

Код МРНТИ 89.57.35

*Н.С. Доненбаева¹, Н.А. Турсынбаев¹, М.Б. Игемберлина², Д.А. Жумабекова¹
¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана қ., Қазақстан),
²Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті
(Қарағанды қ., Қазақстан)

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ҚҰЛСАРЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ СУ ТАСҚЫННЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСІН МОНИТОРИНГТЕУ

Аннотация. Бүгінгі таңда Жерді қашықтықтан зондтау әдістері (ЖҚЗ) су тасқыны сияқты динамикалық және ауқымды құбылыстарды қоса алғанда, табиғи апаттарды зерттеу мен бақылауда шешуші рөл атқарады. Бұл технология жер бетіндегі өзгерістерді әртүрлі спектрлік диапазондарда түсіруге мүмкіндік береді, бұл кешенді кеністіктік-уақыттық талдау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. ЖҚЗ деректерін пайдалану су басу аймақтарын картаға түсіру, олардың даму динамикасын қадағалау және ықтимал залалды болжау тиімділігін айтарлықтай арттырады. Зерттеу аясында мультиспектралды суреттер негізінде Құлсары қаласының ауданындағы су объектілерінің уақытша өзгерістеріне талдау жүргізілді. Деректерді өңдеу нәтижесінде көктемгі және күзгі кезеңдердегі су бетінің ауданы мен конфигурациясының өзгеруі анықталды, бұл жауын-шашынның көбеюіне байланысты.

Түйінді сөздер: су тасқыны, мониторинг, ылғалдылық, диаграмма, экология, атрибуттық кесте, бағдарлама, ауытқу.

Monitoring the dynamics of flooding in the city of Kulsary using remote sensing data

Abstract. Under contemporary conditions, Remote Sensing (RS) techniques play a pivotal role in the investigation and monitoring of natural hazards, particularly rapid and large-scale phenomena such as fluvial flooding. This technology facilitates the systematic recording of Earth surface modifications across diverse spectral bands, enabling robust spatio-temporal analysis. Such capabilities contribute to an objective assessment of both natural and anthropogenic drivers impacting the environment. As part of the study, an analysis of temporary changes in water bodies in the area of the city of Kulsary was carried out on the basis of multispectral images. As a result of data processing, variations in the area and configuration of the water surface in the spring and autumn periods were revealed, due to an increase in precipitation.

Key words: flood, monitoring, humidity, diagram, ecology, attribute table, program, deviation.

Мониторинг динамики наводнений в городе Кулсары по данным дистанционного зондирования Земли

Аннотация. В современных условиях методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) играют ключевую роль в изучении и мониторинге стихийных бедствий, включая такие динамичные и масштабные явления, как наводнения. Данная технология позволяет фиксировать изменения земной поверхности в различных спектральных диапазонах, обеспечивая возможность комплексного пространственно-временного анализа. Использование данных ДЗЗ существенно повышает эффективность картографирования зон затопления, отслеживания динамики их развития и прогнозирования потенциального ущерба. В рамках исследования на основе мультиспектральных снимков и проведен анализ временных изменений водных объектов в районе города Кулсары. В результате обработки данных выявлены вариации площади и конфигурации водной поверхности в весенний и осенний периоды, что обусловлено увеличением количества осадков.

Ключевые слова: наводок, мониторинг, влажность, диаграмма, экология, атрибутивная таблица, программа, отклонение.

Кіріспе

Қазақстан Республикасы үшін су тасқыны құбылысы ұлттық қауіпсіздік пен экономикалық тұрақтылыққа елеулі қатер төндіретін негізгі табиғи деструктивті факторлардың бірі болып саналады. Елдің гидрографиялық желісінің ерекшеліктері, трансшекаралық өзендердің көптігі және климаттық трансформациялар – әсіресе қысқы жауын-шашын мөлшерінің артуы мен көктемгі қар еру фазасының жылдамдауы – су деңгейінің критикалық көрсеткіштерге дейін көтерілуіне негізгі себепші болуда. Бұл жағдайлар су тасқынының қайталану периодын қысқартып, оның жойқын күшін арттырып отыр.

Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) әдісімен су тасқыны динамикасының мониторингі су басқан аумақтарды анықтау, олардың ауданы мен тереңдігін бағалау, сондай-ақ тәуекел карталарын жасау үшін оптикалық, радиолокациялық және ғарыштық деректерді пайдалану отырып, спутниктік деректер арқылы су тасқынының дамуын жедел бақылауға және болжауға мүмкіндік береді.

Су тасқынын бақылау кезінде ЖҚЗ артықшылықтары:

- тиімділік: спутниктік деректер апат ауқымын жылдам бағалауға мүмкіндік береді;
- аумақтарды қамтудың кеңдігі: қол жетімділігі қиын аумақтарды қоса алғанда, үлкен аумақтарды бақылау мүмкіндігі;
- тарихи талдау: өткен су тасқынын талдау және модельдер құру үшін суреттер мұрағатына қол жеткізу;

- кешенділік: су туралы ғана емес, сонымен қатар инфрақұрылымның жай-күйі, өсімдіктер, топырақтың ылғалдылығы туралы ақпарат алу.

