

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті
ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты

ӘОЖ 004.422:627.514.2

Қолжазба құқығында

ЗИЯТБЕКОВА ГУЛЗАТ ЗИЯТБЕККЫЗЫ

**Бөгеттердің бұзылуын алдын-алу және болжау үшін
автоматтандырылған жүйені әзірлеу**

6D075100 – Информатика, есептеу техникасы және басқару

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесші:
Мазаков Т.Ж.,
ф.-м.ғ.д., профессор

Шетелдік ғылыми кеңесші:
Piotr Artur Kisala,
PhD, қауымдастырылған
профессор

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2020

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
АНЫҚТАМАЛАР	5
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	7
КІРІСПЕ	8
1 ДАМБАНЫҢ БҰЗЫЛУЫНЫҢ ЗАРДАПТАРЫН БАҚЫЛАУ МЕН БОЛЖАУДЫҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ	16
1.1 Гидротехникалық құрылыстардағы судың деңгейін бақылаудың маңыздылығы	16
1.2 Бөгендердегі судың мөлшерін бағдарлау тәсілдері мен құралдары	20
1.3 Бірінші бөлім бойынша тұжырым	28
2 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРДАҒЫ СУДЫҢ МӨЛШЕРІН БАҚЫЛАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ	29
2.1 Мәселенің жалпы сипаты	29
2.2 Климаттық мәліметтерді шынайы уақытта қабылдау және таратуды автоматтандыру	33
2.3 Шынайы уақытта гидротехникалық құрылыстағы су деңгейін бақылаудың математикалық моделі	37
2.3.1 Гидродинамикалық апаттарды модельдеу құралдары және оларды талдау	38
2.3.2 Математикалық модель	40
2.3.3 Тікбұрышты су қоймасы	42
2.3.4 Трапециялы су қоймасы	42
2.3.5 Пирамидалы су қоймасы	44
2.4 Екінші бөлім бойынша тұжырым	51
3 БӨГЕТ БҰЗЫЛУЫНЫҢ САЛДАРЫН БОЛЖАУ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ	52
3.1 Ақаулықтың жалпы сипаттамасы және бөгеттің бүліну салдарын болжауды тұжырымдау	52
3.2 Бөгет бұзылуының салдарын болжаудың математикалық моделі	54
3.2.1 Бөгеттің серпінді толқынының параметрлерін есептеудің А.М. Прудовский ұсынған әдісі	55
3.2.2 Селге қарсы құрылымдардың Х.А. Исмагилов ұсынған гидравликалық есептеу әдісі	57
3.2.3 Бөгеттегі саңылаудың дамуын есептеу әдістері	58
3.3 Үшінші бөлім бойынша тұжырым	63
4 БӨГЕТ КҮЙРЕУІНІҢ САЛДАРЫН БАҚЫЛАУДЫҢ ЖӘНЕ БОЛЖАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ	64
4.1 Дерек көздерін дамыту мен талдау құралдары	64
4.2 Бағдарламалық жасақтаманы іске асыру	65

4.3 Модельдік есеп (Қызылағаш ауылы мысалында)	66
4.4 Су қоймасының толуын бақылау мысалы	72
4.5 Бөгет бұзылуының салдарын болжау мысалы	74
4.6 Төртінші бөлім бойынша тұжырым	76
ҚОРЫТЫНДЫ	77
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	79
ҚОСЫМША А – Бағдарламаға берілген авторлық куәлік	90
ҚОСЫМША Ә – Су деңгейін анықтауға арналған скетч	94
ҚОСЫМША Б – Сенсорларды іске қосуға арналған скетч	97
ҚОСЫМША В – «Дихотомия» әдісі бағдарламасының мәтіні	100
ҚОСЫМША Г – «Псевдо-линеаризация» әдісі бағдарламасының мәтіні	103

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Ұсынылып отырған ғылыми жұмыста келесі нормативтік құқықтарға сілтеме жасалған:

«Ғылыми жұмыс пен аңдатпаны растау жөніндегі нұсқаулық», ҚР Білім және ғылым министрлігі ЖАК 2004 жылғы 28 қыркүйектегі №377-3ж.

МС 7.32-2001 – Ғылыми-зерттеу жұмысы жөніндегі есеп. Құрылымы және рәсімдеу ережелері.

МС 7.1-2003 – Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама.

КСРО МС 19185-73 - Гидротехника. Негізгі ұғымдар. Терминдер мен анықтамалар.

КСРО МС 19179-73 – Құрлық гидрологиясы. Терминдер мен анықтамалар.

ҚР СТ 34.006-2002 – Ақпараттық технология. Деректер қорлары. Негізгі терминдер мен анықтамалар.

ҚР СТ 34.007-2002 – Ақпараттық технология. Телекоммуникациялық тораптар. Негізгі терминдер мен анықтамалар.

ҚР СТ ИСО 14001-2006 – Экологиялық менеджмент жүйелері. Талаптар және қолдану жөніндегі нұсқаулық.

ҚР СТ 1.48-2005 – Қазақстан Республикасының мемлекеттік техникалық реттеу жүйесі. Стандарттарға өзгертулер енгізу тәртібі .

ҚР ҚНЖЕ 8.02-01-2002 – Құрылыстағы сметалық нормативтік құжаттар жүйесі.

ҚР ҚНЖЕ 3.02-05-2010 – Ғимараттар мен құрылыстардың автоматтанлырылған мониторинг жүйесі.

ҚР ҚН 4.01-03-2011 – Су бұру. Сыртқы тораптар мен құрылыстар.

ҚР ҚБҚ 2.04-08-2009 – Қазақстан Республикасының стратегиялық, аса қажетті мемлекеттік және өмір сүру нысандарының қауіпсіздік жүйелерімен жабдықталуы және инженерлік-техникалық нығайтылуы бойынша техникалық талаптар.

АНЫҚТАМАЛАР

Диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар қолданылған.

Су қорлары – қарастырылып отырған аймақтағы жердің үсті мен астындағы сұйықтың айтарлықтай мөлшері

Су қорларын қорғаштау – ғаламшардағы сұйықтықты шамалауға әрі күтуге, сапасын арттыруға лайықталған шаралар

Сумен айналысатын орталық – сұйық жинақтау орнының қорларын әрекеттесе қолданатын бағыттардың топтамасы

Сұйықтың негізі – сұйықтың құрғақ жерде, не болмаса тау аңғарларында ерекше жайылуы мен тәртіп бойынша орналасуы

Сұйықтың сақталу орны – ойық жердегі сұйықтың жәй қозғалуымен, тіптен жоғалып кетуімен бейнеленетін су орны

Бөген – су сақтайтын әрі оның ағынын бір қалыпта ұстау үшін тіреуіш құрылыс арқылы жасалған жасанды су қоймасы

Су пайдалану – су қорларын су көзіндегі суды алмай, пайдалану

Су тұтыну – су көзіндегі суды қайтымсыз алу арқылы пайдалану

Сумен қамту – суды тұтынушыларға жіберу

Су тарту – су жинақталған орыннан, ағыны қатты судан немесе жерасты су көзінен су шығару

Су басу – ағысы қатты судың жер бөлігіндегі бос су бетін қалыптастыратындай көтерілуі

Үйме қоршау – жергілікті жерді топырақ бөгеттермен қоршау арқылы жердің бетіндегі судың жайылуынан қорғау

Гидротехника – гидротехникалық нысандардың көмегімен су қорларын пайдалану, қорғау және судың зиянды әсерімен күресуді қамтитын ғылым мен техника саласы

Гидротехникалық құрылыс – қосалқы суды тұтынуға әрі оның пайдасыз әсерімен күресе алатын құрылыс

Гидравлика – бастапқы күйімен салыстырғанда тыныштықта болмайтан сұйықтың заңдары және осы заңдарды инженерлік мәселелерді шешуге қолдану тәсілдері туралы ғылым

Гидрология – гидросфераны, оның қасиеттері мен ондағы атмосферамен, литосферамен және биосферамен өзара байланыста жүретін процесстер (үдерістер) мен құбылыстарды зерттейтін ғылым

Гидрологиялық режим – су нысаны жай-күйінің оған тән және оны басқа су көздерінен ерекшелейтін заңдылықты қайталанбалы өзгерістерінің жиынтығы

Гидрологиялық процесс – гидрологиялық режимнің қалыптасу үдерісі

Гидрологиялық болжам – болжалды гидрологиялық режимін ғылыми негізде алдын ала болжау

Гидрологиялық процессті модельдеу – су үрдісінің тараптарын көрсететін модельдер тұрғызу

Мелиорация – қолданыстағы жердің табиғи құндылығын одан әрі өсіретін халықшаруашылық тармағы

Жер суару – топырақ құрамының сапасын арттыруға негізделген қолдан суландыру

Ағынды қалыпқа келтіру – су тұтыну шарттарына сай, сонымен қатар су басумен күресу үшін судың көлемін уақытқа қатысты қайта тарату

Су деңгейі – су нысанындағы су бетінің шартты көлденең салыстыру жазықтығынан биіктігі

Бөгет – су деңгейін көтеру үшін су ағынын және оның аңғарын бөгейтін гидротехникалық құрылыс

Дамба – аумақтарды су тасқындарынан қорғауға, жасанды су қоймалары мен ағынды суларды қоршауға, су ағынын бағытты бұруға арналған үйінді түріндегі гидротехникалық құрылыс

Жағалау бекіту құрылысы – жағалауды шайылу мен опырылудан қорғауға арналған гидротехникалық құрылыс

Бьеф – су тіреуіш құрылысқа жанасатын ағын бөлігі

Су тасқыны – жылдың әр алуан тоқсанында жиі қайталанып тұратын қарқынды су мөлшері мен шығыны бар, аз уақыт аралығында тез ұлғаятын сипатқа ие, жауыннан немесе күн жылынғанда қардың еруінен болатын, өзен суының қалыптасқан тәртібі

Жойқын тасқын – көлемінің үлкендігіне сөз жетпейтін әрі сирек қайталанатын, бола қалса ештеңе қалдырмастан ағызып әкететін, жарып, қопарып, шығынға белшеден батыратын тасқын су

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ШҚА – шешім қабылдайтын адам

МҚ – мәліметтер қоры

АҚОЖ – адамның қатысуынсыз орындалатын жүйе

ДҚБЖ – деректер қорын басқаратын жүйе

ТЖ – төтенше жағдай

ГТҚ – гидротехникалық құрылыс

ГДА – гидродинамикалық апат

ТБ – төменгі бьеф

ЖБ – жоғарғы бьеф

ГАТ – географиялық ақпараттық торап

ГЭС – су электр станциясы

ТКБЖ – төменгі орбиталдық космостық байланыс жүйесі

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. БҰҰ комиссиясының баяндамасына сәйкес [1], табиғи апаттар, жекелей алғанда, су тасқындары келтіретін нұқсан жылдан-жылға артып келеді, ал су тасқындарының зардаптарынан болатын экономикалық шығындар жалпы ішкі өнімнің азаюына әкеп соқтырады. Нұқсанды барынша азайтуға бағытталған шаралар кешенін таңдау үшін тасқынның зиян мөлшеріне ықпал ететін негізгі сипаттамаларын болжап білген абзал. Олардың мөлшері су тасқындарының халыққа, экономикаға, ауыл шаруашылығына және т.с.с. тигізетін зардаптарының дәрежесіне ықпал етеді [2].

Соңғы жүзжылдықта әлемде мыңнан астам гидротехникалық құрылыстың (ГТҚ) бұзылу жағдайлары болды, олардың себептері арасында метеорологиялық құбылыстармен қатар, геологиялық және геофизикалық сипаттағы факторлар да бар [3, 4].

Калифорниядағы Сент-Франсис бөгеті инженерлік геологияның тарихи аналогтарына адамзат бейқамдығының қасіретті мысалы ретінде мәңгілікке енді. Ол Лос-Анджелестен 70 км қашықтықта Сан-Франциско шатқалында су қорын жинап, әрі қарай оны Лос-Анджелестің су құбырларымен тарату мақсатында салынды. Бөгет арқылы судың жылыстауы байқалғанымен, қажетті шаралар қолданылмады, бұл, әрине, топырақтың қалың қабаты арқылы жырылып шығып, тегеурінінен бөгет опырылып түсті. Апат куәлары 40 метрлік толқынның астында мерт болды. Жан-жануарлар, құрылыс біткеннің бәрі жойылды. Толқынның артынан 80 км аңғарды су басып қалды. Бұл су тасқынынан 600-ден астам адам қаза тапты. Сент-Франсис бөгетінің 1928 жылдың наурызында болған бұзылуы ГТҚ-ны қалай салуға болмайтындығына сабақ болды. Екінші мысал, Италияда 1963 жылы Вайонт бөгеніне (водохранилище) тау массиві опырылып құлады, нәтижесінде ~ 25 млн. тонна су бөгеттен асып, Пьяве өзенінің аңғарында биіктігі 70 м толқын тудырды. 4 елді мекен жойылып, 4400 адам қаза тапты. Ресей аумағында қазіргі уақытты 30 мыңнан астам бөген қолданылады, олардың 3 мыңға жуығының сиымдылығы 1 млн.м³-ден асады және ~ 60 – 1 млрд.м³. Мұндай нысандардың күйреуі адамдарға аса қауіпті болады, себебі қоршаған ортаға шаш етекпен залал, қайғы-қасірет әкеледі. Ресей өзендерінде болған оқыс оқиғалар:

– 1993 жылы маусым айында Какве өзеніндегі Киселевск бөгені бөгетінің бүлінуі және Серов қаласындағы (Свердлов облысы) қатты су тасқыны (6,5 мың адам зардап шекті, 12 адамның өмірін қиды, жалпы нұқсан – 63,3 млрд.руб.);

– 1994 ж. (Башқұртстан) Белая өзенінің сағасындағы Тирлян бөгені бөгетінің күйреуі (шамамен 100 адамның өмірін жалмады, жалпы шығын 52,3 млрд.руб.);

– Приморьедегі (1994 ж. қыркүйек айында болған) және Якутиядағы (1999 ж. және 2001 ж.) қатты тасқындар;

– Краснодар маңындағы су тасуы (2002 ж. Шілдеде болған) оның гидроторабын сындырып, 114 мың адам қайтыс болды, 15 млрд.руб. материалдық шығын әкелді [5-8].

Оған қоса Павлов ГЭС-індегі судың күрт (апатты) лықсуы гидравликалық соққы тудырып, 3-4 баллдық жер сілкінісіне түрткі болды. Бұл ГЭС-тің гидротехникалық құрылыстары сейсмикалық төзімділікті ескермей салынған. Зейск су электр стансасында қойманы суға толтырған кезде жер қозғалған, ал Амур өзенінің төменгі жағында сел жүру жағдайлары оның арнасынан асып төгілуінен болыпты. Украинаға қарасты Днепр, Днестр, Солтүстік Донец, Оңтүстік Буг өзендеріндегі 12 су торабы мен 16 бөгеттің, кішігірім бөгеулердің су ағызу бөлігінің қирауынан суға кетуі де ғажап емес. 8294 шаршы километр аудан судың астында қалуы мүмкін. Ол жерде 536 елді-мекен және 470 өнеркәсіптік нысандар шоғырланған [5, с.119; 9-11].

Саян-Шушенск су электр станциясындағы апат – 2009 жылы 17 тамызда болған техногенді апат. Нәтижесінде 75 адам қаза тапты, станцияның құрал-жабдықтары мен құрылысжайларына елеулі нұқсан келтірілді. Ростехбақылау апаттың тікелей себебі ретінде гидроагрегат турбинасы қақпағындағы топсасының түйреуіштерінің бүлінуін атады, бұл оның ашылып кетіп, станцияның машиналық залын су басып қалуына ықпал етті. Апаттың зардаптары ГЭС-ке іргелес өңірдің экологиясына, елді әлеуметтік және экономикалық дағдарысқа әкеліп, халықты күйзеліске ұшыратады [12].

Бақылаудың жүйелі түрде атқарылуы адамзаттың өмір сүру ортасына қатерін төндіретін кесірден ертерек сақтану үшін табиғат құбылыстарын қадағалауды қамтуы керек. Оның негізгі міндеті алуан түрлі ұйымдардың зияткерлік, ақпараттық және технологиялық күштерін бір жерге тоғыстыра отырып, орын алған қиындықты болжауға ақпарат беру болып табылады [13]. Бақылау ақпараты – болжаудың негізі.

Шынайы уақыт ауқымында су қоймаларындағы судың көлемін және оны толығымен толтырғанға дейінгі болжамды уақытты (бөгеттің бағанасы бойымен) есептеуге мүмкіндік беретін математикалық модельдерді жасау және зерттеу қажет. Бұл ақпарат экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жедел шешімдер қабылдау туралы халық пен үкіметке уақтылы хабарлау үшін қажет.

Осыған орай, диссертациялық жұмыстағы су бөгетінің бұзылуының математикалық моделі мен ақпаратты қорғау құралдарын әзірлеу бойынша зерттеулер өзекті болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты заманауи ақпараттық технологиялар мен есептеу тәжірибесін қолданып, нәтижелерін график түрінде кескіндеу арқылы табиғи-техногендік сипаттағы ТЖ (су бөгетінің бұзылуының) зардаптарын кешенді талдауға, математикалық модельдеуге және болжауға арналған әдістерді зерттеп-әзірлеу болып табылады.

Зерттеудің міндеттері. Зерттеуге қойылған мақсаттарға жету үшін диссертациялық жұмыста төмендегідей **мәселелер** шешіледі:

1) жергілікті жердің бедері, климаттық және гидрогеологиялық көрсеткіштері туралы деректерді енгізу, сақтау және өңдеу үшін деректер қорын құру;

2) сенсорларды әзірлеу, олардағы ақпаратты Интернет немесе жерсеріктік байланыс арқылы Орталыққа әрі қарай өңдеуге жіберу;

3) бөгендердің толу деңгейін бақылаудың математикалық модельдерін тұрғызу;

4) су бөгетінің күйреуінің салдарын болжаудың математикалық модельдерін жасау;

5) бұзылған бөгеттен кейінгі жай-күйге автоматтандырылған жүйе құрып, олардың орын алу себептерін бақылау.

Зерттеу нысаны. Гидротехникалық жүйелер.

Зерттеу пәні. Су қоймаларындағы су деңгейін шынайы уақытта бақылау мен тасбөгеттің қирауын болжаудың математикалық модельдері.

Зерттеу әдісі. Ғылыми іздену жұмысын орындау барысында заманауи ақпараттық жүйелерді жобалау мен дайындау жүйелері, математикалық басқарудың негізі, аралық талдау, шешім қабылдау теориясы және мәліметтерді қайта жаңарту амалдарын кеңінен қолданылды.

Алынған ғылыми нәтижелердің жаңашылдығы:

– гидротехникалық құрылғылардың қауіпсіздігі мәселесін шешуге кешенді көзқарас;

– мүдделі органдарды гидрологиялық жағдай туралы шынайы уақытта хабарландыруға мүмкіндік беретін, бөгеннің толуын бақылаудың математикалық моделін ұсыну;

– гидротехникалық құрылғылары сынып, төтенше жағдайлар туындаған кезде келтірілген шығындарды болжау алгоритмдері мен әдістері;

– ГТҚ-ның қолданылуын қамтамасыз ету үшін тасбөгеттің күйреу зардаптарын бақылау мен мөлшерлеудің автоматтандырылған жүйесін зерттеп-дайындау;

– бөгеннің жағдайын тексеру мен бағалаудың әдістемесін зерттеп шығу.

