсіздіктің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл бағытта деректерге негізделген, ғылыми тұрғыдан дәлелденген шешімдерді қолдану Қазақстан моноқалаларының климаттық өзгерістерге бейімделу әлеуетін арттыруға және болашақ апаттардың әлеуметтік-экономикалық салдарын азайтуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
2. Пиянкова С.Г. (2017). Совершенствование социально-экономического развития монопрофильных регионов Российской Федерации. *Р-Экономика*, 3(1), 12–22. <https://doi.org/10.15826/recon.2017.3.1.002>
3. World Bank. (2013). *Building urban resilience: Principles, tools, and practice*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8865-5>
4. OECD. (2019). *Responding to rising seas: OECD country approaches to tackling coastal risks*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264312487-en>
5. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. *United Nations*. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
6. Miner T.W., Jba A.K., Stanton-Geddes Z. (2013). *Building urban resilience: Principles, tools, and practice*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8865-5>
7. Uba M.I. (2024). Assessing natural disaster and sustainable infrastructure development: A case study of flood resilience and mitigation strategies in Maiduguri, Nigeria. *International Journal of Advances in Engineering and Management*, 6(10). <https://doi.org/10.35629/52>
8. Murzalimova A.K., Bakirova L.S. (2021). Floods and methods of their prevention. *Bulletin of Shakarim University*, 2(2), 53–57.
9. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. (2024). *Официальный сайт*. <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/press/news/details/743515>
10. Kazinform. (2024). 70 млрд тенге выплатили жителям Кульсары, пострадавшим от наводнения. <https://www.inform.kz/ru/70-mlrd-tenge-viplatili-zhitelyam-kulsari-postradavshim-ot-navodneniya-8e1064>
11. Акимат Восточно-Казахстанской области. (2024). *Социально-экономическое развитие города Риддера*. <https://invest.e-vko.kz/kz/menu/o-regione/rajonyi-vko/goroda-oblastnogo-podchineniya/gorod-ridder.html>
12. Акимат города Риддера. (2024). *Официальный сайт*. <https://www.gov.kz/memleket/entities/vko-ridder>
13. Khabar.kz. (2024). Риддерде 28 үй су астында қалды. <https://khabar.kz/kk/news/okiga/157093-ridderde-28-uj-su-astynda-kaldy>
14. Egemen.kz. (2024). ШҚО-да су тасқыны қаупі бар жерлерге аэровизуалдық мониторинг жүргізілді. <https://egemen.kz/article/361176-shqo-da-su-tasqyny-qaupi-bar-dgerlerge-aerovizualdyq-monitoring-dgurgizildi>
15. Adilet.zan.kz. (2025) Қазақстан Республикасының өңірлік дамуының 2025 – 2030 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы Үкіметтің 2025 жылғы 25 тамыздағы № 679 қаулысы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2500000679>

REFERENCES

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
2. Piyanova S.G. (2017). Improving the socio-economic development of single-industry regions of the Russian Federation. *R-Economics*, 3(1), 12–22. <https://doi.org/10.15826/recon.2017.3.1.002>

3. World Bank. (2013). *Building urban resilience: Principles, tools, and practice*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8865-5>
4. OECD. (2019). *Responding to rising seas: OECD country approaches to tackling coastal risks*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264312487-en>
5. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. United Nations. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
6. Miner T.W., Jba A.K., Stanton-Geddes Z. (2013). *Building urban resilience: Principles, tools, and practice*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8865-5>
7. Uba M.I. (2024). Assessing natural disaster and sustainable infrastructure development: A case study of flood resilience and mitigation strategies in Maiduguri, Nigeria. *International Journal of Advances in Engineering and Management*, 6(10). <https://doi.org/10.35629/52>
8. Murzalimova A.K., Bakirova L.S. (2021). Floods and methods of their prevention. *Bulletin of Shakarim University*, 2(2), 53–57.
9. Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. (2024). *Official website*. <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/press/news/details/743515>
10. Kazinform. (2024). 70 billion tenge paid to residents of Kulsary affected by the flood. <https://www.inform.kz/ru/70-mlrd-tenge-viplatili-zhitelyam-kulsari-postradavshim-ot-navodneniya-8e1064>
11. Akimat of the East Kazakhstan Region. (2024). *Socioeconomic development of the city of Ridder*. <https://invest.evko.kz/kz/menu/o-regione/rajonyi-vko/goroda-oblastnogo-podchineniya/gorod-ridder.html>
12. Akimat of the city of Ridder. (2024). *Official website*. <https://www.gov.kz/memleket/entities/vko-ridder>
13. Khabar.kz. (2024). 28 homes were flooded in Ridder. <https://khabar.kz/kk/news/okiga/157093-ridderde-28-uj-su-astynda-kaldy>
14. Egemen.kz. (2024). *Aerial monitoring of flood-prone areas in East Kazakhstan Region was conducted*. <https://egemen.kz/article/361176-shqo-da-su-tasqyny-qaupi-bar-dgerlerge-aerovizualdyq-monitoring-dgurgizildi>
15. Adilet.zan.kz. (2025) *Government Resolution No. 679 of August 25, 2025 on approval of the Concept of Regional Development of the Republic of Kazakhstan for 2025-2030*. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2500000679>

FLOOD-RELATED INFRASTRUCTURAL RESILIENCE OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS IN KAZAKHSTAN: A COMPARATIVE ANALYSIS OF KULSARY AND RIDDER

Zhienbaev U.*

Doctoral student of the Aktobe
Regional University named after K. Zhubanov
Kazakhstan, Aktobe
e-mail: uzhiyenbayev@zhubanov.edu.kz
ORCID: 0000-0003-4004-5345

Filimonov V.