Қолдану:

- болжау және ескерту: тәуекелдерді бағалау, су тасқынының таралуын болжау;
- шұғыл әрекет ету: құтқарушылар үшін апат аймақтарын анықтау және залалды бағалау;
- ұзақ мерзімді жоспарлау: қорғау шараларын әзірлеу, аумақтарды қалпына келтіру.

Тасқын сулардың теріс әсері мультипликативті сипатқа ие: ол тек аграрлық секторды ғана емес, сонымен қатар көлік-коммуникациялық және инженерлік инфрақұрылымдарды, стратегиялық нысандарды қамтиды. Су астында қалған ауыл шаруашылығы алқаптары мен жайылымдардың деградацияға ұшырауы елдің азық-түлік қауіпсіздігіне тікелей нұқсан келтіреді. Сонымен қатар, тұрғын үй қорының зақымдануы мен әлеуметтік маңызы бар нысандардың қирауы халықтың демографиялық және әлеуметтік жағдайына кері әсерін тигізіп, мемлекеттік бюджетке салмақ түсіреді. Экологиялық тұрғыдан алғанда, мұндай апаттар ландшафттардың тұрақтылығын бұзып, табиғи ресурстардың сарқылуына әкеп соқтыруы мүмкін.

2024 жылғы көктемгі кезеңде Қазақстан заманауи тарихындағы ең ауқымды гидрологиялық апаттардың біріне тап болды. Елдің 10 аймағында төтенше жағдай режимінің жариялануы мен 120 мыңнан астам азаматтың қауіпсіз аймақтарға эвакуациялануы оқиғаның қаншалықты күр-

делі болғанын айғақтайды. Бұл жағдай табиғи апаттардың салдарымен күресуде кешенді әлеуметтік-экономикалық мониторинг пен жедел басқару шешімдерінің маңыздылығын көрсетті.

Мемлекет тарапынан зардап шеккен өңірлердің инфрақұрылымын қайта қалпына келтіру бойынша ауқымды жұмыстар атқарылды. Атап айтқанда:

- *тұрғын үй мәселесі: «Қазақстан халқына» қоры мен демеушілер есебінен баспанасыз қалған азаматтар үшін жаңа тұрғын үйлер салынды;*

- *экономикалық қолдау: кәсіпкерлік субъектілеріне келтірілген зиянды өтеудің арнайы қаржылық тетіктері іске қосылды;*

- *инфрақұрылымдық оңалту: қираған жолдар мен көпірлерді қалпына келтіру арқылы көлік қатынасы қайта жанданды.*

2024 жылғы су басу процестерінің негізгі детерминанттары ретінде атмосфералық жауын-шашынның нормадан тыс көптігі мен топырақтың тым ылғалдануы (немесе қату тереңдігі) фонындағы қарқынды жылыну анықталды. Әсіресе Ақтөбе, Атырау және Батыс Қазақстан облыстарындағы су қоймалары мен өзендердегі су деңгейі тарихи максимумдардан асып түсті. Төменде келтірілген суретте Қазақстан аумағындағы 2024 жылғы көктемгі кезеңдегі топырақ ылғалдылығы мен жауын-шашынның нормаға қатысты пайыздық арақатынасы берілген¹.

Геодезиялық негіздеме жасау әдістемесі

Көктемгі кезеңдегі ылғал жинақталудың көпжылдық орташа мәннен ауытқу көрсеткіштері гидрологиялық болжамдау мен төтенше жағдайлардың алдын алу жүйесіндегі іргелі индикаторлар болып табылады. Топырақтың бастапқы ылғалдылық күйі көктемгі ағынның қалыптасуында шешуші рөл атқарады. Топырақ профилінде ылғалдың шектен тыс жиналуы оның инфильтрациялық қабілетін төмендетіп, гидрографиялық желілердегі су көлемінің экстенсивті өсуіне және тасқындық құбылыстардың өршуіне тікелей жағдай жасайды.

Ылғалдың жоғары концентрациясы еріген қар және атмосфералық жауын-шашын суларының топыраққа сіңуіне кедергі келтіріп, беткі ағын коэффициентінің артуына әкеледі.

Бұл үдеріс су массаларының өзен арналарында қысқа мерзімде шоғырлануын жеделдетіп, судың арнасынан шығып, жайылма аймақтарды басу қаупін тудырады. Сондықтан топырақтың ылғалдану деңгейін жүйелі түрде мониторингтеу – қауіп-қатерді алдын ала бағалау мен превентивті инженерлік қорғаныс шараларын ұйымдастырудың ғылыми негізі болып табылады [1].

2024 жылғы көктемгі маусымда Құлсары қаласы экстремалды гидрологиялық ахуалдың салдарынан елеулі әлеуметтік-экономикалық зардаптарға ұшырады. Климаттық факторлардың үйлесуі, атап айтқанда, қар жамылғысының қарқынды абляциясы (еруі) мен жауын-шашынның нормативтік көрсеткіштерден аномальді артуы Қамыскөл су айдынындағы деңгейдің критикалық шекке жетуіне детерминант болды.