Жұмыстың ғылыми маңыздылығы, ең алдымен, су тасқындарынан болатын қиыншылықтарды болжаудың математикалық модельдерін жасауда, оларды тексеріп-зерделеу мен бағдарламалық-ақпараттық іске асырылуында.

Жұмыс нәтижелерінің қолданбалы құндылығы климаттық деректерді шынайы уақытта алу және беру (жолдау) жүйесін әр түрлі өнеркәсіп пен көлік салаларында пайдалану мүмкіндігінде.

Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы аумақтық немесе республикалық деңгейдегі шешімдердің дұрыс қабылдануына септігін тигізетін ағымдағы және болжалды ақпаратты қамтамасыз ететін жүйенің зерттеліп, әзірленуінде.

Қорғауға шығарылатын тұжырымдар. Зерттеу нәтижелері бойынша төмендегідей мәселелер шешілді:

– су қоймаларындағы су деңгейін бақылаудың математикалық моделін әзірлеу, негіздеу және зерттеу;

- су бөгетінің бұзылуы зардаптарын математикалық модельдеу;
- су бөгеттерінің бұзылуын болжау мен алдын алу үдерістерін (процесстерін) қамтамасыз етуге арналған ақпараттық технологиялар мен бағдарламаларды зерделеу. Гидравликалық құрылыстың дәлдігін арттыратын ұсынылған математикалық модельдердің, әдістер мен алгоритмдердің сәйкестігін талдау үшін эксперименттік зерттеулер жүргізу.

Қорғауға шығарылатын ғылыми тұжырымдардың, қорытындылар мен ұсынымдардың негізділігі математикалық аппараттың дұрыс қолданылуымен, іс-тәжірибелердің қатесіз жасалып, өңделуімен; теориялық зерттеулер мен тәжірибелік мәліметтердің нәтижелерінің сапалық және сандық ұқсастығымен; зерттеу нәтижелерінің іс-тәжірибеде қолданылатынына көз жеткізуге болады. Жасалған зерттеулердің **шынайылығы** натуралық тексерулердің нәтижелерінің жақсы үйлесімділігімен (Қазақстан Республикасы Қызылағаш ауылында болған оқиғалар ұқсастығының жеткілікті дәрежесімен) дәлелденеді.

Диссертация тақырыбының ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарларымен байланысы. Ғылыми жұмыс бойынша ізденіс жұмыстары Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитеті Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтында «Ақпаратты қорғаудың биометриялық әдістері мен құралдарын әзірлеу» грант бойынша қаржыландыру жобасы төңірегінде орындалды. (2018-2020 жж., мемлекеттік тіркеу нөмірі: 0118РК00207).

Диссертацияның ауқымы мен құрылымы. Ізденіс жұмысы кіріспеден, 4 бөлімнен және қорытындыдан құралады. Оның жалпы көлемі 105 беттен, 21 суреттен және 8 кестеден тұрады. Әдебиеттер тізімі 149 атауды құрайды.

Кіріспеде ғылыми ізденіс жұмысының маңыздылығына негіздеме беріледі. Ізденіс-зерттеудің мақсаты, нысаны, пәні мен көтеретін мәселелері жайында айтылады. Орындалған зерттеулердің нәтижелері сипатталып, олардың ғылыми жаңашылдығы мен тәжірибелік маңыздылығы сипатталады. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелерін байқаудан өткізу туралы мәліметтер келтіріледі.

Диссертациялық жұмыстың **бірінші бөлімі** серпілісті (бұзу) толқындарының параметрлерін анықтаудың қолданыстағы әдістеріне арналады. Бұл тарауда мәселенің жалпы сипаттамасы мен зерттеу міндеттерінің қойылымы келтірілді. Микропроцессорлық техника мен сенсорлық бергіштердің көмегімен қоршаған ортаның мәліметтерін берудің жеке шағын компьютерлік жүйесі дайындалды. Серпілісті толқындар әсерінің айқын уақыт өлшемінде болжау бағдарламасы жасалды. Бақылау жүйесін зерттеп, құру саласындағы ғылыми зерттеулер қарастырылды. Ақпаратты қорғауға арналған бұл бағыттың даму динамикасына талдау жасалып, тақырып бойынша тарихи шолу жасалды.

Көтеріп отырған мәселесі ұқсас іздену жұмыстарының әлемдік қорына ғылыми түрде салыстырмалық зерделеу тәсілдері талданды, бұл ғылыми бағыттың одан әрі дамуының айқын көрінісін көрсетіп, оның аса

маңыздылығы мен пайдаланудың әлеуетті мүмкіндіктерін бағалауға мүмкіндік берді. Кешенді талдауға арналған іргелі әдістерді зерттеп-әзірлеуге елеулі үлес қосқан отандық және шетелдік ғалымдар аталды. Серпілісті толқындардың параметрлерін анықтаудың қолданыстағы әдістері мен заманауи ақпарат қорғау жүйелеріне шолу жасалды.

Жергілікті жердің бедері, климаттық және гидрогеологиялық көрсеткіштер туралы деректерді енгізу, сақтау және одан әрі екшелеуге арналған қолданып жүрген жүйелер мен мәліметтер қоры көрсетілді. Модельдеудің жаңа технологияларының даму әрекеттері мен олардың ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етуде пайдаланылуы анықталды, бұл осы саладағы ғылыми ізденістердің мағызды екенінің айқын дәлелі болса керек. Оған қоса, қолданыстағы жүйелердің шектеулі әрі ұқсас технологиялардың даму мүмкіндіктері белгілі болды.

Келесі бөлім гидрологиялық үрдістерді бақылау мәселелерін қорыту мен шешудің жиі қолданатын әдіс-тәсілдерін талдауға арналады. Зерттеуге жалпы сипаттама беріліп, міндеттері анықталды. Міндетке талдау жасалып, оны шешу барысында пайда болатын негізгі мәселелер айқындалды. Сипатталған әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері атап өтілді.

Микропроцессорлық техника мен сенсорлар негізінде дербес микрокомпьютерлік климаттық деректерді беру жүйесі зерттеліп, әзірленді. Серпілісті толқындар факторларын шынайы уақыт ауқымында бақылау бағдарламасы құрылды.

Су қоймасының толуын бақылау шынайы уақыт жағдайында жүзеге асырылып, дамбаның бұзылу қаупін білуге мүмкіндік беретін математикалық модель тағайындалды. Бөгендердегі су мөлшерін анықталмаған және аралық математика бойынша бақылау тәсілі ұсынылды.

Зерттеу барысында зерттеу міндеттерін тұжырымдау мен шешу процесстерін қамтамасыз ететін технология ойластырылды.

Үшінші бөлім бүлінген бөгеттердің тигізер зардап-зияны мен қауіпті оқиғалардың пайда болуын болжаудың танымал модельдерін талдауға арналады.

Бөгеттің күйреуінен келетін қиындықтарды болжаудың танымал әдіс-тәсілдері мен төтенше жағдайдардың орын алуы салыстырылып жұмыс жасалды.

Дамбаның бұзылу зардаптарын болжаудың математикалық моделі әзірленді. Талдау нәтижелері зерттеуге, міндеттерді (мәселелерді) кешенді шешеуге негіз болды.

Төртінші бөлім бөгеттің бұзылуы зардаптарын автоматтандырылған бақылау, алдын алу және болжау жүйелерін сипаттауға арналады.

Java тілінде мынадай модульдерді қамтитын интерфейстік бөлім іске асырылды: 1) су деңгейі, бөгет жотасындағы (кемеріндегі) ылғалдылық пен температура туралы ағымдағы ақпаратты алу және беру модулі; 2) бөгеттің бұзылу қатері туралы тұрақты және шұғыл ақпаратты өңдеу модулі (сервер); 3) бөгеттің бұзылу зардаптарын болжау модулі.

Модельдік есепте (Қазақстан Республикасы Алматы облысы Қызылағаш ауылында болған оқиғалар) әзірленген автоматтандырылған жүйенің тиімділігі көрсетілді.

Қорытындыда диссертацияның негізгі нәтижелері мен ұйғарымдары баяндалады.

Жұмыс апробациясы. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері халықаралық ғылыми конференцияларда, Есептеуіш және ақпараттық технологиялар институтының жылсайынғы ғылыми конференцияларында, Қазақ ұлттық университетінің жас ғалымдары мен мамандарының ғылыми конференцияларында, сондай-ақ, әл Фараби атындағы ҚазҰУ «Информатика» кафедрасының ғылыми семинарларында баяндалды. Шетелдік тағылымдама өткізілді. Авторлық құқық нысанына құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы 4 куәлік алынды (А Қосымшасы). Жетілдіру курстары мен ғылыми конференцияларға қатысып, жасалған баяндамалар үшін сертификаттар берілді. Болжау бағдарламасы мәтінінің үзіндісі (Ә Қосымшасы). Сенсорларды іске қосу бағдарламасының үзіндісі (Б Қосымшасы). «Дихотомия» әдісі бағдарламасының мәтіні (В Қосымшасы). «Псевдо-линеаризация» әдісі бағдарламасының мәтіні (Г Қосымшасы).

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 19 (он тоғыз) баспа жұмыс, оның ішінде 5 (бесуі) – ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған басылымдарда, 3 (үш) жұмыс «Scopus» халықаралық дәйексөздеу қорына кіретін журналда жарияланды («MFTCFO» АҚ-ның Scopus деректер қорына енгізілген журналда жарияланымның барлығы туралы анықтамамен расталады).

Ғылыми жарияланымдар:

1 T. Mazakov, Sh. Jomartova, G. Ziyatbekova, M. Aliaskar. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2020. – Vol. 98, – No 15. – Pp. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195.

2 T. Zh. Mazakov, P. Kisala, Sh. A. Jomartova, G. Z. Ziyatbekova, N. T. Karymsakova. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 5, No 443. – Pp. 116-124. // <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.111>

3 Nurdaulet, I., Talgat, M., Orken, M., Ziyatbekova, G. Application of fuzzy and interval analysis to the study of the prediction and control model of the epidemiologic situation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Pakistan, 2018. – Vol. 96, - Issue 14, – Pp. 4358-4368.

4 Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З. Дамбалардың бұзылуының алдын алу және болжаудың автоматтандырылған жүйелерін құру мәселелері туралы сұраққа // Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ хабаршысы, 2018, №2 (126). – 136-139 б.

5 Әлиасқар М.С., Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.С., Исимов Н.Т., Амирханов Б.С., Мазақова Ә.Т. Дербес микропроцессорлық климаттық

деректерді беру жүйесі // Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ хабаршысы, 2019. – № 1 (131). – 371-377 б.

6 Mazakov T.Zh., Dzhomartova Sh.A., Kisala P., Ziyatbekova G.Z. New approaches for solving problems of the simulation of flood wales and breakthrough to justify protective measures // HERALD of the Kazakh – British Technical University. – Almaty, 2019. – Vol. 16, – № 4(51). – P. 138-144.

7 Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З., Тогжанова К.О. Топырақ бөгеттерінің бұзылу процесін зерттеуді дамыту // АЭБУ хабаршысы, 2020. – № 1(48). – 131-137 б.

8 Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З. Су ресурстарын бақылауды дамытуға арналған іс-шаралар мен туындайтын мәселелер // Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ хабаршысы, 2020. – № 2(138). – 365-369 б.

9 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Әлиасқар М.С. Су тораптарының бұзылу қатерін бақылаудың автоматтандырылған жүйесі // ҚазТБУ хабаршысы, Нұр-Сұлтан, 2020. – № 1. – 8-19 б.

10 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З. Гидротехникалық құрылыстардың бұзылуы мен төтенше жағдайлардың пайда болу зардаптары // Халықар. конф. матер. – Алматы: М.Тынышбаев атындағы ҚазККА, 2018. –2-том. – 74-78 б.

11 Зиятбекова Г.З. Су тораптарының арындық шебінің бұзылу процессін зерттеу // «Фараби әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың халықар. конф. матер. – Алматы, Қазақ университеті, 2018. – 231-233 б.

12 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З. Су тасқындарын бағалау мәселелерін шешу үшін геоақпараттық жүйелерді қолдану // «Информатика және қолданбалы математика» III халықар. ғыл. конф. матер. – Алматы, 2018. – 1 Б. – 278-284 б.

13 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж. Су қоймаларындағы су көлемін бақылау әдістері мен құралдарын анықтау // XV халықар. ғыл.-прак. конф. еңбектерінің жинағы «Инновациялық, ақпараттық және коммуникациялық технологиялар». – РФ, Сочи, 2018. – 62-65 б.

14 Мазаков Т.Ж., Кисала П., Зиятбекова Г.З. Тасқынды және серпілісті толқындарды модельдеу теориясының тарихы мен дамуы // Профессор И.Т. Утепбергеновтың 70 жылдық мерейтойына арналған «Инновациялық IT және Smart-технологиялар» ҚР БҒМ ИЕТИ ғыл. конф. материалдары –Алматы, 2019. – 199-205 б.

15 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Кисала П. Өзен суы ағындарын сандық модельдеу мәселесі жөніндегі әдебиетке шолу // «Информатика мен есептеуіш технологиялардың қазіргі заманғы мәселелері» ҚР БҒМ Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының ғыл. конф. матер. – Алматы, 2019. – 174-179 б.

16 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Piotr Artur KISALA. Гидротехникалық құрылыстардың бұзылу салдары мен төтенше жағдайлардың пайда болуының басты мәселелері // «Информатика және

қолданбалы математика» IV халықар. ғыл.-прак.конф. материалдары. – Алматы, 2019. – 1-бөлім. – 374-381 б.

17 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., P. Kisala. Тасқынды және серпілісті толқындарды модельдеу мәселелерін шешу теориясының даму келешегі мен заманауи тәсілдемелері // «Қазіргі замандағы ғылым және білім: XXI ғасыр сыны» V Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы. – Нұр-Сұлтан, 2019. – 38-43 б.

18 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Тусупова С.А. Гидродинамикалық апаттардың орын алуы және оларды талдау // ҚР БҒМ Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының ғыл. конф. матер. – Алматы, 2020. – 45-50 б.

19 T. Mazakov, G. Ziyatbekova, M. Aliaskar. Automated water level monitoring system in water bodies // Journal of Advance Technologies and Computer Science. ICT. – Almaty, 2020. – Vol. 1, – No 1. – pp. 7-13.

Авторлық құқықпен қорғалатын нысандарға құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мағлұматтар енгізу туралы куәліктер:

1 «3D-MAT» үшөлшемді кескіндеме бағдарламалары кешені» 2019 жылғы 12 қыркүйектегі №5290 авторлық құқықпен қорғалатын нысандарға құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мағлұматтарды енгізу туралы куәлік (ЭЕМ-ға арналған бағдарлама), авторлары: Зиятбекова Г.З., Мазақова Ә.Т., Шорманов Т.С., Амирханов Б.С., Жолмагамбетова Б.Р., Әлиасқар М.С.

2 «Аралық функциялар кітапханасы» 2020 жылғы 17 қаңтардағы №7576 авторлық құқықпен қорғалатын нысандарға құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мағлұматтарды енгізу туралы куәлік (ЭЕМ-ға арналған бағдарлама), авторлары: Зиятбекова Г.З., Мазақова Ә.Т., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Қарымсақова Н.Т., Амирханов Б.С., Жолмагамбетова Б.Р.

3 «Аналитикалық есептеулер жүйесі» 2020 жылғы 21 қаңтардағы №7632 авторлық құқықпен қорғалатын нысандарға құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мағлұматтарды енгізу туралы куәлік (ЭЕМ-ға арналған бағдарлама), авторлары: Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Мазақова Ә.Т., Қарымсақова Н.Т., Тұрсынбай А.Т., Сәметова А.А.

4 «Бөгеттердің бұзылу қаупін бақылау жүйесі» 2020 жылғы 29 қыркүйектегі №12221 авторлық құқықпен қорғалатын нысандарға құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мағлұматтарды енгізу туралы куәлік (ЭЕМ-ға арналған бағдарлама), авторлары: Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Әлиасқар М.С.

1 ДАМБАНЫҢ БҰЗЫЛУЫНЫҢ ЗАРДАПТАРЫН БАҚЫЛАУ МЕН БОЛЖАУДЫҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ

1.1 Гидротехникалық құрылыстардағы судың деңгейін бақылаудың маңыздылығы

Еліміздің аумағында су қорлары көптеп саналады. Өзен-көлдерді халық өзінің тұрмыс-тіршілігіне пайдаланады, астық пен егіншілікке, дәнді дақылдарды суаруда қолданылатын тұщы судың қайнар көзі де осылар. Биік таулардың басында суы мұздай жерлер жетерлік. Энергияның бірден бір құралы ретінде суды пайдалану энергетикасы саласын айтарлықтай дамытады. Соның нәтижесінде елімізде су электр станциялары өз жұмысын жалғастыруда, олардың саны 30-дан асып жығылады. Әйтсе де, жолындағыны сыпыра шайып кететін дүлей күшті де судан көруге болады. Ол таспен қоса сең болып қатқан мұзды да таситын алапат тақын жасайды [14].

Мамандар бірнеше мәрте су алқаптары мен жағалаулық жерлерді пайдалану тиімділігі мен мүмкін болатын тасқындардан келтірілетін шығынның арасындағы қарама-қайшылықты шешу амалдарын жасады. Бірақ әлі күнге дейін бұл шешуін таппаған шаруа болып тұр. Өзен жағалауларын пайдалану мүмкіндігі жайлы мәселені шешу үшін, жекелей алғанда, бөгеттердің күйреуінен болатын су тасқындарының шығындарын айқындау керек [15,16].

Ауылшаруашылықпен айналысатын аудандарда егістік алқаптарды су басып қалуы салдарынан орасан зор шығын келеді. Мысалы, селдің жүруі дәнді-дақылдарға айтарлықтай нұқсан келтіріп, әр түрлі инженерлік және мелиорациялық жүйелерді құртады. Су басудан сақтану үшін әр алуан айла-шарғы ойластыру керек. Солардың бірі әрі бірегейі жағалауды бекініс тәрізді мықтап бекіту жұмыстарын атқарған абзал. Бүгінгі таңда көпшіліктің жөн көретін ең қарапайым жолы – қапшыққа салынған құмнан үйіп қолдан жасалатын шағын бөгеулер. Оны қалау үшін де дәлме-дәл өлшемдерін алдын ала білген дұрыс, өйткені су кемерінен асып кеткен кезде оларды шайып әкетеді де еш көмегі болмай қалады. Судың ары қарай жайылуын болдырмау үшін үйінді дамбаларды салу орындарын дәл анықтау қажет. Үйінді бөгет құрылысының құны оның ұзындығы мен биіктігіне тікелей байланысты, сондықтан олардың параметрлерін ыңғайлы етіп жасаған дұрыс. Жағалауды бекітуді жобалау мен оларды салу кезінде су басуы мүмкін жерлерді алдын ала білу үшін өзен суының ағынына модель жасауды қолданған жөн. Кейіннен, алынған нәтижелерді басты назарда ұстап, үйінді бөгеттердің қажет өлшемдерін есептеу оңай. Жоспарлы түрде мұқият ойластырыла жүргізілген есептеулер әрқашан оң нәтиже беретіні анық. Мұндайда өңірді сел жүруден сақтайтын жағалаудағы кішігірім бекіністердің атқарар қызметі ұшан теңіз. Ал жойқын әрі қатты толқынның жайылып кетуін модельдеудің оңтайлылығы болуы мен дәлме-дәлдігін бағалау оңайға соқпайды. Әзірше қайсыбір нақты нәтиже болған емес. Оған қоса, рас нәтижелерді алуға

болатын ешбір дұрыс амал да табылмаған. Бар тәсілдердің қай-қайсысын қолданбасақ та, қатты толқындардың бұзып-жарып өтуінің кесірінен болатын су басу аймақтары жайында тексерілген, нақты мәлімет болмай тұр. Алынған нәтижелердің дәлдігін бағалау тіптен үлкен жұмыс [17].