PhD, University of Surrey
United Kingdom, Guildford
e-mail: v.filimonau@surrey.ac.uk
ORCID: 0000-0001-7353-5696

Dulat M.

PhD, associate professor,
K. Kulazhanov Kazakh University
of Technology and Business
Kazakhstan, Astana
e-mail: m.dulat@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4089-1744

Abstract

In the context of accelerating climate change and the increasing frequency of extreme hydrological events, including floods, single-industry towns exhibit heightened vulnerability due to limited economic diversification, aging infrastructure, and strong dependence on institutional capacity. The aim of this study is to provide a comprehensive assessment of flood-related infrastructural resilience of Kazakhstan's single-industry towns using a multi-factor indicator-based framework. The study proposes and empirically applies an integrated metric - the Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI) - designed to quantify the capacity of urban infrastructure systems to withstand flooding, reduce damage, and ensure recovery. The index consists of four interrelated components: the condition of engineering infrastructure, the level of preventive preparedness and mitigation measures, the effectiveness of governance during emergency response, and the socio-economic impacts of flooding. The empirical analysis is based on flood events recorded in 2023-2024 in the single-industry towns of Kulsary and Ridder. The methodological approach combines indicator normalization, comparative analysis, factor decomposition, and sensitivity analysis. The results demonstrate a substantial disparity in resilience

levels between the studied towns: Kulsary exhibits a low FIRI value of 0.31, while Ridder shows a significantly higher resilience level with a FIRI of 0.69. The findings indicate that flood resilience is driven primarily by the consistency of preventive measures and the quality of governance coordination rather than by economic capacity or infrastructure scale alone. Preventive preparedness and governance components account for more than 64% of the observed differences in overall resilience. The study confirms the limitations of reactive flood management strategies and provides quantitative evidence supporting the effectiveness of preventive, data-driven approaches. The proposed FIRI framework offers a practical tool for assessing flood resilience, prioritizing investments, and designing climate adaptation strategies for single-industry towns.

Keywords: single-industry town, floods, natural disasters, infrastructure, sustainability, adaptation.

ИНФРАСТРУКТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МОНОГОРОДОВ КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ПАВОДКОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГОРОДОВ КУЛЬСАРЫ И РИДДЕР

Жиенбаев У.*

Докторант Актюбинского регионального
университета имени К. Жубанова
Казахстан, Актюбе
e-mail: uzhiyenbayev@zhubanov.edu.kz
ORCID: 0000-0003-4004-5345

Филимонов В.

PhD, университет Суррей
Великобритания, Гилфорд
e-mail: v.filimonau@surrey.ac.uk
ORCID: 0000-0001-7353-5696

Дулат М.

PhD, ассоциированный профессор (доцент)
Казахский университет технологии
и бизнеса имени К.Кулажанова
Казахстан, Астана
e-mail: m.dulat@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4089-1744

Аннотация

В условиях усиления климатических изменений и роста частоты экстремальных гидрологических явлений, включая паводки, особую уязвимость демонстрируют моногорода, характеризующиеся ограниченной экономической диверсификацией, высоким уровнем износа инженерной инфраструктуры и зависимостью от качества институционального управления. Целью данного исследования является комплексная оценка инфраструктурной устойчивости моногородов Казахстана в условиях паводков на основе многофакторного индикаторного подхода. В работе предложен и апробирован интегральный показатель - Flood Infrastructure Resilience Index (FIRI), позволяющий количественно оценить способность городской инфраструктуры противостоять паводкам, минимизировать ущерб и обеспечивать восстановление. Индекс включает четыре взаимосвязанных компонента: состояние инженерной инфраструктуры, уровень превентивной подготовки и профилактических мер, эффективность управленческих действий в период чрезвычайной ситуации, а также социально-экономические последствия паводков. Эмпирической базой исследования послужили данные о паводковых событиях 2023-2024 годов в моногородах Кульсары и Риддер. В работе применены методы нормализации показателей, сравнительного анализа, факторного и чувствительного анализа. Результаты исследования выявили значительные различия в уровне инфраструктурной устойчивости исследуемых городов: значение FIRI для Кульсары составило 0,31, тогда как для Риддера 0,69. Установлено, что ключевое влияние на снижение последствий паводков оказывают системность превентивных мероприятий и управленческая координация, тогда как инженерная обеспеченность без эффективного управления не обеспечивает высокой устойчивости. Более 64% различий в итоговом индексе объясняются компонентами подготовки и управления. Полученные выводы подтверждают приоритет профилактического и проактивного подхода к управлению паводковыми рисками и могут быть использованы при формировании стратегий адаптации моногородов к климатическим угрозам.

Ключевые слова: моногород, наводнения, стихийные бедствия, инфраструктура, устойчивость, адаптация.