Наурыз және сәуір айларындағы күрделі гидрометеорологиялық жағдайлар Құлсары арнасының өткізу қабілетінен асып түсетін су ағынын қалыптастырып, қаланың селителі аймақтары мен стратегиялық инфрақұрылым нысандарының су астында қалуына соқтырды. Төменде «Қазгидромет» РМК деректеріне сүйене отырып дайындалған, 2024 жылғы су деңгейінің қауіпті межелерге жету динамикасын бейнелейтін графикалық материалдар ұсынылған [3].

Құлсары қаласының су басу аймақтарына кеңістіктік-уақыттық верификация жүргізу мақсатында Earth Explorer геоақпараттық порталының мәліметтері негізге алынды. Аталған платформаның функционалдық бағыты – қашықтықтан зондтау материалдары мен географиялық ақпараттарды интерактивті режимде визуализациялау мен экспорттауды қамтамасыз ету. Зерттеу барысында осы ресурс арқылы Landsat 8 аппаратының мультиспектралды түсірілімдері алынып, гидрологиялық нысандардың картографиялық модельдері әзірленді.

NASA-ның Жерді қашықтықтан зерттеу миссияларының ажырамас бөлігі болып табылатын Earth Explorer жүйесі ғаламдық экологиялық трансформацияларды, климаттық ауытқуларды және табиғи ресурстардың жай-күйін үздіксіз бақылауға арналған. Ғарыштық аппараттардан келетін ақпараттар легі атмосфералық процестерді, мұхиттық динамиканы және құрлықтық бедердің антропогендік әрі табиғи өзгерістерін іргелі зерттеуге мүмкіндік береді. Миссияның басты концепциясы – жер жүйелеріндегі өзгерістерді тіркеу арқылы жоғары дәлдіктегі ғылыми деректер базасын қалыптастыру [4].

Платформа ұсынатын деректер жиынтығының ішінде Landsat сериялы спутниктерінің өнімдері ерекше ғылыми құндылыққа ие. Әсіресе, Landsat 8 аппараты жер бетінің мониторингін жүргізу мен ландшафттық өзгерістерді талдауда жоғары тиімділік көрсетеді. Оның негізгі преференцияларына мыналар жатады:

- *кеңістіктік ажыратымдылық: 30 метрлік пиксельдік дәлдік деңгейі егжей-тегжейлі картографиялық талдау жасауға мүмкіндік береді;*

- *мультиспектралды мүмкіндіктер: электромагниттік спектрдің түрлі диапазондарында деректер жинау арқылы нысандарды идентификациялау дәлдігін арттырады;*

- *периодтылық: әр 15 күн сайын жер бетінің нақты бір нүктесін қайта түсіру мүмкіндігі уақыттық динамиканы зерттеуге жол ашады.*

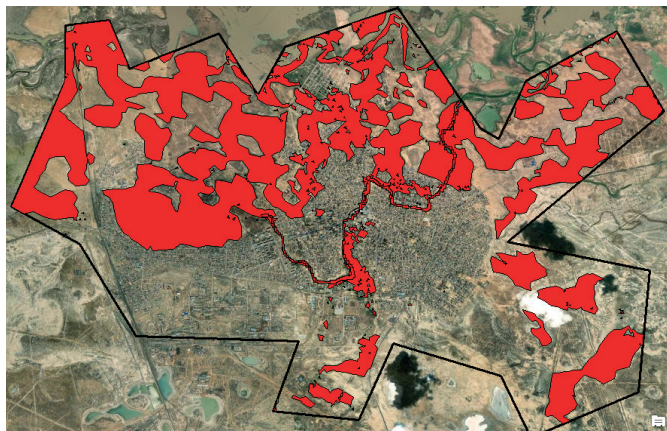
Landsat 8 суреттері негізінде Құлсары аймағындағы гидрологиялық нысандардың «су айнасын» (water surface extent) анықтау – су ресурстарын басқару мен экологиялық болжамдаудың пәрменді құралы. Су айнасының картографиялық моделі су нысандарының нақты уақыт мезетіндегі кеңістіктік конфигурациясын, ауданын және динамикалық ауытқуларын бейнелейді.

Мұндай экологиялық мониторинг нәтижелері су ресурстарын ұтымды пайдалануға қажетті ақпараттық базаны құрайды. Су деңгейінің вариациялары мен су бетінің ауданындағы өзгерістерді талдау арқылы экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, су тапшылығының алдын

¹Қазгидромет: URL: http://ecodata.kz:3838/app_dg_map_ru/ (жүзінген күні 15.10.2024).

алу және экожүйелердің регенерациялық әлеуетін сақтау бойынша ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға болады. Сонымен қатар су айнасы деректері экологиялық қауіпсіздік пен тұрақты даму саясатын ғылыми тұрғыдан негіздеуге мүмкіндік береді [5–6].

Келесі суреттерде Landsat 8 деректері негізінде алынған Құлсары қаласының су айнасы көрсетілген (1-сурет).