Аймақтың (өңірдің) экологиялық қауіпсіздігіне баға беру үшін әр текті ақпараттың қомақты көлеміне, әр түрлі мемлекеттік органдардың іс-қимылдарының үйлесімсіздігіне талдау жасау қажет. Мұндай сұрақтарды шешім қабылдауды қолдаудың жаңа ақпараттық жүйелерін пайдаланбай шешу мүмкін емес. Кейінгі кездері шешім қабылдау жағдайын жылдамдатып, оның маңыздылығын еселеуге септігін тигізетін, талдау нәтижелерін айшықты, түйсінуге ыңғайлы түрде беруді қамтамасыз ететін ГАЖ-технологияларға бағытталған бақылау жүйелері кең қолданыста [18, 19].

Басқа мемлекеттерде мынадай ұйымдар ең танымал нәтижелерге қол жеткізді: АҚШ-та – Массачусетс технологиялық институты, Google компаниясы, Microsoft компаниясы, Apple компаниясы, Жапонияда – Toshiba корпорациясы, Ұлыбританияда – Кембридж университеті және т.б.

Ресейде – Ресей Ғылым Академиясының Информатика Мәселелері Институты (РҒА ИМИ), Ресей Ғылым Академиясының Кескіндерді Өңдеу Жүйелері Институты (РҒА КӨЖИ), Самара ұлттық зерттеу институты, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу Мемлекеттік Университеті (ММУ), Н.Э. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университетінің биометрикалық технология бойынша ғылыми-зерттеу орталығы (ММТУ БТ ҒЗСО) және т.б.

Су бөгетінің бұзылуының математикалық моделін зерттеу мәселесін зерделеуге К.А. Степановтың, М.Ю. Стриганованың, М.В. Хамутованың, В.А. Кушниковтың, М.П. Шагаевтың, Е.Н. Куликтің, Д.В. Стефанишиннің, А.Ј. Raudkivi, F. Aureli, P. Mignosa, M. Tomirotti, Podobnikar T., Li, M. және тағы басқа шетел ғалымдарының еңбектері арналған.

Сонымен бірге, осы бағыттағы зерттеулердің өзектілігі отандық ғалымдардың қомақты еңбектерімен расталады. Елімізде мұндай зерттеулерді Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің ғалымдары жүргізіп жатқанын атап өтуге болады. Қазақстандық гидротехника ғылымының негізін қалаушы, академик Ш.Ч. Чокин тұңғыш рет Қазақстанда көпмақсатта қолданылатын бөгендердің есептеулері үшін ЭЕМ қолданды. Ол бөгендердің жарылуының математикалық моделінің мәселелерімен айналысатын алғашқы отандық ғалымдардың бірі болып танылды.

М.К. Такабаев диссертациялық жұмысында [20] гиперболалық типтегі дербес туындылардағы дифференциалдық теңдеулер үшін шекаралық есеп түрінде мұздық тектегі лай су тасқынының қалыптасуының және оның қозғалысының математикалық моделін құрды және негіздеді. Құрылған сызықтық емес есептің сандық шешімінің жасалған алгоритмдері бағдарламалар кешені ретінде жүзеге асырылады.

Р.Б. Баймаханның және оның зерттеуші студенттерінің ғылыми еңбектері математикалық модельдеуге және бөгеттердің беріктігін, сонымен қатар топырақ массивтеріндегі процестерді зерттеуге арналған [21].

Гидротехникалық құрылыстар тіпті қалыпты жұмыс режимінде экологиялық және табиғатты пайдалану мәселелерінің тұтас кешенін құратын ауыр техникалық нысандар қатарына кіреді [22, 23].

ГТҚ жапсарлас аумақтарға ықпал ету аймағы (бөген мен ағыстың төменгі бойындағы жерлер) біраз ұзаққа созылып, жүздеген шаршы километр ауданды қамтуы мүмкін. Атап айтар болсақ, аталмыш құрылыстарда төтенше жағдайлардың пайда болуы су жүйесінің қирауы мен төменгі бьефте оқыс жағдайларға (бөгеттердің, дамбалардың, энергетикалық, өнеркәсіптік және қоғамдық орындардың қирап-бүлінуі, елді-мекендердің су астында қалуы, адам құрбандары) әкеп соқтыратын серпілісті (бұзу) толқынның пайда болуы сияқты гидродинамикалық апаттарға апаруы мүмкін. ТЖ пайда болуының негізгі себептері су торабының жоғарғы бьефінің толып кетуі немесе лаңкестік әрекет сияқты табиғи немесе техногенді факторлар болуы мүмкін [24-26].

Қазіргі заманда адам өміріне төнетін қауіп артып келеді. Егер табиғи апаттар – жер сілкіністері, су тасқындары, орман өрттері замана бойы қауіп төндіріп келсе, соңғы уақытта оларға техногенді апаттар қосылды. Ең қауіптілері ірі экологиялық осал нысандарда болатын апаттар, оларға көптеген сушаруашылық құрылыстары (бөгеттер, бөгендер, дамбалар) жатады. Су тасқындарына, ауаны улы газдардың ластауы, мұнайдың тонналап төгіліп-жайылуына сеп болатын бөгеттер мен дамбалардың күйреуі, газ бен мұнай жолдарындағы апаттар туралы күнделікті естиміз. Осының бәрі технология мен қауіпсіздік техникасын бұзушылықтан, ұқыпсыздықтан, жете қадағаламаушылықтан, тіпті әйгілі «адам факторынан» орын алуы мүмкін. Бөгеттер ықылым заманнан бері тасқындардан сақтау, энергия көздерін алу, ауызсумен қамту, бір сөзбен айтқанда «су – тіршілік көзі» екенін мойындаймыз. 1950 жылдары алыс-жақын шетелдерде ел үкіметі халықтың тұрмыс-тіршілігі үшін, кейде тіпті жекелеген ірі мекемелердің өзі ұлттық экомиканың дамуына әрі кемелденуіне үлес қосатындықтан ірі су бөгеттерін салуды жөн санады. Оның құрылысы су мен ток көзіне деген қажеттілікті қамтамасыз етудің маңызды құралы ретінде де, көпжақты пайда (игілік) әкелетін ұзақ мерзімді стратегиялық күрделі қаржы салымы ретінде де қарастырылды. Бұл игіліктердің кейбіреуі инфрақұрылымды дамытумен байланысты ірі әлеуметтік жобаларға тән болса, енді бірі барлық бөгеттер үшін бірегей, я болмаса олардың кейбіреулеріне ғана қатысты болды. Ғалымдар бөгеттер құрылысы қоршаған ортаға зор ықпалын тигізетіндігі туралы қорытындыға келді, өйткені ағыс жылдамдығы мен топырақ эрозиясы өзара тікелей байланысты. Өзендердегі шөгінділер мен лайланған қалдықтардың теңізге шығуына бөгеттер де кедергі жасайды. Сондықтан өзендер қосылатын жерлерде эрозия турыратын осындай қалдықтар жиналады [27-29].

ТЖ зардаптарын жүйелі түрде талқылауда, оның моделін жасауда және алдын ала бағдарлауға бағытталған қолданбалы әдістерді зерделеп-дайындау жолында аянбай еңбектенген ғалымдар жетерлік. Мысалы Ахметов Б.С., Симагин И.М., Полуян Л.В., Василенко А.А., Арифиллин Е.З., Федянин В.И., Арефьева Е.В., Фурсов В.А., Сергеев В.В., Фурман Я.А., Т. Kohonen, М. Turk, Т. Ahonen, Т. Cootes, I. Chingovska, P. Kisala және тағы басқа шетелдік ғалымдар айналысуда. Әйтсе де, оның тигізер залалдарын жан-жақты талдап, болжайтын белгілі тәсілдердің шарттары түбегейлі шешілмеген. Сол себепті, кететін шығындардың аз мөлшері мен құны төмен болатындай болжаудың тез әсері мен шынайылығының жоғары көрсеткіштерін қамтамасыз ететін математикалық модельдерді, сандық әдістерді, алгоритімдер мен бағдарламалық кешенді әзірлеп, зерттеу қажеттілігі туындайды. Диссертация аталмыш мәселені шешуге арналады.

Әдебиетте [30-32] келтірілген гидродинамикалық апаттың төтенше жағдай ретіндегі анықтамасында, автордың пікірінше, себеп салдарға ауысады. Гидротехникалық құрылыстың қалыпты жұмысының бұзылуы салдарынан зақымдаушы факторлар туындайды: күйреткіш серпіліс толқыны, су легі, ал содан соң нысан аумағы мен таяу құрлыққа жайылатын тынық су. Бірақ ТЖ адамзаттың жойылуы мен тигізер залалы ретінде орасан зор шығындарға әкелген кезде судинамикалық апаттың әсері бойынша жасалады.

XXI ғасырда өмір сүріп жатқан дүние жүзі халқы орасан зор сынақтарға, бастысы, ел болашағына балта шаппайтын, тұрлаулы өмір салтын құру қажеттілігі мәселесіне тап болды. Адам тұтынатын тұщы су жер шарымыздағы тіршіліктің қайнар көзі іспеттес. Сол себепті «судың да сұрауы бар» деген нақыл сөзді әрқашан жадымыздан шығармай, ол байлықтың да қоры шектеулі екенін есте ұмытпаған жөн. Жалпы су қорларының қоғамымыздың өндіргіш күштерін арттыруда, мемлекетаралық, сондай-ақ әлеуметтік-мәдени ахуалдарды реттеуде үлкен рөл атқарады. Олар жекелеген аймақтардың алға басуының, ірі нысандар мен елді мекендердің шоғырлануының бастамасы бола отырып, су шаруашылығы серіктестіктері, суару және құрғату жүйелері, әртүрлі кәсіптік кешендерге ұқсас табиғи-техникалық кешендердің бейімделуіне ұз септігін тигізеді [33, 34].

Зерттеушілердің пікірінше, болашақта мемлекеттер арасында тұщы суды пайдалану жөнінде өзара түсініспеушіліктер мен қайшылықтар туындап, әскери жанжалдарға ұласуы мүмкін.

Бөгет-тосқауылдар өзендердің табиғи ағысын бұзып, іркіліс процесстерінің дамуына әкелді, «өздігінен тазару» қабілеттілігін азайтты, судың сапасын күрт өзгертті және т.б. Бөгеттерде артып келе жатқан судың арыны (қысым) мен олардың мүшкіл жағдайы бұзылысқа әкеп соқтыруы мүмкін. Табиғи зілзала немесе арандатушылық жарылыс жойқын су тасқындарын тудыруы мүмкін. Гидротехникалық құрылыстардың, жекелей алғанда, бөгеттердің жұмысында су тораптарының арындық (қысымдық) шебінің бұзылуы елеулі экономикалық, экологиялық және әлеуметтік

зардаптарға ұшырататын, сондай-ақ су тораптарының төменгі бөбегтерінің жағдаятына ықпал ететін ең қауіпті апат жағдайларының бірі болып табылады.

Статистикалық деректерге сүйенсек, дүниежүзіндегі 15 мың үлкен су бөгеттеріне орта есеппен жылына 1,5 жырылу жағдайлары келеді екен, яғни бір жылда шамамен он шақты рет бөгеулерден судың асып кету қаупі бар деген сөз. Гидрографпен болжалды түрде алдын ала тасқынды мөлшерлеу дәлдігіне су басу аймақтарындағы сан түрлі толқынның өлшеулерін – айталық, қаншалықты терең екенін, су ағысының жылдамдықтарының және т.с.с. уақыт мерзіміндегі өзгерісін анықтауға тікелей байланысты. Мұндай ақпараттар шаруашылық нысандарын бекіту орнын таңдау, селге қарсы қоданатын амалдармен кеңесу, бөгет қираған уақытта жасалатын іс-қимылды ойластырып, жойқын толқынның қуатты күші мен оның тигізер залалын анықтап, тіреу құрылыстарын кепілдендіру үшін қажет [35-37]. Халықты қорғаудың бірден бір жолы өңірді су басқанда болатын серпінді толқынның биікке көтеріліп, дәрежесі бойынша аймақтарға бөлу болып табылады. Серпіліс толқыны болған кездегі жалпы жағдайды анықтау үшін оның қажетті есептеулерін жүргізу қажет, айталық: серпінді толқынының ең жоғарғы биіктіктегі көрсеткіші; толқын денесінің ең жоғары жылдамдығы; жойқын толқынының бастапқы және соңғы легінің жылдамдықтары; серпінді толқынның (бастапқы шебінің, орта тұсының немесе жотасының, толқынының соңғы жағының) өзіндік нүктелерінің есептік тұстамаға жету уақыты. Халықты, нысандар мен аумақтарды тиімді қорғау үшін біздің еліміздегі гидроморфометриялық жағдайларда қолдануға болатын, серпіліс толқыны мен су басу аймақтарының параметрлерін есептеу әдістемесі мен бағдарламасы қажет.

Ұсынылған ғылыми жұмыстың негізгі түйіндемелері – бағдарлау жүйелерін құруды толыққанды игеру, атап өтер болсақ, жарылған бөгеулердің ықпалынан болатын жазатайым оқиғаның себеп-салдарын анықтап, мәселені егжей-тегжей түсіну. Сонымен қатар су астында қалған өлкені мұқият зерттей отырып, келешекте төтенше жағдайлардан қалай сақтануға болатыны туралы амалдарды ойластыра жасауды жедел қимылдау ережелеріне қосу. Ізденіс жұмысының басты міндеттері бүлінген бөгеттің тірі ағзаға тигізер кесепатын ескере отырып оның себеп-салдарын айқындап, оған шапшаң қимылдап, ұсыныс беру.

1.2 Бөгендердегі судың мөлшерін бағдарлау амалдары мен аспаптары

Бөгет – өзенді (немесе басқа су легін) оның алдындағы су деңгейін жоғарылату үшін бөгеуге, құрылыс немесе бөген орналасқан жердегі арынды жинауға арналған гидротехникалық құрылыс [38].

Су жинақтайтын орын мен бөгеу өзен маңындағы өңірлерге едәуір зиянын тигізіп қана қоймай, өзеннің суының химиялық құрылымына да теріс әсерін береді. Соның салдарынан табиғатта судың қатып, мұздың түзілу

уақытына да ықпал етеді; балықтың басқа жаққа аууы (қоныс аударуы) қиындық туғызады; жоғары бьефтегі өзен жағалауы су астында қалады; жақын маңдағы аймақтардың ауасы өзгереді. Топырақ немесе жер бөгет толығымен, кейбір жағдайларда сіңіргіштігі төмен топырақтан салынады. Бөгеттің жоғарғы беткейі, яғни жақтауын жағалай жайылған сіңіргіштігі төмен топырақ қалқа болады; мұндай топырақты бөгеттің арасына салған кезде өзек пайда болады. Қалқаның немесе өзектің болғаны өз кезегінде септігін тигізеді. Ол бөгеттің қалған бөлігін сіңіргіш топырақтан немесе тасты материалдардан (тасты-топырақты бөгет) тұрғызуға мүмкіндік береді. Топырақ бөгеттің төменгі беткейінің етегінде бөгеттің денесі мен табаны (іргесі) арқылы сүзілген суды бұрып әкету үшін кәріз орнатылады. Бөгеттің жоғарғы беткейін (жақтауын) толқын әсерінен бетон тақталамен немесе тас тастамамен қорғайды. Топырақты үйме бөгет салған кезде топырақты карьерден экскаваторлармен алады, құрылыс орнына өзі аударғыш жүк машиналарымен тасиды, бөгет денесіне жайып, бульдозерлермен жаймалап, бірнеше рет қабаттап нығыздайды. Дымқылдап үйілетін бөгет тұрғызғанда топырақты арнайы техника жерсорғыштармен немесе суатқыштармен қазады. Әбден араластырылған топырақты құбыр арқылы жеткізіп, дайын болған қоспаны орнатылатын бөгеттің үстінен жаймалап жағып шығады. Солан соң құрамындағы суы кетіп, қалыптасып отырған топырақ өзінен өзі тығыздалып қалады. Өзен арнасында топырақ қоспасынан бекіген бөгеттің тқғырын мықтап қалап, бойын көтеру үшін ондағы шұңқырларды сыртынан айналдыра қоршап, өзен ертерек дайындалып ашылады да, бөгеу салынғаннан соң жабылатын уақытша су таратқыштармен басқа арнаға бұрылады. Тас, яғни тастамалы бөгеттегі қалқаны немесе орталық су өткізбейтін бөлігін темірбетоннан, асфальттан, ағаштан, металдан, полимер материалдардан да жасауға болады. Суды аз өткізетін қабілеті тасбөгеттің іргетасына да тікелей байланысты. Егер табандағы топырақ суды жақсы сіңіретін болса, оны бөгет алдында қалқамен тұтасатын понурмен (мысалы, саздан жасалған) жабады. Өзекті бөгет шпунтталған болат қабырғаның немесе жылыстап ағуға қарсы перденің табанында арнайы құрылғымен толтырылады. Тасты тастамалы және тасты-топырақты бөгетке тасты жоғарғы биіктіктен қабаттаса төгеді. Бетон бөгеттер, көбінесе, ығыстыру жұмысының ыңғайына байланысты құрылымдық белгілері бойынша жіктеледі. Оған сәйкес бөгеттердің үш маңызды түрін атап айтуға болады: гравитациялық, арқалы және қарсы кермелі бөгеттер. Қазіргі кезде бетон тосқауылдарға негізгі материал ретінде гидротехникалық бетонды қолданады. Бетоннан жасалған бөгеттерді орнату кезінде мынаны естен шығармаған жөн. Ол – судың бөгет астынан білінбей ағып кетуі. Сол үшін зәулім бетон бөгеттің жоғарғы қырына жақын іргесінде жылыстауға қарсы перне салынады. Оның қалған бөлігі арқылы кәріз өткізіледі. Себебі ол бөгет табанына түсетін судың қысымды әжептәуір кемітуге көмектеседі, бұл салыну жұмысының мықтылығын арттырады. Гравитациялық және қарсы кермелі бөгеттер, температура өзгерісінің әсерінен қалыптасатын

жарықшақтарды болдырмау үшін, ұзына бойы қысқа бөліктерге (секцияларға) тілініп, араларында жіктері су өткізбейтін тығыздауыштармен жабылады. Қату және температуралық кернеулердің азаюы салдарынан бетонның отыруы нәтижесінде сызаттарды (жарықшақтарды) болдырмау үшін бөгетті өлшемдері шектеулі арнайы блоктармен бетондайды, осы қоспаның құрамбөліктері мен блоктарға салынған бетонды бөгет бойына өткізілген құбырлар жүйесімен суытқыш сұйықтықтың (тоңазытқыш қондырғыдан) айналымы арқасында жасанды суытуды қолданады. Су арнасындағы бетоннан жасалған бөгет алдымен 2-ші кезекте шұңқырларды қоршайтын арнайы бөгеулермен қорғалады. Бөгеттің бірінші кезегін салған кезде өзен арнаның бос бөлігімен ағады; екіншісінде – бөгетте қалдырылған, барлық құрылыс жұмыстары аяқталғаннан кейін бітелетін саңылаулар (жыртылымдар) арқылы ағады. Егер өзен арнасы тар болса, мұндай бөгетті уақытша жағалау арқылы су таратқыштарға бұру жолымен бірден салады. Гидротехникалық құрылыстарды салуда әуелден белгілі жартасты емес іргеге орнатылатын әрі көп су ағызуға бейімделген арыны жай бетоннан жасалған су ағызғыш салынған бөгеттің түбінен және арасындағы тірегіштерден жасалған, арнайы жапқыштармен жақсы бекітілетін су ағызатын аралықтар құрайды. Су ағатын жердің артына қарай ауыр тіреуіш қойылады, оны кейде терең суды басқа жаққа бағыттайтын құдық ретінде жасайды. Ал әрірек одан жеңілдеу тірек орнатылады, әдетте оны рисберма деп те атайды. Сутоқсқының астына кәріз орнатылады. Жағалаумен немесе топырақ бөгеулермен ауыр тіреушелермен қабаттасады. Арыны баяу су ағызғыш бөгеу құрылысында әдетте арқаулау (көбінесе бүкіл құрылысты) қолданылады. Мұндай бөгеттің флютбеті мен аралық тіреулерін жеңілдетілген ұялы құрылма етіп жасап, ұяларға топырақ тастайды [39, 40].