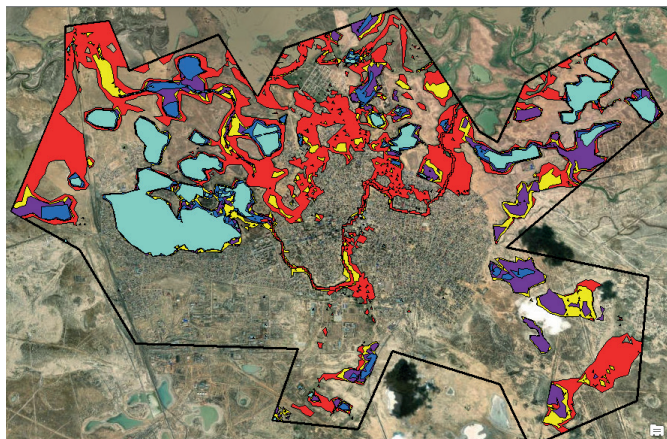
Сурет 1. Құлсары қаласының 2024 жылғы сәуір айының су айнасы.

Figure 1. Water surface of Kulsary city in april 2024.

Рис. 1. Водная поверхность города Кулсары в апреле 2024 года.

Су айнасы арқылы су объектілерінің динамикасын бақылау су ресурстарын басқару жүйесінің тиімділігін арттырады. Бұл тәсіл су тасқыны немесе құрғақшылық жағдайында су қорларын ұтымды пайдалану жөнінде дер кезінде басқарушылық шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

2-суретте су айнасының маусымдық өзгерісін сипаттайтын деректер ұсынылған: сәуір айы – қызыл түспен, мамыр – сары, маусым – күлгін, шілде – көк, ал тамыз – көгілдір түспен бейнеленген.



Сурет 2. Құлсары қаласының 2024 ж. көктем мен жаз айларының су айнасы.

Figure 2. Dynamics of the water surface of Kulsary city in the spring-summer period of 2024.

Рис. 2. Динамика водной поверхности города Кулсары в весенне-летний период 2024 года.

Зерттеу барысында алынған мәліметтер су ресурстарының көлемдік көрсеткіштерінде айқын маусымдық вариациялар бар екенін көрсетті. Әсіресе, көктемгі су тасқынының шарықтау шегі байқалатын сәуір айы мен гидрологиялық межень кезеңіне сәйкес келетін тамыз айы арасындағы айырмашылықтың экстремалды деңгейі тіркелді. Бұл диспропорция аймақтың климаттық ерекшеліктері мен өзен ағынының қалыптасу жағдайларының тікелей көрінісі болып табылады.

ArcGIS бағдарламалық кешеніндегі атрибуттық кесте (Attribute Table) геоақпараттық жүйенің іргелі компоненті ретінде кеңістіктік нысандарға қатысты семантикалық ақпаратты сақтау мен басқарудың негізгі құралы болып табылады. Ол нүктелік, сызықтық және полигондық векторлық деректердің геометриялық параметрлерін олардың сапалық және сандық сипаттамаларымен (атрибуттарымен) біріктіреді. Бұл интеграция зерттеу нысандарына кешенді кеңістіктік-статистикалық талдау жүргізуге жағдай жасайды.

Атрибуттық кестенің логикалық құрылымы реляциялық деректер базасының қағидаларына негізделген:

- *жолдар (Records):* әрбір жол бірегей географиялық объектіні бейнелейді;

- *бағандар (Fields):* әрбір баған объектінің нақты бір сипаттамасын (ауданы, периметрі, атауы, функционалдық мақсаты және т. б.) айқындайды [7–8].

Картографиялық объектілердің атрибуттық деректермен өзара байланысы аумақтық заңдылықтарды анықтауға, динамикалық үдерістерді модельдеуге және кеңістіктік сұраныстарды (spatial queries) тиімді орындауға мүмкіндік береді.

ArcGIS ортасында атрибуттық ақпаратты пайдалану деректерді визуализациялау, жіктеу және редукциялау (сүзгілеу) процестерін оңтайландырады. Белгілі бір критерийлер бойынша нысандарды іріктеу (Selection by Attributes) аналитикалық жұмыстардың дәлдігін арттырады. Сонымен қатар, атрибуттық мәліметтер базасы негізінде құрастырылатын тақырыптық карталар мен аналитикалық диаграммалар кеңістіктік деректердің құрылымдық ерекшеліктерін көрнекі түрде ұсынуға және ғылыми негізделген қорытындылар жасауға мүмкіндік береді.

Нәтижелері

Атрибуттық кестелер географиялық деректерді жүйелі әрі тиімді басқаруға мүмкіндік беретін әмбебап құрал ретінде қарастырылады. ArcGIS бағдарламасында атрибуттарды өңдеуге, жаңартуға және талдауға арналған арнайы функциялар мен құралдар жиынтығы бар. Бұл мүмкіндіктер кеңістіктік және семантикалық деректерді өзара байланыстыра отырып кешенді зерттеулер жүргізуге жағдай жасайды, әсіресе картографиялық және экологиялық мониторинг салаларында маңызды рөл атқарады.

3 және 4 суреттерде сәуір және тамыз айларындағы су көлемінің өзгерісі атрибуттық кесте деректері негізінде көрсетілген.

FID	Shape *	OBJECTID	Id	gridcode	Shape_Leng	Shape_Area
0	Полигон	10	10	1	2946.813642	260712.236162
1	Полигон	13	13	1	113.186599	616.202162
2	Полигон	17	17	1	113.186599	616.202162
3	Полигон	18	18	1	113.186599	616.202162
4	Полигон	19	19	1	414.636737	7681.334968
5	Полигон	20	20	1	113.186599	616.202162
6	Полигон	21	21	1	386.139988	8710.356496
7	Полигон	22	22	1	113.186599	616.202162
8	Полигон	24	24	1	213.012932	2132.219299
9	Полигон	27	27	1	113.186599	616.202162
10	Полигон	28	28	1	170.211592	1214.859858
11	Полигон	33	33	1	1095.672982	33286.798822
12	Полигон	34	34	1	527.775747	14098.052034

Сурет 3. Сәуір айының атрибуттық кестесінің көрінісі.

Figure 3. Representation of the attribute table for april.

Рис. 3. Представление атрибутивной таблицы за апрель.

Атрибуттық кестеде жинақталған деректерді пайдалану су тасқынының көлемін сандық тұрғыдан анықтауға мүмкіндік береді (сурет 4).

FID	Shape *	OBJECTID	Id	gridcode	Shape_Leng	Shape_Area
0	Полигон	1	1	1	267.200386	2761.628792
1	Полигон	2	2	1	113.185634	616.19144
2	Полигон	3	3	1	316.002855	5224.638254
3	Полигон	4	4	1	169.766015	1228.867099
4	Полигон	5	5	1	227.610663	1857.775753
5	Полигон	6	6	1	113.185634	616.19144
6	Полигон	7	7	1	120	900
7	Полигон	8	8	1	113.185634	616.19144
8	Полигон	9	9	1	113.186599	616.202162
9	Полигон	10	10	1	714.343847	15958.506749
10	Полигон	11	11	1	113.186599	616.202162
11	Полигон	12	12	1	711.431527	21622.18674
12	Полигон	13	13	1	113.185634	616.19144

Сурет 4. Тамыз айының атрибуттық кестесінің көрінісі.

Figure 4. Representation of the attribute table for august.

Рис. 4. Представление атрибутивной таблицы за август.

Кеңістіктік объектілердің атрибуттық сипаттамалары негізінде жүргізілген есептеулер арқылы су айнасының ауданы мен көлемдік көрсеткіштері нақтыланады.

Атрибуттық кестелердегі су көлемінің өзгеруі, әдетте, өрістерді өңдеу, көлемге жаңа бағандар қосу, есептеулер жүргізу немесе жаңа өлшемдерді жүктеу үшін ГАЗ құралдарын немесе мәліметтер базасын қолдана отырып, су ортасының объектілеріне қатысты сандық немесе мәтіндік деректерді жаңартуды білдіреді су деңгейінің динамикасын көрсету үшін қолданылады.

ArcGIS бағдарламасындағы су көлемінің өзгеруі туралы деректерді өңдеудің өзектілігі қазіргі уақытта ресурстардың жаһандық тапшылығына, климаттың өзгеруіне және суды басқарудың цифрлық трансформациясына байланысты.

Келесі 5 суретте Microsoft Excel бағдарламасын қолдану арқылы орындалған есептеулердің нәтижелері көр-

сетілген. Excel ортасында жүргізілген талдау деректерді жүйелеуге, арифметикалық және статистикалық операцияларды орындауға, сондай-ақ алынған нәтижелерді кесте және диаграмма түрінде көрнекі ұсынуға мүмкіндік береді [9–10].

	A	B	C
157	616.20	616.20	0.00
158	4320.15	2132.22	2187.93
159	900.00	616.19	283.81
160	65431.72	616.20	64815.52
161	616.21	616.20	0.01
162	293340.08	616.20	292723.88
163	4916.04	616.20	4299.84
164	1800.00	7996.62	(6196.62)
165	1228.85	576.35	652.50
166	1857328.93	3600.00	1853728.93
167	35076738.83	7156688.79	27920050.03

Сурет 5. Құлсары қаласы аумағындағы су деңгейінің көтерілу көлемінің сандық бағалануы.

Figure 5. Quantitative assessment of water level rise in the territory of Kulsary city.

Рис. 5. Количественная оценка подъема уровня воды на территории города Кулсары.

Жүргізілген сандық сараптама нәтижесінде Құлсары қаласы аумағындағы су тасқынының экстремалды фазасы мен гидрологиялық режимнің тұрақталу кезеңі арасындағы су массаларының айтарлықтай айырмашылығы верификацияланды. Есептеулерге сәйкес, тасқын кезіндегі жинақталған су көлемінің дельтасы (айырмашылығы) 27 920 050 м³ құрады. Бұл параметр 2024 жылғы көктемгі су тасқынының жойқын ауқымы мен аймақтың гидрографиялық жүйесіне түскен антропогендік және табиғи жүктеменің деңгейін объективті түрде сипаттайды.