Түсіндірме сөздіктерден білуімізше, аталмыш бөгеттер су қорларының алуан түрін қолданады. Мәселен, мелиорацияны, су энергетикасын, сондай-ақ жайылымдарды суландыру мақсатында да тұтынады. Олар нақты бір жерге бекіген су торабы кешендеріне қарайды. Ал бөгеттерді арналарда бекіген жүйешілік бекіністерге қарағанда өзен сутехникалық құрылыстары тобының қатарына енгізуге әбден болады. Сол себепті, егер құрылыс кешені өзеннен су тартумен қызметін атқаратын болса, олар су жинағыштар деп аталады [41].

Сайып келгенде, бөгеттер орналастырылған су торабының құрамы мынадай:

- бөгеттердің өздері (су өткізетін немесе бітеу);
- бас су жинағыш реттеуіш немесе су көтеру қондырғысы;
- су электр станцияларының құрылыстары;
- кеме өткізетін шлюздер, бөрене ағызғыштар;
- тосқындармен күресу құрылыстары (тұндырғыштар, шайғыштар, ағынбағыттауыш жүйелер);
- балық қозғалысына қолайлы жоғарғы өткізу қасиетіне ие;

- суағар;
- жағалау бекіткіш және түзегіш құрылғылар.

Бөгет өзінің түрі мен жасалу құрылысы жағынан былай ерекшеленеді: өлшемдері бойынша, қолдану мақсаты арқылы әрі қалыптасқан орта жағдайлары мен құрылыс материалының түрлері де әсер етеді. Оларды көп жағдайда өздерінің қолдану және суөткізгіштік жағдайларына сәйкес бір-бірінен былай ажыратады.

Материал түрі бойынша:

- топырақ араластырып жасалған;
- бетон;
- тасты;
- металл;
- жұмсақ тінді;
- ағаш;
- темірбетон;
- габионды (торлы).

Тұрғызу тәсілі бойынша:

- үйінді;
- сулап үйілген;
- жарылысқа қарсы бағытталған.

Негізгі жүктемені қабылдау тәсілі бойынша:

- гравитациялық;
- аркалы;
- қарсы кермелі;
- аркалы- гравитациялық;
- қайта (қарсы) реттегіш.

Су шығынын жіберу жағдайлары (талаптары) бойынша

- бітеу (судың бөгет жотасынан асуына жол бермейді);
- су ағызғыш;
- сүзгіш (су жіберу бөгет денесі арқылы жүзеге асырылады);
- төккіш (апаттық әрекеттер).

Арын шамасы бойынша

- төмен арынды (арыны 10 м-ге дейін);
- бірқалыпты арынды (10-нан 40 м-ге дейін);
- қатты арынды (40 м-ден артық) [42].

Су қоймалары табиғи және қолдан жасалған болуы мүмкін. Оларды табиғи көлдер мен тоғандар құрайды.

Қолдан жасалған су қоймалары үшке бөлінеді:

- бөгеулер (су көлемі 1 миллион текше метрден артық);
- тоғандар (су көлемі 1 млн.м³-ден аз);
- сыртқы ортадан мүлдем оқшаулануымен және су режимін толық реттеумен ерекшелентін бассейндер.

Құрылымдық белгілері бойынша су қоймалары былайша жіктеледі:

1. Түбі мен бүйір жақтары зауытта жасалған орташа және аса кіші су қоймалары (үлдір немесе дайын ваннаны айтады).

2. Тұрақты және уақытша ағынсуларда орнатылатын бөгеті бар су қоймалары.

3. Топыраққа шұңқыр қазып, оны сумен толтыру арқылы қалыптасатын қазба су қоймасы.

4. Аралас су қоймалары.

Негізгі қолданылуы бойынша су қоймалары:

1. сәндік су қоймалары, оларға негізінен дайын пішінді шағын және аса шағын су қоймалары жатады;

2. ландшафттық-сәндік қолданыстағы су қоймалары, олар нысанның жоспарлы құрылымының маңызды бөлігі болып табылады;

3. рекреациялық су қоймалары, олар ландшафттық-сәндіктен рекреациялық жүктемесімен ерекшеленеді;

4. су спортына арналған су қоймалары;

5. спорттық балықшылыққа арналған су қоймалары;

6. балық өсіруге арналған су қоймалары;

7. белгілі бір жерлерді суаруға бағытталған су жүйесі, олар суды жылытады;

8. бірнеше әрекетті қатар орындай алатын су тораптары [43].

Бізді қоршаған ортада болып тұратын соққылар, қопарылыстар, әсіресе, суға байланысты жағдайлардан тиетін залалдар жылдан-жылға артып келеді, ал тасқын зардаптарынан ұшырасатын экономикалық шығындар жалпы ел ішінде шығарылатын өнімнің күрт түсіп кетуіне әкеледі. Нұқсанды мүмкіндігінше болдырмауға бағытталған әрекеттерге тасқынның тіршілікке тигізетін кері әсерін сипаттай білу жатады. Олардың мөлшері су тасқындарының халыққа, жан-жақты дамуға, ауыл шаруашылығына және т.с.с. тигізетін зардаптарының дәрежесіне ықпал етеді [44].

Қазіргі сәтте бөгеттің қирауы сияқты төтенше оқиға әсерінен жерлерге су жайылу, су деңгейінің күрт өсуі мен шайылуына толып жатқан мысал келтіруге болады.

Арын құрылысы қирағанда және оларды зақымдайтын серпінді толқынмен қатар маңайдың су астында қалуы себепті сипатталатын төтенше жағдайларға қосымша әрекет етуші жағдайлар қосылады:

– өрт – электр кабельдері мен сымдарының үзіліп қалуы және қысқа тұйықталудың себептерінің;

– көшкіндер, опырылулар – топырақтың шайылуы әсерінен;

– жұқпалы аурулар – ауызсудың, азық-түліктің ластануы салдарынан.

Арынның гидротехникалық құрылыстардың бүлінуінен және серпінді толқынның қалыптасуынан болатын апаттардың себептері де сан қилы болуы мүмкін. Мұндай апаттар көбінесе құрылыс іргетасының бұзылуынан және су ағызғыштардың жетіспеушілігінен болады. Түрлі жағдайлардың пайыздық мөлшері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1.1 – Серпінді толқынның пайда болуымен қатар келетін гидротехникалық құрылыстар апатының сан түрлі себептерінің жиілігі

Бүлінудің орын алуы	Қайталану жиілігі, %
Іргетастың бүлінуі	40
Су ағызғыш бұрандалардың тапшылығы	23
Құрылымдық олқылықтар	12
Әр келкі шөгу (отыру)	10
Сулап үйілген бөгеттегі жоғары бастапқы қысым	5
Бүлікшілік әрекеттері	3
Беткейлердің сырғып түсуі	2
Материалдардың дұрыс болмауы	2
Жер дүмпулері	1
Ережеге сай қолданбау	2
БАРЛЫҒЫ:	100

Гидротехникалық құрылыстарда апаттарға әкеліп соғатын басты олқылықтар табиғи және техногенді факторлар болып табылады [45]:

– қоқыс шығындары жүріп өткенде бөген толып, ағыз құрылғыларының күнделікті жұмысының істен шығуы мүмкін, бұл бөгеттен судың асып, жыртылып кетуге әкеп соғады;

– ұдайы пайдалану салдарынан бөгеттің өзіндік ерекшеліктері мен гидромеханикалық жабдықтың қызмет ету мерзімінің аяқталуы бөгет бойындағы жырылымның пайда болуына әкелуі мүмкін;

– қауіпті жағдайларды бақылаудың болмауына және тасқын туралы ақпараттың аздығына орай қызметкерлердің қателесуінен;

– лаңкестік әрекет те өз кезегінде бөгеттердің жарылуына ықпал етеді.

Қоршаған ортаның климатқа әсері әрі оның бақыланбайтын өзгерісі адам әрекетінен және катерлердің шығуынан деп те топшылайды. Су қоймаларына байланысты табиғи апаттардың көпшілігі су деңгейінің шектен тыс артуынан болады. Қорғаныш құрылыстары олардың сипаттамаларынан бірнеше есе артық жойқын күшке қарсы тұра алмауы мүмкін. Және де, өзендердегі судың деңгейінің өте аздығы кеме қатынасына да кедергі туындатады. Көлдердегі су мөлшерінің өзгеруіне сан қилы факторлар әсер етеді. Қуаңшылық та ондағы судың азаюына әкелуі мүмкін.

Жауған жауынның көптігінен су көбейеді. Бұдан басқа күштер де өзен-көлдердегі судың не артып, не төмендеуіне өз әсерін тигізеді. Айтар болсақ, бөгеттен суды босату оған жақындау жердегі өзендегі су деңгейіне ықпал етеді. Кейбір өзендер бірнеше мемлекетке тиесілі болғандықтан, өзенге қарапайым су ағызудың өзі саяси жанжалға сеп болуы, я болмаса тіптен жер дүмпуін туғызуы мүмкін. Желдің де өзен суының ағысынның бағытына байланысты әсері болады. Қарсы жел ағысты азайтады да, өзеннің төменгі жағындағы деңгейі де азайып, жоғары жағында артады [46, 47].

Гидротехникалық құрылыстардың, табиғи су қоймалары мен өзендердің жырылып кетуін болдырмас үшін уақытында бақылауда күшейтіп, үнемі назарда ұстап отыру керек. Сол себепті, «тұрақты» сөзі су қоймаларындағы суды бақылаудың жеке құралдарын ойластыруды міндеттейді. Су қоймаларындағы су деңгейін өлшеу әдістерінің жеткіліктілігіне қарамастан, яғни ең қарапайымынан күрделісіне дейін, су деңгейін тіркеудің автоматтандырылған жүйесін беретін бақылауды ойлап табу қашан да келелі мәселелердің бірі болып есептеледі. Судың деңгейлік сызығы – оның бетінің салыстырмалы түрде басқа затқа қатысты алғандағы биіктігі. Су әрқашан тыныш күйде болмайтынын ескерсек, оның биіктігін өлшеу де оңайға соқпасы анық. Кейбір өлшегіш құралдарды көпірдің астына орнатып, олар орналасқан жерден су бетіне дейінгі қашықтықты тіркеп тұруға арналғандары да бар. Осылайша құралды қалай дұрыс орнатуға болатыны туындайды. Су көрсеткішін тағы бір жолмен өлшей аламыз, ол – алдын ала тығыздығы мен бөгеудің қимасының ауданын біле отырып, ыдыс түбіне түсетін қысымды өлшеуге болады. Осыдан кейін оның биіктігін табу еш қиындық тудырмайды. Мұндағы ыдыстың түбі тұрақты жазықтық рөлін атқарады. Бұл жерде айта кететін тағы бір мәселе, қандай әдіспен болмасын су деңгейін білу үшін алдымен сол жердің тиісті мүмкіншілігін ескерген жөн. Біз өз жұмысымызда мәселенің бұл жағын қарастырмаймыз. Бүкіл өлшеу жабдығының жұмысы электр энергиясымен атқарылады, мұндай мүмкіндік үнемі ескеріле бермейді. Айталық, өлшегіш құралды теңіз-көлдердің жағалауынан қашықтау жерге бекітсек, ондағы су мөлшерін анықтау өте қиынға соғады. Сондықтан өлшегіш аспаптарды еш көмексіз өздері жұмыс істейтіндей су деңгейі бойынша ақпарат алатын әрі таратанын құрылғы ретінде қабылдау керек. Енді бақылау құралдарына қандай негізгі талаптар қойылатынын сөз етейік. Аталмыш техникалық аспаптар қорғаныс қабықтары мен бөліктері өте жоғары сапада жасалуы қажет. Оған су кірмейтіндей әрі жұмыс істейтін басты электрондық құрамбөліктеріне зақым келмейтіндей етіп құрастырылғаны дұрыс. Соған қарамастан су құрамындағы элементтер бақылау аспаптары жасалған материалдарды коррозияға ұшыратуы мүмкін, әйтсе де, бақылау құралының сыртқы қорғанышын мықтап жасау керек. Өлшеуіш құрылғыларының қатты соққылардан, дірілдерден қорғай алатындай сапасы болғаны абзал. Бақылаудың негізгі атқаратын әркеті – ақпарат қабылдау. Оларға сенсордан келетін мәлімет өңдеу қорына дер кезінде жіберілгені дұрыс. Бақылау

құралдары қайда орналастырылса да ақпарат өздіксіз берілуі керек. Қорыта келе айтарымыз, мәліметтерді төмен орбиталдық байланыспен берген оңтайлы [48, 49]. Жабдықтау орнын ток көзіне қосу әлі де болса шешілмей, сұрақ күйінде тұрғаны анық. Осы тығырықтан шығатын жалғыз ғана жол – қолжетімді, ең тиімді күн энергиясы.

Бақылау жүйелері адам мен оны қоршаған ортаға төнетін зардапты алдын ала байқау үшін табиғат пен техносферада жүретін құбылыстар мен үдерістерді үнемі бақылап отыру керек. Оның көздеген мақсаты қауіп-қатердің жекелеген түрлерін бақылаумен айналысатын алуан түрлі мекемелер мен ұйымдардың зияткерлік, ақпараттық және технологиялық мүмкіндіктерін жұмылдыра отырып, төтенше жағдайлардың дәл әрі анық болжамын жасау болып табылады. Бақылаудан алынған ақпарат жүргізілген болжау үшін маңызды әрі ұтымды рөл атқарады. Сонымен қатар бақылау жүйесі басқа бірқатар автоматтандырылған тораптармен байланысады. Мәселен су электр станцияларындағы бөгеулерде жиналған суды босатуб дабыл қағу жүйелерімен ұқсас өзара тығыз байланысты жүйелермен байланыста болғаны абзал. Су деңгейін бақылау жүйесіне көшу қиындықтардың алдын алуға көмектеседі [50, 51].

Серпінді толқынын модельдеуге келесі тәсілдерді ескеруге болады: физикалық және зертханалық тәжірибе жүргізу, оған қоса сандық компьютерлік модельдеу. Серпіліс толқыны жиі пайда болмайтындықтан және көп уақытта оның параметрлерін өлшеу мүмкін емес кезде физикалық тәжірибе жасау да мүмкін емес. Зертханалық тәжірибе – мүмкін болатын серпіліс толқынының параметрлерін анықтауда көп шығынға тап боламыз. Осы күні бірден-бір қолайлы тәсіл сандық компьютерлік модельдеу екенін білеміз. Мамандар қолда бар деректерге сүйеніп, қорғаныш ұсынымдарын беру үшін компьютерлік модельдеу тәсілі бойынша серпінді толқынның таралуы модельденіп, су басу аймақтары көрсетіледі. Серпін толқындарын сандық модельдеуді бір өлшемді, екі өлшемді, үш өлшемді модельдеулерге бөліп қарастыруға болады. Бір өлшемді модельдеу нақты нәтиже көрсетпей, екі өлшемді нәтижелерді алуға мүмкіндік туындамайды. MIKE 21, FlowVision сияқты қолданып жүрген бағдарламалық кешендердегі екі және үш өлшемді модельдеу үшін жоғары білікті мамандар мен өнімділігі жоғары компьютерлер керек. Соның өзінде жүргізілген есептеулер үлкен модельдерде ұзақ уақытты алады [17, б.130,133].

Ақпараттық мониторинг жүйелері үшін шынайы уақыт жағдайында деректер жинауды қамтамасыз ету керек. Бұл мәселені шешу үшін өлшеу бергіштерімен бірге деректерді жинап, жібере алатын жүйелерді пайдалануға болады. Деректерді берудің бірегей торабы ғарыш көздерімен ақпараттарды беру болып табылады, оларға энергиямен қамтылған автоматтандырылған ішкі жүйені де қосуға болады. Негізгі ойды түйіндей отырып, теңіздегі, өзен-көлдер мен су торабындағы су деңгейін бақылауды автоматтандырылған және біртұтас беру жүйесінің көмегімен атқарған нәтижелі болады.

Энергиямен қамтудың дербес жүйесіне құрылғыны тоқпен қамту үшін жабдықтау жұмыс кіреді [50, б.137,138].

1.3 Бірінші бөлім бойынша тұжырым

Сонымен, қолданып жүрген түрлі әдіс-тәсілдерді талдай отырып, гидродинамикалық апатты төтенше жағдай ретінде болжау әдістемесін дайындауға арналған зерттеу жұмысының мақсаты мен негізгі міндеттері тұжырымдалды.

Бұл тарауда қолданыстағы зерттеу міндеттерін қорыту мен тығырықтан шығатын жолды табу әдістері талданды. Міндетті орындау кезінде туындайтын негізгі мәселелер айқындалды. Мәселенің жалпы сипаттамасы келтіріліп, зерттеу міндеті белгіленді. Сипатталған әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері екшеленіп, аталды. Қазіргі заманғы математикалық модельдеу технологиялары мен есептеу экспериментін қолданып, табиғи және техногенді сипаттағы ТЖ залалдарын кешенді түрде пайымдау, модельдеу мен болжауға арналған белгілі әдістерге салыстырмалы талдау жасалды, нәтижелері географиялық ақпараттық жүйеде көрсетіліп, дамбаның бұзылуының математикалық моделі зерттелді.

Тарау нәтижелері су деңгейін бақылау талаптарын зерделеп, жан-жақты орындауға себеп болады.