Бұл ғылыми зерттеу Құлсары қаласындағы табиғи апаттарды мониторингтеуде ЖКЗ технологияларының жоғары аналитикалық әлеуетін айқын көрсетті. Landsat 8 ғарыштық аппаратынан алынған мультиспектралды мәліметтер негізінде жасалған су бетінің модельдері тасқынның таралу ареалын, оның морфологиялық өзгерістерін және хронологиялық динамикасын жоғары дәлдікпен реляциялауға мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында қолданылған «су айнасы» концепциясы жай ғана картографиялық визуализация құралы емес, сонымен қатар күрделі аналитикалық және предиктивті әдістеме ретінде айрықша маңызға ие. Landsat 8 деректері негізінде алынған кеңістіктік-уақыттық мәліметтер бірнеше стратегиялық бағыттарды қамтитын іргелі ғылыми базаны қалыптастырады. Біріншіден, бұл тәсіл су тасқыны мен су дефициті сияқты климаттық тәуекелдерді модельдеу мен болжау арқылы қауіп-қатерлерді басқарудың тиімділігін арттырады. Екіншіден, трансшекаралық және жергілікті экожүйелердің тұрақтылығына жүйелі экологиялық мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, аталған деректер урбанистика саласында қалалық инфрақұрылымды жоспарлаудың гидрологиялық

қауіпсіздік нормаларын ғылыми тұрғыдан негіздеуге және аумақтарды тұрақты дамытуды қамтамасыз етуге негіз болады [11].

Қорыта айтқанда, ЖҚЗ деректері мен геоақпараттық жүйелерді (ГАЗ) интеграциялау су тасқыны зардаптарын минимизациялау мен аумақтың тұрақты дамуын қамтамасыз етуге шешуші рөл атқарады.

Қорытынды

Экологиялық мониторинг жүйесінде «су айнасы» концепциясы гидрологиялық нысандардың кеңістіктік-уақыттық трансформациясын жоғары деңгейлі репрезентативтілікпен бағалауға мүмкіндік береді. Бұл әдістеме табиғи ландшафттардың деградациясын, экожүйелік гомеостаздың (тепе-теңдіктің) бұзылуын және антропогендік детерминанттар әсерінен туындайтын экологиялық қатерлерді ерте диагностикалауға жағдай жасайды. Су айдындары көлемінің аномальді ауытқулары, жағалау сызығының морфологиялық өзгерістері мен су режимінің тұрақсыздығы сияқты көрсеткіштер қашықтықтан зондтау мәліметтері арқылы үздіксіз қадағаланады. Мұндай превентивті бақылау табиғи апаттардың алдын алуға бағытталған іс-шараларды стратегиялық жоспарлаудың іргелі негізі болып табылады.

Төтенше жағдайлар сценарийлерін предиктивті модельдеу тұрғысынан алғанда, су айнасы бойынша жинақталған ретроспективті және ағымдағы ақпарат су тасқынына бейім (экспозицияланған) аумақтарды верификациялауға мүмкіндік береді. Алынған мәліметтер жергілікті атқарушы билік органдары мен азаматтық қорғаныс қызметтеріне халықты эвакуациялау, стратегиялық инфрақұрылымды локализациялау және инженерлік қорғаныс нысанда-

рын нығайту бойынша негізделген басқарушылық шешімдер қабылдауға жол ашады. Сонымен қатар, бұл деректер базасы апаттан кейінгі залалды бағалау мен аумақтарды рекультивациялау кезеңіндегі басты ақпараттық ресурс ретінде қарастырылады.

Аймақтық және қалалық ландшафттық жоспарлауда су айнасының динамикасы тұрғын үй массивтері мен аграрлық-индустриалды нысандарды орналастырудың басты детерминанты. Құлсары қаласы бойынша алынған зерттеу нәтижелері су тасқыны процестерін сандық модельдеуге және ықтимал қауіп деңгейін кеңістіктік тұрғыдан нақтылауға мүмкіндік берді. Аталған ғылыми тұжырымдар тек өткен оқиғаларды бағалаумен шектелмей, болашақтағы гидрологиялық қатерлерге стратегиялық дайындықты қамтамасыз етуге және қаланың су қауіпсіздігі концепциясын жетілдіруге бағытталған.

Түйіндей келгенде, су айнасы тек теориялық талдау құралы емес, сонымен қатар экологиялық тұрақтылықты сақтау, табиғи апаттарға резиленттілікті (төзімділікті) арттыру және табиғи ресурстарды ұтымды басқаруды қамтамасыз ететін көпфункционалды интеграциялық тетік болып табылады. Landsat 8 жерсерігінің мәліметтері негізінде жүргізілген бұл зерттеу Қазақстанның су тасқынына бейім өңірлері үшін қашықтықтан зондтау технологияларының тиімділігін тағы да дәлелдеді.

Алғыс

Авторлар ұсынылған мақаланы дайындау барысында кәсіби кеңес беріп, ғылыми-әдістемелік қолдау көрсеткен «Aerospace» ЖШС ұжымы мен мамандарына шынайы ризашылығын білдіреді.