2 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРДАҒЫ СУДЫҢ МӨЛШЕРІН БАҚЫЛАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

2.1 Мәселенің жалпы сипаты

Су қорларын басты назарда ұстаудың қажеттілігі – бекітілген мақсатты жоспарға қатысты, ақпараттың өлшеу бірліктері мен мәліметтерін ескеріп, ұтымды әдіс-амалдарды қолдана отырып, су қорлары элементтерін бағалау үшін жүргізілген мәліметтерді алу. Бұл су қорларының қазіргі жағдайы туралы ақпарат алуға және олардың сипаттамаларының тенденцияларын бағалауға, сондай-ақ мүмкін болатын өзгерістердің көлемін болжауға мүмкіндік береді. Олар су қорларын жерүсті және жерасты бақылауды, сумен айналысатын шаруашылық жүйелері мен құрылыстарының бақылауын әрі суды дұрыс тұтыну тексерістерін құрайды. Су қорларын бақылауда ұстау аталған шаруашылық иелері үшін су қорын бағалау мен оларды игеруге арналған. Су бақылау жүйесі елдің су қорын басқаруға ақпараттық қолдау жасайды. Бақылау жүйесін қалыптастырудың негізгі ережелері: кешенді тәсіл; кеңістіктегі және уақытқа байланысты үздіксіз бақылау; бірыңғай әдістемелік тәсілдерді қолдану; ГАЖ негізінде бақылау жүйесін ұйымдастыру; жүйе басқа жүйелермен тәжірибе алмасу үшін ашық болуы керек; деректерді жинау мен өңдеудің компьютерлік технологиясына беімделуі керек [52].

Жерді ғарыштық қашықтықтан бағдарлау (ЖҒҚБ) мәліметтері тасқындар мен су басудың дамуын тез бақылау үшін, су басқан аудандардың жалпы көлемін анықтау үшін, су басқан жердің ауданы мен гидрологиялық посттағы деңгей арасындағы байланысты анықтау үшін және көктемгі су тасқыны ағынын модельдеу үшін қолданылады. Мұздың қаншалықты ауқымды болып қататынын анықтау, суқұрылғыларының жұмыс істеуге қаншалықты жарамдылығын және су бойлай жүретін жерлердегі барлық ғимараттарды сараптау үшін тасқыннан келетін шығынды есептеген жөн. Қашықтан байқау әдістерінің ерекшелігі – бұл жер бетінің жай-күйін үнемі назарда ұстау мүмкіндігі, үлкетіп қарау аумағын қамту, қызығушылық тудыратын аймақтар жайында ақпарат алудың жоғары жылдамдығы және географиялық ақпараттық жүйелерге интеграциялану мүмкіндігі. Ғарыштан Жердің суреттері туралы мәліметтерді түпкілікті бағдарлау әр түрлі қамту аймақтарын зерттеуді қамтамасыз етеді және бізге өзеннің басынан бастап аузына дейінгі бүкіл су тасқынының өтуін сипаттауға мүмкіндік береді. Су басқан аудандардың жерсеріктік түсірілімін жүргізу кезінде әртүрлі кеңістіктік шешімдер туралы мәліметтер мен әртүрлі спектрлік диапазондағы ақпаратты пайдаланған жөн. Жерді ғарыштық қашықтықтан бағдарлау деректері қазіргі нарық жағдайында жақсы дамуда. Ғарыш аппараттарының саны және олардың жұмыс қабілеттілігі артып, қашықтықтан бағдарлау деректері айтарлықтай төмендеп келеді. Мұның бәрі ғарыштан Жер суреттерін пайдалану технологиясын жетілдіруге, атап айтқанда су тасқыны

мен сел басу кезінде бақылау жүргізуді одан әрі жетілдіруге ерекше назар аударуды қажет етеді [53, 54].

2015 жылдан бастап құрамында «KazEOSat-1» және «KazEOSat-2» (орта және жоғары кеңістіктік мүмкіндікті) деп аталатын екі ғарыштық аппараттары бар Жерді ғарыштық қашықтықтан бағдарлау мүмкін болды. Оның көмегімен ел аумағында жедел бақылау ақпаратын алуға болады. Сондай-ақ ел экономикасының, қорғаныс қабілетінің және ұлттық қауіпсіздігінің мәселелерін шешу үшін де қашықтан бағдарлау жүйесі қарастырылған. Жоба еуропалық жетекші Airbus Defence and Space компанияларымен бірлесіп жүзеге асырылуда [55].

Елімізде су жүйесін бақылауға алу өз кезегінде туындайтын мәселелердің күрделілігімен айқындалады, оның ішінде: қаржыландырудың кемшіндігі, аймақтың бақылау желісімен тұтас қамтылмауы, қажетті мәліметтердің аз болуы, жабдықтардың тозуы мен бар ақпаратты қабылдау мен талқылау, қадағалау бекеттерінің айтарлықтай нашарлығы, бөлімдердегі бақылау желісінің ажырап қалуы, және бақылау жүйесіне қатысты ғылыми зерттеулердің қолдауының төмендігі де ескеріледі. Қазақстандағы су қорын бақылауды арттырудың аталмыш қиындықтарын шешуге мынадай іс-қимылдар жасаған абзал: суды тұтынушылар мен табиғи экожүйелер үшін қажетті ақпаратты анықтау; ақпаратты жинау мен талдауға арналған заманауи құрал-жабдықтармен және технологиялармен бақылау бекеттерін жаңарту; су қорын бақылауды мемлекет және басқа үкіметтік емес ұйымдар есебінен қаржыландыруды қамтамасыз ету; ГАЖ технологиялары негізінде және барлық мүдделі тұлғалардың қатысуымен су қорларын бақылаудың бірыңғай жүйесін құру; Қазақстан Республикасы бақылау жүйесінің ғылыми зерттеулерінің сапасын жақсарту. Қазақстандағы су қорларын басқару мәселелерін жерүсті ғарыштық зерттеулер негізінде ғана шешуге болады. Су қорларын географиялық ақпараттық технологиялар негізінде ғарыштық бақылау шешуші байланыс болып табылады [56]. Ғарыштық қашықтықтан бағдарлау мәліметтерін пайдалану жер бетіндегі, атмосферадағы және гидросферадағы процестер мен құбылыстарды зерттеудің негізгі практикалық және ғылыми әдісі болып табылады. Ғарыштық бақылау – бұл келесі сегменттерден тұратын тұрақты бақылау, ақпаратты жинау, жинақтау, өңдеу және талдау жүйесі: жерүсті басқару кешені; ғарыштан Жерді зерттеу; қажетті ақпараттар легі; ақпаратты қабылдау; алғашқы өңдеу; ақпаратты сақтау; ақпараттарды түпкілікті өңдеу және талдау.

Өзендердегі су қорларын назарда ұстауға қатысты және қашықтан бағдарлау арқылы орындалатын талаптар мыналар: өзен желісі бойынша олардың гидрологиялық және гидрохимиялық қасиеттерін анықтау; өзендердің тасуына көңіл аудару, тасқынның пайда болуын анықтау (жаңбырдың көп мөлшерде түсуі, қалың қардың тез еруі, жер сілкінісінің теріс әсері, адами тұрғыдан болатын су электр стансаларындағы орны толмас олқылықтар); тасқын болған кездегі мұздың жай-күйі, ластайтын заттарды

анықтау; таудағы мұздың босауын және толқынның теңізге келіп құятын жеріндегі суды мұқият бақылау.

Ғарыштан су торабын бақылау ерекшелігі – картаға су жүрген жерлерді түсіру [57]. Ол жедел және шолу бақылау түрінен тұрады. Жедел бақылау күнделікті ғарыштық деректерді жедел өңдеу нәтижесінде алынған ағымдағы жағдайды көрсетеді. Шолуда белгілі бір уақыт кезеңіндегі су жағдайының дамуы сипатталады. Уақыт аралықтарын таңдауға болады – онкүндік, ай және маусым. Су өткізу желілері мен су астында қалған жерлердің онкүндік картасы жылдам әрі шапшаң қимылдаудың арқасында алынған күдікті суда қалу аймақтары жайында күнбе-күн жасалып отырады. Нәтиже ретінде ағымдағы әр он күн сайынғы деректерге орай тасқын мен селдің және суға кеткен жерлерді белгілейді. Онкүндік мәліметтер негізінде ай сайын су өтетін желілер мен су басу аймақтарының карталары бірдей қалыптасады, соның негізінде маусымдық (жиынтық) карталар жасалады. Бөгет бұзылған жағдайда орташа және аса жоғары мүмкіндіктегі жедел түсіру жұмысы жүргізіледі.

Су тасқындарының, сел өтуінің әрі қираған бөгеттерді ғарыштан қадағалау кезінде су тасу қаупі бар өзендердің маңайы таңдап алынады, олардан ғарыш арқылы жаңа мәліметтер алынып, сарапталады [58-60].

Өңірдің экологиялық қауіпсіздігін бағалау үшін толыққанды мәлімет пен құзырлы орындардың талап-тілектеріне сай келетіндей орындалғаны жөн. Осындай түйткіл мәселелерді шешу заман талабына сәйкес ақпараттық жүйелерсіз шешімдерді қолдаудың мүмкін болмайтынын байқатады.

Бүгінгі таңда елімізде 1665 гидротехникалық құрылыс тіркелеген, оның құрамында көлемі жөнінен 1,0 м³-ден асатын су қоймалары – 319 бірл. (Олардың 83-і республикалық деңгейде, 200-і коммуналдық, 34-і жеке және иесіз қалғандары – 60 дана); бөгеттер – 443 бірл. (оның 32-і республикалық меншікте, 346-сы коммуналдық меншікте, 45-і жеке меншікте және 20-сы иесіз); дамба бөгеттерінің саны 125 және басқа гидротехникалық құрылыстар – 778 бірлікті құрайды.

2017 жылы жүргізілген қорытындыға сүйенсек, жалпы саны 1212 суқұрылысына тексеру жүргізіліпті. Олардың ішіндегі 865 құрылыс орташа қалыпта болса, 347-сің халі мүшкіл күйде екені білінді. Әрине оларға тезірек көз қырын салып, қажетті жөндеу жұмыстарын жүргізген абзал.

Аталған көлемді суқұрылыстарын ұзақ мерзімді сақтап қалу үшін оларды міндетті заңдастыруды реттеу керек. Ол бұлардың зақымдануының және қирауының айтарлықтай әлеуметтік-экономикалық әсерлерінен білінеді. Оған қоса, адам және материалдық шығындарды аса ірі табиғи апаттармен қатар қарастыруға болады.

Біздің елімізде мұндай ауқымды нысандарды салу және қалпына келтіру жұмыстары өткен жүзжылдықтың 60-80 жылдарында жүргізілсе керек [61, б.4-10]. Кейінгі жасалған сараптамаларға жүгінсек олардың 60% -дан астамы тозған, ол – стратегиялық маңызды гидротехникалық орнатулардың сенімділігі мен қауіпсіздігінің күрт төмендеп кеткендігінің айқын дәлелі.

Су кодексінде көрсетілгендей ерекше стратегиялық маңызы бар су шаруашылығы құрылыстарының тізімі анықталған, оның құрамында 57 су қоймасы және 29 гидротехникалық құрылыс қамтылған. Су кодексінің 25-бабына қатысты бұл суды жалға беруге, сенімгерлік басқаруға және жекешелендіруге болмайтыны айтылған [62].

Ұзақ жылдар бойы пайдалану, кейінгі 20 жылдағы олардың әкелетін шығыны, техникалық қызмет көрсету мен күрделі жөндеу жасауға қаржы жетіспеушілігі, сонымен бірге климаттық күштердің әсері ақырындап бүкіл гидротехникалық кешеннің тозуына әкеледі. Олардың ішінде қауіпті өндірістерге жақын шоғырланғандары да бар.

Соңғы деректер бойынша жұмыс істеп тұрған ірі су қоймалары мыналар: 1970 жылы бой көтерген Астана су қоймасы, сыйымдылығы 410,9 млн.м³, 1965 жылы Сілеті су қоймасы (230 млн.м³), 1975 жылы Қарғалы су қоймасы (280 млн.м³) және 1982 жылы Бартоғай су қоймасы (320 млн.м³), Қапшағай – 1970 (18560 млн.м³), Теріс-Ащыбұлақ – 1963 (158,6 млн.м³), Тасөткел – 1974 (620 млн.м³), Самарқанд – 1939 (253, 7 млн.м³), Жоғарғы Тобыл – 1972 (816,6 млн.м³), Қаратомар – 1965 (586 млн.м³), Бөген – 1967 (370 млн.м³) және басқалар.

2010 жылдың көктемінде Алматы облысында қайғылы оқиға болды, ол адам шығыны бар алапат су тасқыны еді. Табиғи апат бөгет бұзылуының салдарынан болған. 2014 жылы дәл осындай қайғылы оқиға Қарағанды облысында да қайталанды. Еліміздің барлық халықтары үшін бұл алаңдатарлық оқиғалар болашақта осындай жағдайлардың алдын алу үшін маңызды сабақ болды. ГТҚ-ды жабдықтау кезінде қауіпсіздік ережесін арттыру мақсатында талапқа сай өлшеуіш аспаптар мен саймандарды қолданған абзал.

Микропроцессорлық технологиялар қазір біздің өмірімізге белсенді түрде ене бастады. Әмбебаптылық, икемділік, жабдықты жобалаудың қарапайымдылығы, ақпаратты өңдеу алгоритмдерін күрделендірудің шексіз мүмкіндіктері – осының бәрі микропроцессорлық технологияның сенімді болашағы. Микропроцессорлар қарапайым сигналдарды өңдеуге және командаларды құруға арналған тұрмыстық техникада, сонымен қатар сандық өңдеудің күрделі жүйелерінде қолданылады.

Әр түрлі сенсорларды дамытудың қазіргі заманғы мүмкіндіктері [63, 64] және микропроцессорлардың арзандауы климаттық параметрлерді бақылауға арналған аппараттық және бағдарламалық құралдарды енгізуге кең мүмкіндіктер ашты. Атап айтқанда, ол дамыған сенсорлар мен олардың компьютерлік байланыс құралдарының үлкен дерекқоры бар салыстырмалы түрде арзан Arduino контроллерінің кең қолданысын тапты [65, 66].

Осыған байланысты бұл жұмыста бөгеттердің бұзылуының математикалық моделін және ақпараттарды қорғау құралдарын әзірлеуді зерттеу өзекті болып табылады.

2.2 Климаттық мәліметтерді шынайы уақытта қабылдау және таратуды автоматтандыру

Гидрологиялық процестердің математикалық модельдерінің әртүрлі модификацияларын теориялық зерттеу жайында [49, с.65; 50, с.137; 51, с.63; 52, б.367] әдебиеттерде айтылған. Теориялық зерттеудің тағы бір бағыты дамбалар мен бөгеттердің бұзылуының салдарын болжауға арналған [67, 68].

Іс жүзінде пайдалану үшін ақпаратты жинау және өңдеу процесін автоматтандыруға негізделген шынайы уақыт жағдайында су қоймаларының жағдайын бақылау жүйесі жасалады. Автоматтандырылған бақылау жүйелерінде температура мен қысымды, сондай-ақ түрді ағып кетулер мен деформацияларды анықтайтын сенсорлар қолданылады [69-71].

Оқыс оқиғалар адамзатты сан соқтырар өкінулерге әкеледі, яғни, судың төменгі бөлігіндегі экологияға айтарлықтай өз әсерін тигізеді. Бақылаудың ақпараттық жүйелері үшін шынайы уақыт жағдайында мәліметтер жинауды қамтамасыз ету қажет.

Ғылыми ізденіс жұмысында су торабындағы серпілістің қаупін ондағы судың мынадай белгілеріне қарай бақылауға болатыны айтылған. Олар: қажетті өлшемдері, бөгеттің күйреу қаупі туралы нақты әрі қажет ақпаратты жылдам өңдейтін басты қондырғы, яғни сервер; бөгет қирағаннан кейінгі келтірілетін зиянның әсерін болжайтын қондырғы арқылы білуге болатыны баяндалған.

Қондырғыларды қосудың екі нұсқасы бар.

Алдымен Arduino микропроцессоры бірден серверге жалғанады. Ол кезде электрмен үздіксіз жабдықтау жүйесін әрі оның басында адамның тұруын міндеттейді [72-74].

Содан соң, Arduino ағымдағы мәліметті жерсерік көмегімен серверге беретін RaspberryPi микрокомпьютеріне қосылады. Бұл нұсқа су жүйесінде жұмыс істейтін қызметкерлердің үнемі болуын қажет етпейді. Мөлшерінің кішкентай және қуатының аздығына байланысты оны кішігірім күн энергиясы да қоректендіреді.

Бөгеттің бұзылу қаупін бақылау үшін негізгі ақпарат көзі су деңгейінің сенсорынан алынған мәліметтер болып табылады. Қосымша ақпарат температура мен жауын-шашын сенсорларынан алынған мәліметтермен қамтамасыз етіледі. Келесі (2.3) бөлімде келтірілген математикалық модельге негізделген жауын-шашын мен температураның жоғарылауы жағдайында гидрожелі кешенінің қауіпті немесе апаттық деңгейі төмендейді.

Н.Т. Исимовтың диссертациялық жұмысындағы негізгі ақпарат – бұл температура мен жауын-шашын сенсорларынан алынған мәліметтер, яғни індетке шалдыққандар мен оларды тасымалдаушылардың санын болжау үшін қолданылады [75].

Қолдағы бар деректі алатын әрі беретін бөлігі қажетті үш түрлі ақпаратты сенсорлар түрінде орындайды және бөгеттің басына орналастырылады. Сенсорлар Arduino микропроцессорына қосылған [76-79],

ол сенсорлардан алынған мәліметтерді алдын-ала өңдеуді қамтамасыз етеді және оларды әрі қарай өңдеуге жібереді.

Климаттық мәліметтерді берудің автономды микропроцессорлық жүйесін құру үшін біз RaspberryPi 3 В + микрокомпьютерін қолдандық [80, 81]. Электр қуатын күн батареясы береді.

Жүйе қажетті сенсорлар мен бағдарламалық жасақтамалардың жиынтығын қамтиды. Өлшеу модульдері компьютерге USB адаптері арқылы қосылады. Бағдарламалық жасақтама өлшеу нәтижелерін кестелік және графикалық түрде ұсынады, сонымен қатар кез келген уақытта мәліметтер базасында жинақталған өлшемдер архивін қарауға және басып шығаруға мүмкіндік береді. Сенсорлардан деректерді жергілікті желідегі және Интернеттегі басқа компьютерлерден көруге болады.

Arduino – ATmega 328 микроконтроллеріне негізделген құрылғы [82-84]. Мұнда микроконтроллермен ыңғайлы жұмыс істеу үшін қажет барлық заттар бар. Құрылғымен жұмыс істеуді бастау үшін айнымалы АС/DC тұрақты ток адаптерінен немесе батареядан қуат беріңіз немесе компьютерге USB кабелі арқылы қосыңыз.

RaspberryPi – бұл банктік карта өлшеміндегі жалғыз тақталы компьютер, яғни компьютердің әр түрлі бөліктері бөлек тақталарда орналасқан. Raspberry Pi негізінен Linux және Windows операциялық жүйелерінде жұмыс істейді.

Су қоймасындағы су деңгейін өлшеу үшін біз US-015 ультрадыбыстық сенсорды қолдандық. Оның атқаратын қызметі ол белгілі бір жиілікте дыбыстық толқындарды жібере алады.

US-015 сенсорының техникалық сипаттамалары:

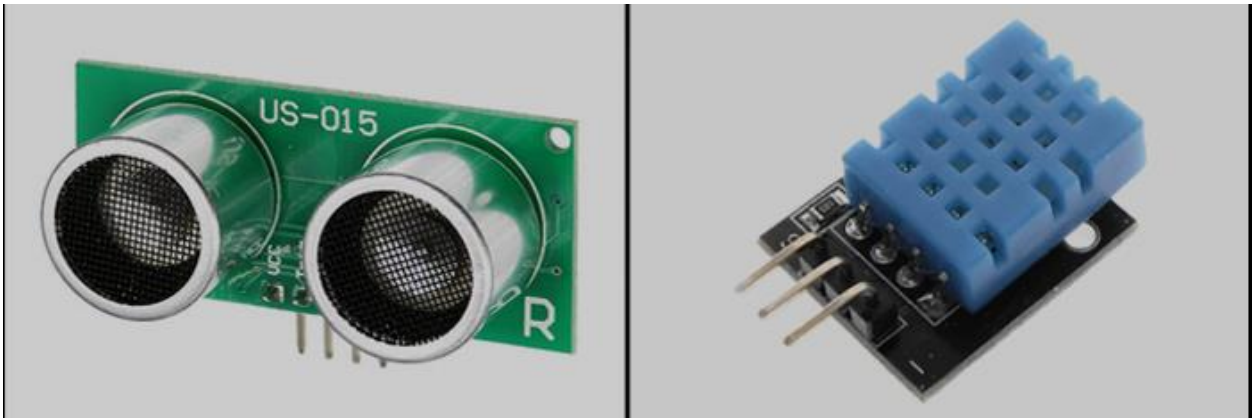
- қоректендіру кернеуі: 5 В;
- тұтыну тогы: 20 мА;
- күту режиміндегі ток шығыны: 2,2 мА;
- өлшем бұрышы: 15°;
- өлшенген қашықтық диапазоны: 2 - 700 см;
- дәлдігі: 0,3 см + 1%.

Температураны және жауын-шашынның мөлшерін өлшеу үшін бір сандық шығысы бар DHT11 сенсоры қолданылды, сондықтан ондағы көрсеткіштерді 1-2 секундта бір реттен жиі өткізуге болмайды.

DHT11 сенсорының ерекшеліктері:

- электрмен жабдықтау және енгізу-шығару 3-5 В;
- 5% дәлдікпен 20-80% ылғалдылықты анықтау;
- 2% дәлдікпен 0-50 градус температураны анықтау;
- таңдама жиілігі 1 Гц-тен аспайды (1 секундта бір реттен аспайды).

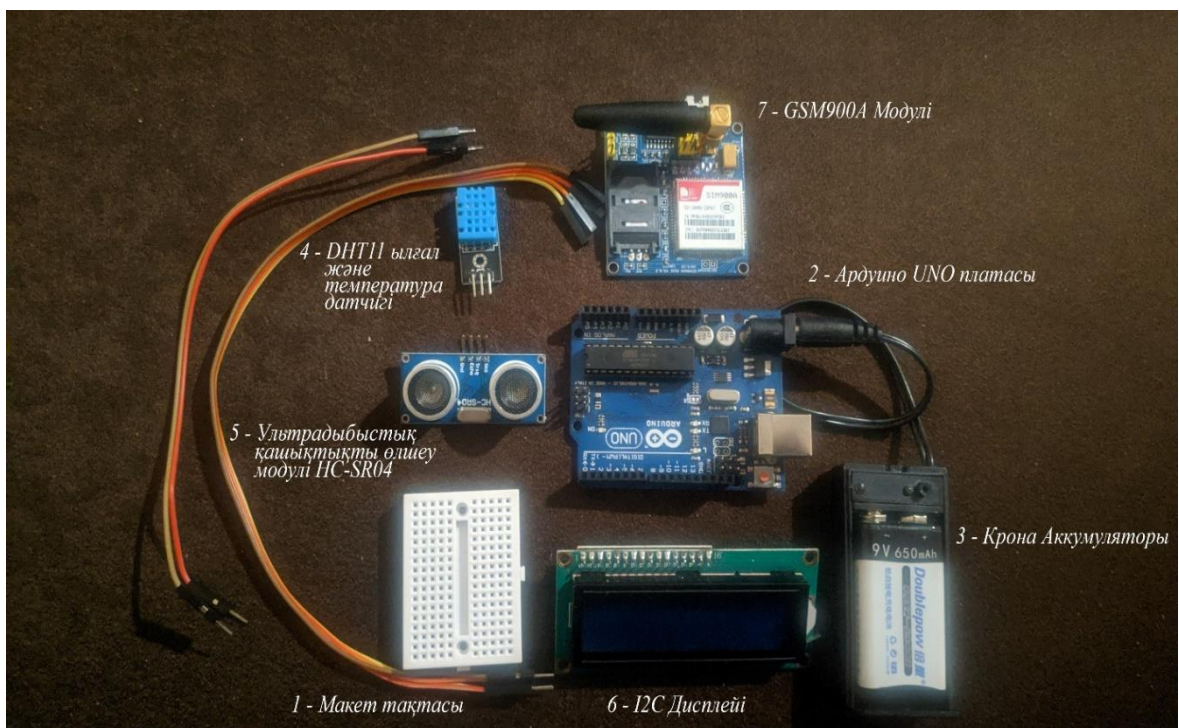
1, 2, 3-суреттерде қолданылған сенсорлардың түрі, олардың құрылымы мен сұлбасы көрсетілген.



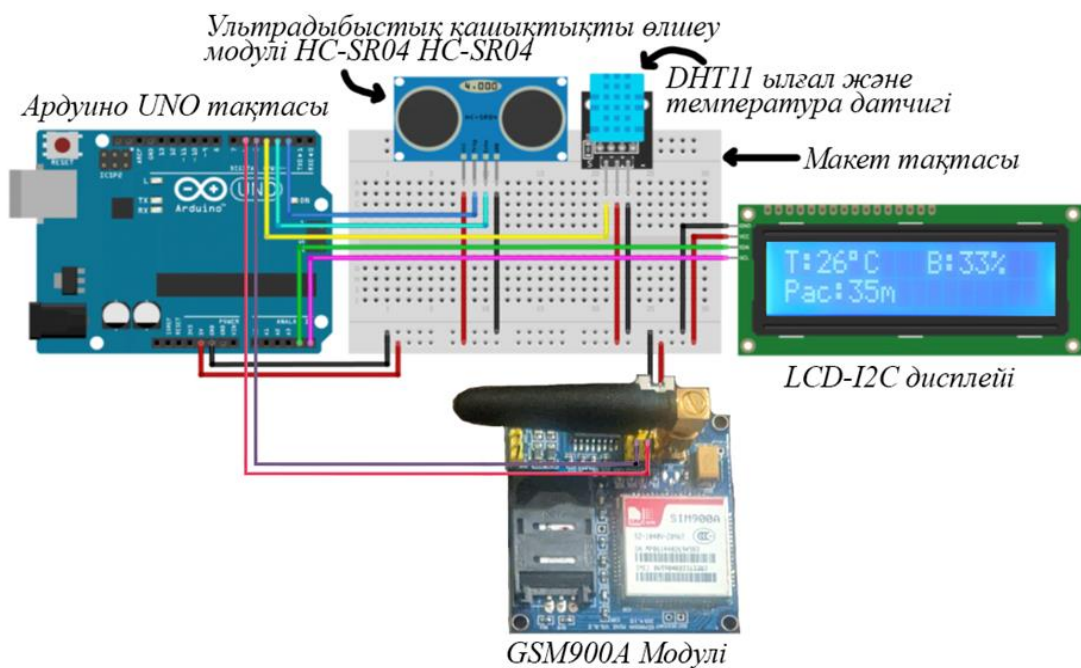
а) су деңгейін бақылайтын
US-015 сенсоры

ә) температура мен ылғалдылықты
анықтайтын DHT11 сенсоры

Сурет 1 – Сенсорлардың түрі: а) су деңгейін бақылайтын
US-015 сенсоры және ә) температура мен ылғалдылықты анықтайтын
DHT11 сенсоры

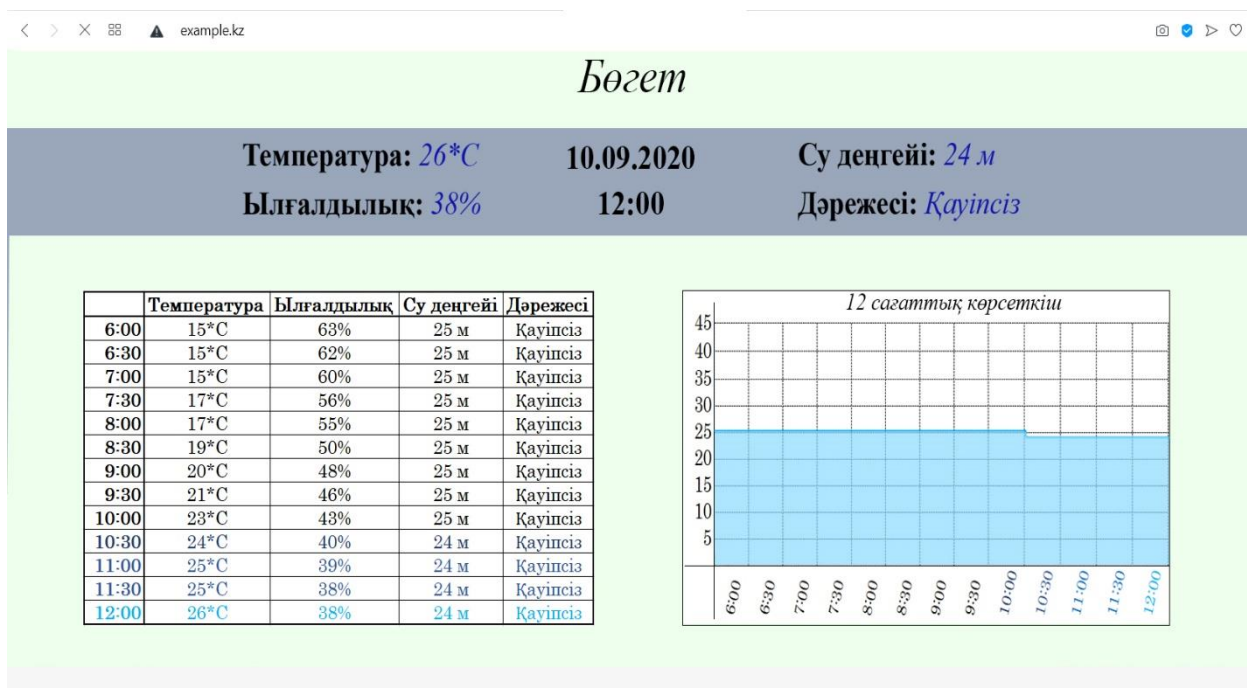


Сурет 2 – Климаттық мәліметтер мен су деңгейі жөніндегі ақпаратты
анықтайтын сенсорлардың құрылымы



Сурет 3 – Сенсорлардың Arduino-мен жалғану сұлбасы

Бөгетке төнетін қауіп жайында тыңғылықты әрі тез алынатын мәліметті өңдейтін бөлігінде су жүйесі мен бөгет сипаттамалары жайлы дерек бар, сондай-ақ ағымдағы мәліметті де жылдам қабылдайды. Өңдеу кезінде қондырғы су жүйесінің қауіпсіздігін, алаңдаушылығын немесе апаттық мөлшерін есептейді. Соңғы жағдайда, яғни судың оқыс деңгейін анықтағанда, ол автоматты түрде мемлекеттік органдарға (төтенше жағдайлар, әкімдіктер және т.б.) бөгеттің бұзылу қаупі туралы хабарлайды (4-сурет).



Сурет 4 – Температура мен ылғалдылық сенсорынан алынатын деректер мысалы

Диссертациялық жұмыста әзірленген математикалық модель негізінде бөгеттің қирауын анықтау құрылғысы, су сақтайтын қойманың өлшемдері (бөгеттің көлемі, биіктігі, ені) бөгеттен әрқелкі шақырымда кездесетін жойқын толқынның қаншалықты биік көтерілгенін есептей алады, сөйтіп, қауіпті апаттың салдарын айқындауға көмектеседі [85-87].

2.3 Шынайы уақытта гидротехникалық құрылыстағы су деңгейін бақылаудың математикалық моделі

Модельдеуді зерттеліп жатқан жүйені (процесс, оқиға, құбылыс, нақты өмірдегі нысан) оның шартты ақпараттық бейнесімен, феноменологиялық сипаттамасымен, ұқсастық нысанымен сипаттауға болады. Сонымен қатар оның бастапқы сипаттамасына жақын, міндеттері және қол жетімді мүмкіндіктерімен анықталған кейбір болжамдар мен рұқсат етілген қателер аясында модельденген жүйенің функцияларын көрсетуге болады [88, 89, 5, б.120].

Математикалық түрде модельдеу нысандарды, үрдістерді, оқиғаларды немесе құбылыстарды оларды айшықты мінез-құлқына жақындау жүйені сараптауды қамтитын математикалық қатынастар жиынтығы іспеттес. Ал математикалық қатынастардың тобы математикалық модельмен берілетін оңай әрі қолжетімді зерттеу құралы болып табылады. Кез-келген математикалық модель қайсыбір нысанды, үрдісті, оқиғаны, болмаса өзгерісті шындыққа белгілі бір дәрежеде жақындастыра сипаттайды. Математикалық модельдің түрі нақты нысанның сипатына да, зерттеу міндеттері мен қолда бар қорларға да байланысты болып келеді [90, 5, б.121]. Жүйелердің сипаттамаларын зерделеуге арналған математикалық модельдеу екіге бөлінеді: аналитикалық және имитациялық. Алғашқы модельдеу түрінде көпсалалы жүйелердің әрекеті қанда болмасын функционалдық қатынастар немесе логикалық жағдайлар қалпында беріледі. Оларды жасау кезінде бірегей математикалық аппаратты: алгебраны, функционалдық талдауды, дифференциалдық теңдеулерді, ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистиканы пайдаланады. Олар қандай түрде тұжырымдалса да, бұл әрдайым шекаралық (бастапқы және соңғы) шарттарды белгілеу қажеттілігімен Коши типіндегі есеп болып табылады. Сондықтан күрделі жүйелер үшін аналитикалық модель әрдайым мәндес бола бермейді және көбінесе тек шындыққа жақындасады. Мұндай кезде модельдеудің келесі түрін қолданған абзал. Имитациялық модельдеуде күрделі жүйенің құрам бөліктерінің әсерлесуі нақты жүйедегі шарттарды орындайтын алгоритмдердің топтастырылуымен бейнеленеді. Имитациялық модельдеу дегеніміз – уақыт өте келе компьютерлік технологияны қолдану арқылы жүйенің күйіндегі өзгерістердің динамикалық көрінісі. Гидродинамикада қажеттілігіне қарай суқұрылғылары мен олардың бөліктерін физикалық модельдеу амалдары қолданылады. Зерттеу барысында күйреудің ұқсас жүйелерін қайтадан қарастырып, гидродинамикалық апаттан болатын зардаптарды қайта қалпына келтіру үшін оның түпнұсқасымен

салыстыра отырып зерттеу керек. Сондықтан математикалық модельдеу гидродинамикалық апатты зерттеудің ең ұтымды әдісі болып табылады. Имитациялық модель құру үшін модельденген нысанның ақпараттық бейнесі қажет. 5-суретте имитациялық модельдеу түріне арналған ақпараттық негіз ретінде ГДА-ның жеңілдетілген модельдеу сұлбасы көрсетілген [91, 92, 5, б.121].



Сурет 5 – Кәдімгі гидродинамикалық апаттың модельдеу сұлбасы [5]

2.3.1 Гидродинамикалық апаттарды модельдеу құралдары және оларды талдау

Гидродинамикалық апаттың компьютерлік модельдерін жасау саласындағы жетекші болып ГДА-ның салдарын болжаудың бірнеше әдістерін қолданған, гидротехникалық зерттеулерде бай тәжірибе жинақтаған, Энергетикалық жүйелер ғылыми-зерттеу институты (ЭЖҒЗИ) табылады. Бағдарламалық өнімдерде әзірленген ашық ағынды динамика модельдерін жасаушылар: С.Я. Школьников, Б.Л. Историк және В.В. Беликов. Школьников С.Я. жасаған «SV_1» бағдарламасы бірөлшемді және екіөлшемді (шешілетін есепке байланысты) Сен-Венан теңдеулерін призмалық емес арналар үшін қолдануға негізделген. Бағдарлама күрделі нысандағы каналдардағы ағындарға бейімделген. Бағдарлама авторы енгізген тәсілдер кейінгі техниканы жасауда қолданылды, бұл серпінді толқынның параметрлерін компьютерсіз анықтауға мүмкіндік береді. В.В. Беликов жетекшілігімен жасалған “БОР” бағдарламалық кешені бөгеттердің алдыңғы қысымының бұзылуына байланысты өзендер мен өзен алқаптарындағы ағындарды есептеуге арналған. Бағдарлама сонымен қатар бірөлшемді және екіөлшемді Сен-Венан теңдеулерін шешуге негізделген. Бағдарламалық кешен карта редакторымен, лоцман картасымен, су локаторы немесе жаңғырық анықтаушы деректерімен және GPS-пен бірге жұмыс істейді. Есептеу нәтижелері қолма қол көрінеді және электронды карта қабаттары түрінде сақталады (тасқын аймағы, елді мекендер, жолдар, шаруашылық нысандары және т.б.), бұл серпінді толқынның өтуінің ықтимал салдарын бағалауға мүмкіндік береді. Соған қарамастан, 1999 жылы Азаматтық

қорғаныс және төтенше жағдайлар жөніндегі федералды мемлекеттік институттың ғылыми-зерттеу тобы және Әскери-инженерлік университеттің негізінде 2001 жылы құрылған «Толқын» бағдарламасы даярлаған «Гидравликалық серпіндердің себеп-салдарын аз уақытта болжау нұсқаулығы» [93] ескеріледі [5, б.122].

Нұсқаулық пайдалану тұрғысынан оңай әрі жеңіл болғандықтан үлкен сұранысқа ие. Көршілес Ресей өңірінде ол кең тараған, танымал әдеби көздерге жатады, сондай-ақ халық пен елді мекендерді төтенше оқиғалардан қорғау саласындағы қиындықтарды шешуге уәкілетті басқару органдарына беріледі. «Толқын» бағдарламасының басты бағыты «жерасты су басу мен су құрылыстарының бүлінуі кезіндегі жойқын толқындарды болжауға» арналған. Нұсқаулықты дұрыс пайдалану келесі мүмкіндіктерге жол ашады: су басудың қаншалықты тереңкенін білуге, ағынның жылдамдығы мен серпінді толқынды үш ерекшелігімен анықтауға, селден келетін шығынды есептеуге таптырмайтын көмек [94-96, 5, б.123].