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Керімбай Н.Н. Жерді қашықтықтан зондтауды геоақпараттық технология әдістерімен талдау: оқу құралы: Алматы: Дарын. 2023. 310 б. (қазақ тілінде)
2. Жайық өзенінің тасқын кезінде деңгейлік режимін жерді қашықтықтан зондтау деректері арқылы бағалау / Чепашев Д.В. [және т. б.] // Алматы энергетика және байланыс университетінің хабаршысы. 2024. Т. 3. № 66. Б. 118–128 (орыс тілінде)
3. Лю Цзянь Го, Мейсон Ф.Дж. ГИС және қашықтықтан зондтау үшін қажетті кескіндерді өңдеу // Wiley-Blackwell. 2009. Б. 128 (орыс тілінде)
4. Қалалық тасқындар кезінде фотограмметрия және қашықтықтан зондтаудың зерттеу жағдайы мен даму тенденциясы / Na Sun [және т. б.] // ISPRS Жылнамалары фотограмметрия, қашықтықтан зондтау және кеңістіктік ақпараттану. 2022. Т. X-3/W1. Б. 41–49 (ағылшын тілінде)
5. Коновалов И.В., Татарчук А.П. Математикалық модельдеу негізінде жерді қашықтықтан зондтау жүйесін жетілдіру // АПК дамуына арналған жас ғалымдардың зерттеулері: тезистер жинағы: Орал мемлекеттік аграрлық университеті. 2023. Т. 2. Б. 151–153. (орыс тілінде)
6. Павлова Л.Г., Шаймарданов Д.А., Атнабаев А.Ф. Жерді қашықтықтан зондтау негізінде тасқындарды мониторингілеу // Ғылым және тәжірибе бюллетені. 2024. Т. 10. № 7. Б. 82–85 (орыс тілінде)
7. Парубчишин Е.А., Кучейко А.А. Жерді қашықтықтан зондтау бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу // Негізгі идеялар мен қазіргі космонавтика жетістіктері. 59-шы Ғылыми оқуларының материалдары, Калуга, 2024. № 1 (36). Б. 299–302 (орыс тілінде)
8. Федичкина В.П. Жер жағдайын қашықтықтан зондтау арқылы мониторингтеу әдістерін зерттеу // Донның жас зерттеушісі. 2024. Т. 9. № 6 (51). Б. 32–35 (орыс тілінде)
9. Брыжко И.В., Четин А. А. Геоақпараттық модельдеу, тасқындар мен су тасқындары аймақтарын болжау және мониторингтеу // Архитектура, құрылыс, жер қатынастары және кадастр саласындағы ғылым мен білімді дамытудың аймақтық аспектілері, III мыңжылдықтың басы. 2023. Т. 2. Б. 262–266 (орыс тілінде)

10. Bajjali W. ArcGIS экологиялық және су мәселелері бойынша. Жер туралы ғылымдар, география және қоршаған орта бойынша Springer оқулықтары: Springer, 2018. XVIII. Б. 353 (ағылшын тілінде)
11. Nhangumbe M., Nascetti A., Ban, Y. Мозамбиктегі тасқындарды карталау және залалды бағалау үшін Sentinel-1 SAR және Sentinel-2 MSI көп уақыттық деректері // ISPRS Халықаралық Геоақпараттық Журнал. 2023. Т. 12. Б. 53–61 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Kerimbay N.N., Kerimbay B.S. Analysis of Earth Remote Sensing by Methods of Geoinformation Technologies: Textbook: Almaty: Daryn. 2023. 310 p. (in Kazakh)
2. Otsenka urovneвого rezhima pri polovod'e reki Zhaiyk s primeneniem dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Assessment of the Level Regime during the Flood of the Zhayyk River Using Earth Remote Sensing Data], Chepashev D.V. [et al.], Vestnik Almatinskogo universiteta energetiki i svyazi [Bulletin of Almaty University of Power Engineering and Telecommunications]. 2024. No. 66. 118–128 pp. (in Russian)
3. Liu J.G., Mason P.J. Neobkhodimaya obrabotka izobrazhenii dlya GIS i distantsionnogo zondirovaniya [Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing], Wiley-Blackwell [Wiley-Blackwell]. 2009. 128 p. (in Russian)
4. Research Status and Development Trends of Photogrammetry and Remote Sensing in Urban Flooding / Sun N. [et al.] // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2022. V. X-3/W1. 41–49 pp. (in English)
5. Konovalov I.V., Tatarchuk A.P. Uluchshenie sistemy distantsionnogo zondirovaniya zemli na osnove matematicheskogo modelirovaniya [Improvement of the Earth Remote Sensing System Based on Mathematical Modeling], Issledovaniya molodykh uchenykh dlya razvitiya APK [Research of Young Scientists for the Development of the Agro-Industrial Complex]. Collection of abstracts: Ural'skii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. 2023. V. 2. 151–153 pp. (in Russian)
6. Pavlova L.G., Shaimardanov D.A., Atnabaev A.F. Monitoring pavodkov na osnove distantsionnogo zondirovaniya zemli [Flood Monitoring Based on Earth Remote Sensing], Byulleten' nauki i praktiki [Bulletin of Science and Practice]. 2024. V. 10 (7). 82–85 pp. (in Russian)
7. Parubchishin E.A., Kucheyko A.A. Razrabotka programmnoho obespecheniya dlya distantsionnogo zondirovaniya zemli [Development of Software for Earth Remote Sensing], Klyuchevye idei i sovremennye dostizheniya kosmonavtiki. Materialy 59-kh nauchnykh chtenii, posvyashchennykh razrabotke nauchnogo naslediya i razvitiyu idei K.E. Tsiolkovskogo [K.E. Tsiolkovsky: Key Ideas and Modern Achievements of Cosmonautics. Materials of the 59th Scientific Readings], Kaluga, 2024. No. 1 (36). 299–302 pp. (in Russian)
8. Fedichkina V.P. Issledovanie sposobov monitoringa sostoyaniya zemel' s pomoshch'yu distantsionnogo zondirovaniya [Research of Methods for Monitoring Land Conditions Using Remote Sensing], Molodoi issledovatel' Dona [Young Researcher of the Don]. 2024. V. 9 No. 6 (51). 32–35 pp. (in Russian)
9. Bryzhko I.V., Chetin A.A. Geoinformatsionnoe modelirovanie, prognozirovanie i monitoring zon navodnenii i zatoplenii [Geoinformation Modeling, Forecasting, and Monitoring of Flood and Inundation Zones], Regional'nye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitel'stva, zemleustroistva i kadastrrov v nachale III tysyacheletiya [Regional Aspects of the Development of Science and Education in Architecture, Construction, Land Management, and Cadastres]. 2023. V. 2. 262–266 pp. (in Russian)
10. Bajjali W. ArcGIS for Environmental and Water Issues. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment: Springer, 2018. 353 p. (in English)
11. Nhangumbe M., Nascetti A., Ban Y. Multi-Temporal Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 MSI Data for Flood Mapping and Damage Assessment in Mozambique // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2023. V. 12. 53–61 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Керимбай Н.Н. Анализ дистанционного зондирования земли методами геоинформационных технологий: учебное пособие: Алматы: Дарын, 2023. 310 с. (на казахском языке)
2. Оценка уровневого режима при половодье реки Жайык с применением данных дистанционного зондирования Земли / Чепашев Д.В. [и др.] // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. 2024. Т. 3. № 66. С. 118–128 (на русском языке)
3. Лю Цзянь Го, Мейсон Ф.Дж. Необходимая обработка изображений для ГИС и дистанционного зондирования // Wiley-Blackwell. 2009. С. 128 (на русском языке)
4. Состояние исследований и тенденции развития фотограмметрии и дистанционного зондирования при городских наводнениях / На Sun [и др.] // ISPRS Анналы фотограмметрии, дистанционного