Жүргізілген есептеулердің мәресі мен өзен өлшемдерінің көмегімен, тасқынды аймақтың орны сайт картасында көрсетілген. Жүйенің қолайлы міндеттемелері бағдарламалық өнімді жүктеуге; пайдалану бойынша егжей-тегжейлі көрсетілуі; есептеу нәтижелерін бейнелеу және оларды мәтіндік, графиктік түрде сақтау мүмкіндігі; енгізу параметрлерінің кең спектрі; су қоймаларының орналасуына қарай қолдануға мүмкіндік беретін, бөгеттен төменде орналасқан су ағысын қолдану мүмкіндігі. Қарастырылған ГДА модельдерімен және олардың салдарын болжауға арналған имитациялық модельдеу құралдарымен қатар, Ресей Ғылым академиясы География институтының ғалымдарының табиғи төтенше су тасқындарын аналог ретінде қолдануға негізделген көзқарасы белгілі болды [97, 98]. Су жүйесі қысымы серпілісінің математикалық модельдерін жасауға мүмкіндік беретін DHI компаниясы жасаған ең танымал шетелдік бағдарламалық жасақтама Mike by DHI өнімі: Су. Қоршаған орта. Денсаулық. Бұл бағдарламалық қамтамасыздандыру кешенінің қолдану аясы кең және гидродинамикалық процестердің компьютерлік модельдерін жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кешен көмегімен су деңгейінің, жер беті бедерінің графигі салынып, тасқын аймақтарының туындауы туралы статистикалық ақпарат жасалады. Бағдарламаның елеулі ерекшелігі – оның модульдік құрылымында. Ол COMSOL Multiphysics® негізіндегі «Сұйықтықтың есептеу динамикасы» модулі еді [5, б.123].

Зерттелген гидрологиялық процестердің ерекшелігіне байланысты [99-101] зерттеу жұмысында анық емес және аралық математика қолданылады [102-104].

Серпіліс қаупін бағалау үшін келесі аралық лингвистикалық айнымалылармен математикалық модель ұсынылады: 1) төменгі деңгей; 2) қауіпсіз деңгей; 3) алаңдаушылық (немесе дабыл қағу) деңгейі; 4) су қоймасының толып кетуінің апатты деңгейі [105, 106].

Енгізілген лингвистикалық айнымалылардың мәні бөгет биіктігінің келесі пайыздарында алдын-ала анықталған: 1) төменгі су басу аймағы – 40%; 2) қауіпсіз белдеу – 30%; 3) аландаушылық кезеңі – 20%; 4) апат тудыратын кез – 10%. Топырақтан жасалған бөгеулерде апатты деңгей 3% төмендейді. Топырақ гидротехникалық құрылыстарында жауын-шашын болған жағдайда, «бөгеттердің немесе дамбылардың атауы» туралы анықтамалықтағы апаттық мөлшерлеме сыртқы жауын-шашынмен жуылу салдарынан дамбаның әлсіреу мүмкіндігін ескеру үшін тағы 2% төмендетіледі.

2.3.2 Математикалық модель

Математикалық модельде су қоймаларының үш түрі қарастырылады: тікбұрышты, трапециялы және пирамидалы [107].

Су қоймасы деп қабылдауға болатын судың көлемін және оны толығымен толтыруға жеткілікті уақытты (бөгеттің жағасында) есептеу үшін келесі ескертулер мен болжамдар қабылданады.

Кері санақ әр жарты сағат сайын жасалады:

$$\Delta T = 0.5 \text{ сағат} = 30 \text{ минут.}$$

Ағымдық уақыт

$$T_k = T_{k-1} + \Delta T.$$

2.1-кестеде математикалық модельде қолданылатын барлық параметрлер келтірілген.

Кесте 2.1 – Су қоймасының параметрлері

№	Белгілеуі	Атауы	Өлш. бірл.	Типі
1	2	3	4	5
1	h_0	бөгеттің биіктігі	М	тұрақты
2	h_1	T_k уақыттағы бөгет бағанасынан су бетіне дейінгі қашықтық	М	өлшенетін
3	h_2	$[T_{k-1}, T_k]$ уақыт аралығындағы судың көтеру биіктігі	М	есептелетін
4	h_3	T_{k-1} уақыттағы бөгет бағанасынан су бетіне дейінгі қашықтық	М	өлшенетін
5	l_0	су қоймасы табанының ұзындығы	М	тұрақты
6	l_1	су қоймасының бөгет жағасына сәйкес ұзындығы	М	тұрақты
7	l_2	T_k уақыттағы су бетіне сәйкес су қоймасының ұзындығы	М	есептелетін

Кесте 2.1-дің жалғасы

1	2	3	4	5
8	l_3	T_{k-1} уақыттағы су бетіне сәйкес су қоймасының ұзындығы	М	есептелетін
9	ω_0	су қоймасы табанының ені	М	тұрақты
10	ω_1	су қоймасының бөгет жағасына сәйкес ені	М	тұрақты
11	ω_2	T_k уақыттағы су бетіне сәйкес су қоймасының ені	М	есептелетін
12	ω_3	T_{k-1} уақыттағы су бетіне сәйкес су қоймасының ені	м	есептелетін
13	S_0	су қоймасы табанының ауданы	м ²	есептелетін
14	S_1	су қоймасының бөгет жағасына сәйкес ауданы	м ²	есептелетін
15	S_2	T_k уақыттағы су бетіне сәйкес су қоймасының ауданы	м ²	есептелетін
16	S_3	T_{k-1} уақыттағы су бетіне қатысты су қоймасының ауданы	м ²	есептелетін
17	V_0	су қоймасының жалпы көлемі	м ³	есептелетін
18	V_1	қазіргі T_k уақытта су қоймасының толтырылмаған, яғни бос жерінің көлемі	м ³	есептелетін
19	V_2	$[T_{k-1}, T_k]$ уақыт аралығында су қоймасына құйылған судың көлемі	м ³	есептелетін
20	V_3	T_{k-1} уақыттағы судың көлемі	м ³	есептелетін
21	T_p	бөген толығымен толтырылатын болжамды уақыт	сағ.	есептелетін

Беттік аудандарды келесі формула бойынша есептеуге болады

$$S_i = l_i * \omega_i, i = \overline{1,4}; \quad (2.1)$$

h_0 параметрі тұрақты болғандықтан, h_1 T_k уақыт бойынша өлшенеді, h_3 T_k уақыт бойынша бұрыннан белгілі, онда мына формула дұрыс

$$h_2 = h_0 - h_1 - h_3. \quad (2.2)$$

$V_i, i = \overline{1,4}$ – су қоймасының көлемдері жоғарыда айтылған геометриялық үш кескінің әрқайсысына сәйкес табылады.

Олардың кез келген түрлері үшін бөгеннің бос жерінің көлемін анықтаймыз. Оған қоса, бізе белгілі T_k уақытта бөгет бағанасы бойынан су бетіне дейінгі қашықтықты ескеріп, алдыңғы $[T_{k-1}, T_k]$ аралықтағы судың

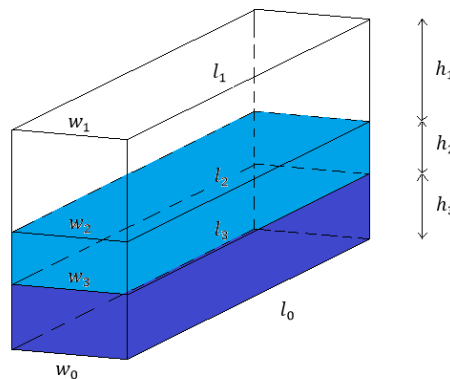
келуі сақталған жағдайда келесі формуламен есептелетін болжамды уақыт бойынша толып кету қаупін күтуге болады

$$T_p = (V_1/V_2) * \Delta T. \quad (2.3)$$

Сонымен қатар, енді есептелетін h_{Π} – судың келесі уақыт аралығында көтерілуі күтілетін биіктік, ақпараттық параметр болып табылады.

2.3.3 Тікбұрышты су қоймасы

Тікбұрышты су қоймасының көрінісі 6-суретте көрсетілген.



Сурет 6 – Тікбұрышты су қоймасының көрінісі

Су қоймасының ұзындығы мен ені өзгермегендіктен, біз келесі белгілеулерді қабылдаймыз: $\omega = \omega_0 = \omega_1 = \omega_2 = \omega_3, l = l_0 = l_1 = l_2 = l_3$. Онда

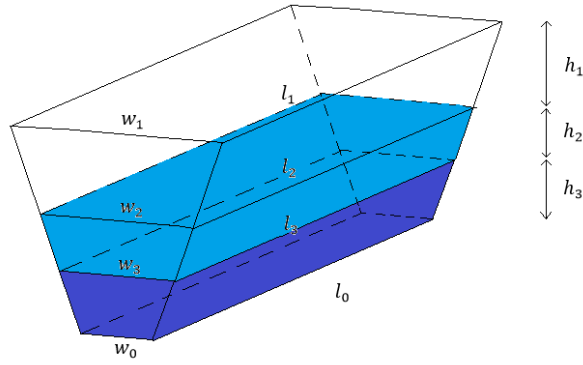
$$S = l * \omega, V_i = S * h_i, i = \overline{0,3}. \quad (2.4)$$

Алдыңғы $[T_{k-1}, T_k]$ аралығындағы судың келу жылдамдығы сақталады деген болжамға байланысты h_{Π} судың келесі кезеңге көтерілуі мына формула бойынша анықталады

$$h_{\Pi} = h_2. \quad (2.5)$$

2.3.4 Трапециялы су қоймасы

Трапециялы су қоймасының көрінісі 7-суретте көрсетілген.



Сурет 7 – Трапециялы су қоймасының көрінісі

Су қоймасының ұзындығы өзгермегендіктен, біз келесі белгілеулерді қабылдаймыз: $l = l_0 = l_1 = l_2 = l_3$. Су қоймасы табанының ені ω_0 мен бөгет жағасына сәйкес ені ω_1 белгілі. $h_i, i = \overline{0,3}$ биіктіктері де белгілі болғандықтан, T_k уақытында су қоймасының енін келесі формуламен есептеуге болады

$$\omega_2 = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * h_1) / h_0. \quad (2.6)$$

Сәйкесінше мына формула дұрыс болады

$$\omega_3 = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * (h_1 + h_2)) / h_0. \quad (2.7)$$

Онда

$$S_i = l * \omega_i, \quad i = \overline{0,3},$$

$$V_1 = 0.5 * (S_1 + S_3) * h_1,$$

$$V_2 = 0.5 * (S_2 + S_3) * h_2, \quad (2.8)$$

$$V_3 = 0.5 * (S_0 + S_3) * h_3,$$

$$V_0 = \sum_{i=1}^3 V_i$$

Біз келесі белгілеуді енгіземіз:

$$\alpha = (\omega_0 - \omega_1), \beta = -(\omega_2 * h_0 + \omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * h_1) \quad (2.9)$$

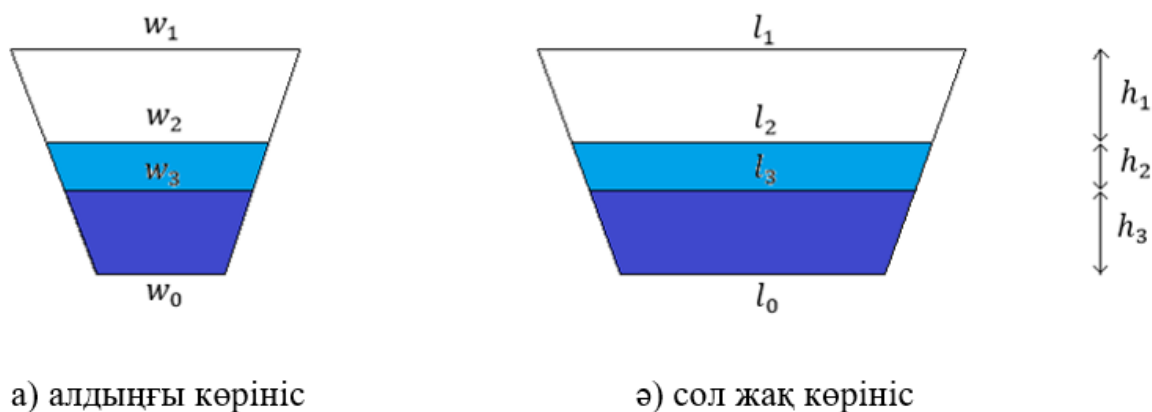
$$\gamma = (\omega_2 + \omega_3) * h_0 * h_2$$

Содан кейін, алдыңғы $[T_{k-1}, T_k]$ аралық үшін сумен қамтамасыз ету көлемін сақтау жағдайында квадрат теңдеудің шешімінен келесі h_{Π} уақыт кезеңіне судың көтерілуі анықталады.

$$\alpha * h_{\Pi}^2 + \beta * h_{\Pi} + \gamma = 0 \quad (2.10)$$

2.3.5 Пирамидалы су қоймасы

Пирамидалы су қоймасының көрінісі 8-суретте көрсетілген.



Сурет 8 – Пирамидалы су қоймасының көрінісі

Су қоймасы табанының ұзындығы l_0 мен бөгет жағасына сәйкес ұзындығы l_1 белгілі. Сонымен қатар бізге су қоймасы табанының ені ω_0 мен бөгет жағасына сәйкес ені ω_1 берілген. $h_i, i = \overline{0,3}$ биіктіктері де белгілі болғандықтан, T_k уақытында су қоймасының ені мен ұзындығын келесі формуламен есептеуге болады

$$\omega_2 = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * h_1) / h_0, \quad (2.11)$$

$$l_2 = (l_1 * h_0 + (l_0 - l_1) * h_1) / h_0.$$

Онда

$$S_i = l_i * \omega_i, \quad i = \overline{0,3},$$

$$V_0 = (1/3) * (S_1 + \sqrt{S_1 * S_0} + S_0),$$

$$V_1 = (1/3) * h_1 * (S_1 + \sqrt{S_1 * S_3} + S_3), \quad (2.12)$$

$$V_2 = (1/3) * h_2 * (S_2 + \sqrt{S_2 * S_3} + S_3),$$

$$V_3 = V_0 - V_1 - V_2.$$

Белгілеулер енгіземіз

$$\omega_4 = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * (h_1 - h_{\pi})) / h_0,$$

$$l_4 = (l_1 * h_0 + (l_0 - l_1) * (h_1 - h_{\pi})) / h_0, \quad (2.13)$$

$$S_4 = l_4 * \omega_4.$$

Содан кейін, алдыңғы $[T_{k-1}, T_k]$ аралық үшін сумен жабдықтау көлемін сақтау жағдайында келесі уақыт кезеңінде судың күтілетін h_{π} көтерілуі келесі сызықты емес теңдеудің шешімінен табылады.

$$h_{\pi} * (S_2 + \sqrt{S_2 * S_4} + S_4) = 3 * V_2. \quad (2.14)$$

(2.14) теңдеудің күрделілігіне байланысты h_{π} үшін аналитикалық өрнек табылмады. Осыған байланысты h_{π} судың көтерілуін есептеу үшін сандық әдістер қолданылды [108-110].

Мынадай функцияларды енгіземіз:

$$s(x) = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * (h_1 - x)) * (l_1 * h_0 + (l_0 - l_1) * (h_1 - x)) / (h_0 * h_0),$$

$$g(x) = S_2 + \sqrt{S_2 * s(x)} + s(x), \quad (2.15)$$

$$f(x, y) = x * g(y) - 3 * V_2. \quad (2.16)$$

Онда күтілетін судың көтерілуін анықтау үшін келесі алгоритмдер ұсынылады.

h_{π}^k параметрлерін табудың «дихотомия» әдісі:

1-қадам. $h_{\pi}^0 = 0$ болсын.

$\varepsilon = 0.01$ – көрсетілген есептеу дәлдігі.

$h^l = h_{\pi}^0, h^p = h_0$ тағайындаймыз.

2-қадам. $h_{\pi}^k = (h^l + h^p) * 0.5$ болсын.

$f(h_{\pi}^k, h_{\pi}^k)$ функцияның мәнін (2.16) формула бойынша есептейміз.

Егер $f(h_{\pi}^k, h_{\pi}^k)$ функциясының мәні 0-ден кіші болса,

онда 3-қадамға көшеміз.

$h^l = h_{\pi}^k$ жаңа сол жақ шекараны анықтаймыз.

4-қадамға көшеміз.

3-қадам. $h^p = h_{\pi}^k$ оң жақ шекараны анықтаймыз.

4-қадам. Есептеудің дәлдігін табамыз.

$r = abs(h^l - h^p)$.

Егер $r \leq \varepsilon$, онда 5-қадамға көшеміз, әйтпесе 2-қадамға көшеміз.
 5-қадам. h_n^k -дағы есептеу нәтижесі.

«Дихотомия» әдісін қолдану бағдарламасының мәтіні В-қосымшасында келтірілген.