- зондирования и наук о пространственной информации. 2022. Т. X-3/W1. С. 41–49 (на английском языке)
5. Коновалов И.В., Татарчук А.П. Улучшение системы дистанционного зондирования земли на основе математического моделирования // Исследования молодых ученых для развития АПК: сб. тезисов: Уральский государственный аграрный университет. 2023. Т. 2. С. 151–153 (на русском языке)
 6. Павлова Л.Г., Шаймарданов Д.А., Атнабаев А.Ф. Мониторинг наводков на основе дистанционного зондирования земли // Бюллетень науки и практики. Т. 10. № 7. С. 82–85 (на русском языке)
 7. Парубчишин Е.А., Кучейко А.А. Разработка программного обеспечения для дистанционного зондирования земли // Ключевые идеи и современные достижения космонавтики. Материалы 59-х научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, Калуга, 2024. № 1 (36). С. 299–302 (на русском языке)
 8. Федичкина В. П. Исследование способов мониторинга состояния земель с помощью дистанционного зондирования // Молодой исследователь Дона. 2024. Т. 9. № 6 (51). С. 32–35 (на русском языке)
 9. Брыжко И.В., Четин А.А. Геоинформационное моделирование, прогнозирование и мониторинг зон наводнений и затоплений // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. 2023. Т. 2. С. 262–266 (на русском языке)
 10. Bajjali W. ArcGIS по экологическим и водным вопросам. Учебники Springer по наукам о Земле, географии и окружающей среде: Springer, 2018. XVIII. С. 353 (английском языке)
 11. Nhangumbe M., Nascetti A., Van Y. Многоцветное использование данных Sentinel-1 SAR и Sentinel-2 MSI для картирования наводнений и оценки ущерба в Мозамбике // ISPRS Международный геоинформационный журнал. 2023. Т. 12. С. 53–61 (английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Доненбаева Н.С., Ph.D докторы, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті», «Геодезия және картография кафедрасының доцент м. а. (Астана қ., Қазақстан), donenbayeva_ns@enu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-1530-0746>

Турсынбаев Н.А., Ph.D докторы, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті», «Геодезия және картография кафедрасының доцент м.а. (Астана қ., Қазақстан), tursynbayev_na@enu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-5436-5708>

Игемберлина М.Б., Ph.D докторы, «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), igemberlina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4243-7748>

Жумабекова Д.А., «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті», «Геодезия және картография кафедрасының магистранты (Астана қ., Қазақстан), dzhunius21@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-7994-1055>

Information about the authors:

Donenbayeva N.S., Ph.D, Acting Associate Professor of the Department of «Geodesy and Cartography», L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan)

Tursynbayev N.A., Ph.D, Acting Associate Professor of the Department of «Geodesy and Cartography», L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan)

Igemberlina M.B., Doctor of Ph.D, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Zhumabekova D.A., Master's Student of the Department of «Geodesy and Cartography», L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Доненбаева Н.С., доктор Ph.D, и. о. доцента кафедры «Геодезия и картография» НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева» (г. Астана, Казахстан)

Турсынбаев Н.А., доктор Ph.D, и.о. доцента кафедры «Геодезия и картография» НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева» (г. Астана, Казахстан)

Игемберлина М.Б., доктор Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Жумабекова Д.А., магистрант кафедры «Геодезия и картография» НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева» (г. Астана, Казахстан)