«Дихотомия» әдісімен алынған су қоймасына судың келуін болжамды түрде анықтауға арналған сандық есептеулердің нәтижесі:

1) 0,05 дәлдігімен

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=1$ Тікбұрышты су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 4000,00$ $L_1 = 4000,00$ $L_2 = 4000,00$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 250,00$ $W_1 = 250,00$ $W_2 = 250,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 1000000,00$ $S_1 = 1000000,00$ $S_2 = 1000000,00$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 45000000,00$ $V_1 = 8000000,00$ $V_2 = 4000000,00$ $V_3 = 24000000,00$
 $Tr = 1,00$ Дәлдік $Eps = 0,0500$
 Итерация == 1 $x_n = 0,05$ $x_k = 22,52$
 Итерация == 2 $x_n = 0,05$ $x_k = 11,29$
 Итерация == 3 $x_n = 0,05$ $x_k = 5,67$
 Итерация == 4 $x_n = 2,86$ $x_k = 5,67$
 Итерация == 5 $x_n = 2,86$ $x_k = 4,26$
 Итерация == 6 $x_n = 3,56$ $x_k = 4,26$
 Итерация == 7 $x_n = 3,91$ $x_k = 4,26$
 Итерация == 8 $x_n = 3,91$ $x_k = 4,09$
 Итерация == 9 $x_n = 3,91$ $x_k = 4,00$
 Итерация == 10 $x_n = 3,96$ $x_k = 4,00$
 $x_r = 3,96$

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=2$ Трапеция тәрізді су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 4000,00$ $L_1 = 4000,00$ $L_2 = 4000,00$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 1200000,00$ $S_1 = 1200000,00$ $S_2 = 200000,00$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 54000000,00$ $V_1 = 9000000,00$ $V_2 = 4500000,00$ $V_3 = 27000000,00$
 $Tr = 1,00$ Дәлдік $Eps = 0,0500$
 Итерация == 1 $x_n = 0,05$ $x_k = 22,52$
 Итерация == 2 $x_n = 0,05$ $x_k = 11,29$
 Итерация == 3 $x_n = 0,05$ $x_k = 5,67$
 Итерация == 4 $x_n = 2,86$ $x_k = 5,67$
 Итерация == 5 $x_n = 2,86$ $x_k = 4,26$
 Итерация == 6 $x_n = 3,56$ $x_k = 4,26$
 Итерация == 7 $x_n = 3,56$ $x_k = 3,91$
 Итерация == 8 $x_n = 3,74$ $x_k = 3,91$
 Итерация == 9 $x_n = 3,74$ $x_k = 3,83$

Итерация == 10 x_n == 3,74 x_k == 3,78
 x_r == 3,78

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=3$ Пирамидалық су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 3900,00$ $L_1 = 4100,00$ $L_2 = 4055,56$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 170000,00$ $S_1 = 1230000,00$ $S_2 = 1216666,67$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 53994374,12$ $V_1 = 9150000,00$ $V_2 = 4541666,67$ $V_3 = 26550000,00$
 $T_r = 1,01$ Дәлдік $E_{ps} = 0,0500$
Итерация == 1 x_n == 0,05 x_k == 22,52
Итерация == 2 x_n == 0,05 x_k == 11,29
Итерация == 3 x_n == 0,05 x_k == 5,67
Итерация == 4 x_n == 2,86 x_k == 5,67
Итерация == 5 x_n == 2,86 x_k == 4,26
Итерация == 6 x_n == 3,56 x_k == 4,26
Итерация == 7 x_n == 3,56 x_k == 3,91
Итерация == 8 x_n == 3,56 x_k == 3,74
Итерация == 9 x_n == 3,65 x_k == 3,74
Итерация == 10 x_n == 3,69 x_k == 3,74
 x_r == 3,69

2) 0,005 дәлдігімен

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=1$ Тікбұрышты су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 4000,00$ $L_1 = 4000,00$ $L_2 = 4000,00$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 250,00$ $W_1 = 250,00$ $W_2 = 250,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 1000000,00$ $S_1 = 1000000,00$ $S_2 = 1000000,00$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 45000000,00$ $V_1 = 8000000,00$ $V_2 = 4000000,00$ $V_3 = 24000000,00$
 $T_r = 1,00$ Дәлдік $E_{ps} = 0,0050$
Итерация == 1 x_n == 0,01 x_k == 22,50
Итерация == 2 x_n == 0,01 x_k == 11,25
Итерация == 3 x_n == 0,01 x_k == 5,63
Итерация == 4 x_n == 2,82 x_k == 5,63
Итерация == 5 x_n == 2,82 x_k == 4,22
Итерация == 6 x_n == 3,52 x_k == 4,22
Итерация == 7 x_n == 3,87 x_k == 4,22
Итерация == 8 x_n == 3,87 x_k == 4,05
Итерация == 9 x_n == 3,96 x_k == 4,05
Итерация == 10 x_n == 3,96 x_k == 4,00
Итерация == 11 x_n == 3,98 x_k == 4,00
Итерация == 12 x_n == 3,99 x_k == 4,00
Итерация == 13 x_n == 4,00 x_k == 4,00
Итерация == 14 x_n == 4,00 x_k == 4,00
 x_r == 4,00

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=2$ Трапеция тәрізді су қоймасы

$H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 4000,00$ $L_1 = 4000,00$ $L_2 = 4000,00$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 1200000,00$ $S_1 = 1200000,00$ $S_2 = 200000,00$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 54000000,00$ $V_1 = 9000000,00$ $V_2 = 4500000,00$ $V_3 = 27000000,00$
 $Tr == 1,00$ Дәлдік $Eps = 0,0050$
 Итерация == 1 $x_n == 0,01$ $x_k == 22,50$
 Итерация == 2 $x_n == 0,01$ $x_k == 11,25$
 Итерация == 3 $x_n == 0,01$ $x_k == 5,63$
 Итерация == 4 $x_n == 2,82$ $x_k == 5,63$
 Итерация == 5 $x_n == 2,82$ $x_k == 4,22$
 Итерация == 6 $x_n == 3,52$ $x_k == 4,22$
 Итерация == 7 $x_n == 3,52$ $x_k == 3,87$
 Итерация == 8 $x_n == 3,70$ $x_k == 3,87$
 Итерация == 9 $x_n == 3,70$ $x_k == 3,78$
 Итерация == 10 $x_n == 3,74$ $x_k == 3,78$
 Итерация == 11 $x_n == 3,74$ $x_k == 3,76$
 Итерация == 12 $x_n == 3,74$ $x_k == 3,75$
 Итерация == 13 $x_n == 3,75$ $x_k == 3,75$
 Итерация == 14 $x_n == 3,75$ $x_k == 3,75$
 $x_r == 3,75$

Есептеу нұсқасының нөмірі $i==3$ Пирамидалық су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 3900,00$ $L_1 = 4100,00$ $L_2 = 4055,56$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 170000,00$ $S_1 = 1230000,00$ $S_2 = 1216666,67$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 53994374,12$ $V_1 = 9150000,00$ $V_2 = 4541666,67$ $V_3 = 26550000,00$
 $Tr == 1,01$ Дәлдік $Eps = 0,0050$
 Итерация == 1 $x_n == 0,01$ $x_k == 22,50$
 Итерация == 2 $x_n == 0,01$ $x_k == 11,25$
 Итерация == 3 $x_n == 0,01$ $x_k == 5,63$
 Итерация == 4 $x_n == 2,82$ $x_k == 5,63$
 Итерация == 5 $x_n == 2,82$ $x_k == 4,22$
 Итерация == 6 $x_n == 3,52$ $x_k == 4,22$
 Итерация == 7 $x_n == 3,52$ $x_k == 3,87$
 Итерация == 8 $x_n == 3,70$ $x_k == 3,87$
 Итерация == 9 $x_n == 3,70$ $x_k == 3,78$
 Итерация == 10 $x_n == 3,70$ $x_k == 3,74$
 Итерация == 11 $x_n == 3,72$ $x_k == 3,74$
 Итерация == 12 $x_n == 3,72$ $x_k == 3,73$
 Итерация == 13 $x_n == 3,72$ $x_k == 3,73$
 Итерация == 14 $x_n == 3,72$ $x_k == 3,73$
 $x_r == 3,73$

h_n^k параметрлерін табудың «псевдо-линеаризация» әдісі:

1-қадам. $k = 1$, $h_n^0 = 0$ болсын.

$\varepsilon = 0.01$ – көрсетілген есептеу дәлдігі.

2-қадам. $g(h_n^{k-1})$ функцияның мәнін (2.16) формула бойынша есептейміз.

Онда

$$h_n^k = 3 * \left(g(h_n^{k-1}) \right)^{-1} * V_2. \quad (2.17)$$

3-қадам. Есептеу дәлдігін табамыз

$$r = \text{abs}(h_n^k - h_n^{k-1}).$$

Егер $r \leq \varepsilon$, онда 4-қадамға көшеміз.

$k = k + 1$ циклінің нөмірін арттырамыз, 2-қадамға көшеміз.

4-қадам. h_n^k -дағы есептеу нәтижесі.

Ескерту. (2.15) анықтамасы бойынша кез келген x үшін $g(x) > 0$ функция. Сондықтан (2.17) формуладағы бөлу дұрыс болып табылады.

«Псевдо-линеаризация» әдісін қолдану бағдарламасының мәтіні Г-косымшасында келтірілген.

«Псевдо-линеаризация» әдісімен алынған су қоймасына судың келуін болжамды түрде анықтауға арналған сандық есептеулердің нәтижесі:

1) 0,05 дәлдігімен:

Есептеу нұсқасының нөмірі $i==1$ Тікбұрышты су қоймасы
H0 = 45,00 H1 = 10,00 H2 = 5,00 H3 = 30,00
L0 = 4000,00 L1 = 4000,00 L2 = 4000,00 L3 = 3000,00
W0 = 250,00 W1 = 250,00 W2 = 250,00 W3 = 200,00
S0 = 1000000,00 S1 = 1000000,00 S2 = 1000000,00 S3 = 600000,00
V0 = 45000000,00 V1 = 8000000,00 V2 = 4000000,00 V3 = 24000000,00
Tr == 1,00 Дәлдік Eps = 0,0500
Итерация == 1 x_n == 0,05
Итерация == 2 x_n == 4,00
 x_r == 3,96

Есептеу нұсқасының нөмірі $i==2$ Трапеция тәрізді су қоймасы
H0 = 45,00 H1 = 10,00 H2 = 5,00 H3 = 30,00
L0 = 4000,00 L1 = 4000,00 L2 = 4000,00 L3 = 3000,00
W0 = 300,00 W1 = 300,00 W2 = 300,00 W3 = 200,00
S0 = 1200000,00 S1 = 1200000,00 S2 = 200000,00 S3 = 600000,00
V0 = 54000000,00 V1 = 9000000,00 V2 = 4500000,00 V3 = 27000000,00
Tr == 1,00 Дәлдік Eps = 0,0500
Итерация == 1 x_n == 0,05
Итерация == 2 x_n == 3,75
 x_r == 3,78

Есептеу нұсқасының нөмірі $i==3$ Пирамидалық су қоймасы
H0 = 45,00 H1 = 10,00 H2 = 5,00 H3 = 30,00

$L_0 = 3900,00$ $L_1 = 4100,00$ $L_2 = 4055,56$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 170000,00$ $S_1 = 1230000,00$ $S_2 = 1216666,67$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 53994374,12$ $V_1 = 9150000,00$ $V_2 = 4541666,67$ $V_3 = 26550000,00$
 Тр == 1,01 Дәлдік Eps = 0,0500
 Итерация == 1 хп == 0,05
 Итерация == 2 хп == 3,73
 хр == 3,69
 2) 0,005 дәлдігімен:

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=1$ Тікбұрышты су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 4000,00$ $L_1 = 4000,00$ $L_2 = 4000,00$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 250,00$ $W_1 = 250,00$ $W_2 = 250,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 1000000,00$ $S_1 = 1000000,00$ $S_2 = 1000000,00$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 45000000,00$ $V_1 = 8000000,00$ $V_2 = 4000000,00$ $V_3 = 24000000,00$
 Тр == 1,00 Дәлдік Eps = 0,0050
 Итерация == 1 хп == 0,01
 Итерация == 2 хп == 4,00
 хр == 4,00

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=2$ Трапеция тәрізді су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 4000,00$ $L_1 = 4000,00$ $L_2 = 4000,00$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 1200000,00$ $S_1 = 1200000,00$ $S_2 = 200000,00$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 54000000,00$ $V_1 = 9000000,00$ $V_2 = 4500000,00$ $V_3 = 27000000,00$
 Тр == 1,00 Дәлдік Eps = 0,0050
 Итерация == 1 хп == 0,01
 Итерация == 2 хп == 3,75
 хр == 3,75

Есептеу нұсқасының нөмірі $i=3$ Пирамидалық су қоймасы
 $H_0 = 45,00$ $H_1 = 10,00$ $H_2 = 5,00$ $H_3 = 30,00$
 $L_0 = 3900,00$ $L_1 = 4100,00$ $L_2 = 4055,56$ $L_3 = 3000,00$
 $W_0 = 300,00$ $W_1 = 300,00$ $W_2 = 300,00$ $W_3 = 200,00$
 $S_0 = 170000,00$ $S_1 = 1230000,00$ $S_2 = 1216666,67$ $S_3 = 600000,00$
 $V_0 = 53994374,12$ $V_1 = 9150000,00$ $V_2 = 4541666,67$ $V_3 = 26550000,00$
 Тр == 1,01 Дәлдік Eps = 0,0050
 Итерация == 1 хп == 0,01
 Итерация == 2 хп == 3,73
 Итерация == 3 хп == 3,73
 хр == 3,73

Қосымшалардан көріп отырғанымыздай, «псевдо-линеаризация» әдісі жинақтылықтың жоғары жылдамдығына, яғни жоғары деңгейіне ие.

2.4 Екінші бөлім бойынша тұжырым

Бұл тарауда климаттық мәліметтерді берудің дербес шағынкомпьютерлік жүйесі жасалынды, белгілі бір уақытта қуатты толқындардың әсерлерін болжау мәселесінің жалпы сипаттамасы және тұжырымы келтірілген.

Бөгеттерге тән қасиеттер мен жаңа екпіндегі бағдарламаларды игеруге негізделген заңғар жүйелердің қабілеттілігі тілге тиек етіледі.

Су бөгенінің хал-ахуалын басты назарда ұстап, анықтаудың математикалық моделі жасалды, оның көмегімен мүдделі ұйымдарды, айталық, әкімдіктер мен жергілікті төтенше жағдайлар бөлімшелеріне тез хабарлау үшін бағдарламалық-аппараттық кешен енгізілді.

Талдау келесі қорытынды жасауға мүмкіндік береді: болжалды оқыс оқиға салдарын тиімді тәсілмен байқау қолайлы. Ол – аналитикалық модельдерге негізделген қолданыстағы модельдеу бағдарламалық құралын пайдалану.

3 БӨГЕТ БҰЗЫЛУЫНЫҢ САЛДАРЫН БОЛЖАУ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

3.1 Ақаулықтың жалпы сипаттамасы мен шығу себептерін талдау

Тасыған су біздің өмір сүретін ортамызда жиі ұшырасатын аса күрделі құбылыс екені мәлім. Оның орын алу себептері де сан қилы жолмен түсіндіріледі әрі тіршілікке келтірер зардаптың салмағы да ауыр. Тасқынды бағдарлайтын аспаптарды екі топқа бөледі: байланыс арқылы (жерүсті байланыс құралдарымен) және байланыссыз (қашықтан зерттеу). Байланыс арқылы зерттеу құралдарына гидрологиялық посттардың торабын жерүсті бақылау және су астында қалған аймақтарды арнайы аспаппен түсіруді айтады. Қашықтан бақылауға аэросуретке тарту, бінеше мындаған масштабпен үлкенітіп қарау, сондай-ақ, Жерді ғарыштық қашықтықтан бағдарлау (ЖҒҚБ) жатады. Аталған құрылғылардың ешқайсысы өзендердің арнасынан асып, жайылу көрінісін көрсететін ақпаратты жеке дара бере алмайды. Өзен алқаптарының кеңдігі мен олардағы су тасқыны әрекетінің тез, әрі жылдам екенін ескере отырып, Жерді ғарыштық қашықтықтан бағдарлау әдістерін пайдаланады. Селдің дамуы мен тигізетін салдарын егжей-тегжей қару үшін кеңістікте алынған ақпарат мөлшері де жетерліктей болғаны жөн: аймақтың бүкіл жерін қарауға, суда қалған аумақтар мен су басатын нысандар жайлы мәліметтерді көптеп жинаған дұрыс. Осындай деректерді өңдеуге географиялық ақпараттық жүйелердің пайдасы зор, себебі олар автоматтандырылған картографиялық редакторлар мен жүйелерді ұштастырады [52, б.368; 58, р.140; 99, с.85].

Қоғамда біздің санамыздан тыс әрі біз күтпеген сан мындаған өзгеістер мен құбылыстар болып тұрады. Солардың кейбіреуіне адамзаттың шарасыз күйде қалып, мойынсынуына тура келеді. Жаратқанның қолдауымен олардың біразы сәтті, жеңіл түрде өтіп кетуі мүмкін, ал қайсыбіріне көнуден басқа амал қайсы. Солардың бірі әрі бірегейі – тілсіз жаумен тығыз байланысты. Қирағанда жойқын жарылыстар мен апаттарға соқтыратын ірі су құрылысындағы бөгеулер, ондағы су қабылдауға арналған күрделі қондырғылар мен құлыптар жоғарыда аталған қауіп-қатердің мысалы іспеттес. Апат салдарынан туындайтын жергілікті су басу көпшілік жағдайда серпінді толқынды жылдам су басудан құралады. Күшті жарылыс салдары су құрылыстары кешенінің өлшемдері мен техникалық жағдайына, бөгеттің сипаты мен бүліну дәрежесіне, судың ауқымына, серпінді толқын мен апатты су тасқынының суреттемелеріне, жергілікті жерге, апаттың орын алған күні мен мезгіліне тікелей қатысы бар. Су құрылыстарының бірінен соң бірінің орналасуы әсерінен елге зор шығын мен ұлттық экономикаға айтарлықтай залал келеді. Оған қоса, суасты құрылыстарының жойылуынан толқын өзеннің төменгі жағында орналасқан гидротехникалық құрылыстардың қирауына әкеп соғады.

Осы нысандардың опырылуына табиғат күштерінің әсері көп, олардың бірегейі жер сілкінісі, қатты дауыл, құлау, көшкін, сонымен қатар оған әртүрлі дәрежедегі ақаулар, қауіпсіздік ережесінің сақталмауы, бөгеттің іргетасының бұзылуы да кері әсерін тигізбей қоймайды. Соғыс кезінде тіпті олар қарсы күш пайдалану үшін жойқын құралдарына ұшырау салдарынан орын алды [111-113].

Бірақ осындай тасқындар шағын су қоймаларын дер кезінде босатпаудан, су жіберудің дайын болмауынан, арналар жолдарының бітеліп қалуынан, көп жағдайда көпір өткелдерінде жиі ұшырасады. 1902 жыл мен 1977 жыл аралығында көптеген мемлекеттердегі 300 апаттың бөгет кесірінен болуы, солардың шамамен 35%-ы жылдамдығы үлкен ағынның кесірінен су бөгеттен асып кетіп жатқан [114]. Ол кезде толқындар аса биік, арыны қатты болады. Тегістік жерде орналасқан елді-мекендерде аталмыш толқындардың жылдамдығы 3,25 км/сағ, ал тау бөктеріндегі ауылдарда оның жылдамдығы 100 км/сағ болып қалады.

Ұзақ әрі қатты жауған жауыннан тасқынның мұндай түрі өзен суларының асып-тасып, маңайдың бәрін жуып кететіндіктен орын алады. Әпсәтте су жайылып бүкіл жердің су астында қалуы, және көпірлер мен жолдардың, үйлер мен қоғамдық орындардың қирауы адам басына түсетін ауыр сынақтың бірі.

Ірі бөгеттер мен кішірек бөгеулер бір-бірінен ондағы жиналған су мөдшерімен ерекшеленеді. Олардағы су қысымы да әртүрлі болғандықтан алдыңғы сутехникалық құрылыс деп те атайды.

Өзен ағысы бөгеуді судан босатуға жұмсалатын уақытына байланысты екіге бөлінеді. Олар: су қоймасы баяу босатылған кезде пайда болатын су толқыны мен су қоймасы аяқ астынан босатылған кезде пайда болатын серпінді толқын.

Серпіліс кезінде бөгетте тесіктер мен шұңқырлар туындап, одан су жоғарыдан төмен қарай құлай ағып, серпінді толқын бой көтереді. Серпінді толқын дегеніміз апаттың осы көрінісінің басты қозғаушы күші іспеттес. Серпінді толқынның нысандарға тигізер әсері жарылыстың ауа соққысы толқынының әсеріне ұқсас келеді, әйтсе де мұндағы әрекет етуші күш – су.

Серпінді толқын – бұл ағын судың алдында пайда болатын толқын, ол өте үлкен биіктікке, алапат күшке және қозғалыс жылдамдығына ие [115-117].

Аталмыш толқынның физикалық мәнін былай түсіндірейік: судың тоқтаусыз ағуынан өзен арнасы бойымен қозғалыс кезінде оның өлшемдері де жиі өзгеріске түседі. Ол жерден су деңгейінің көтерілуі мен одан кейін қайта төмендеуін байқау қиын емес. Судың екпіндеп көтерілу фазасы серпінді толқынның алдыңғы жағы деп аталады. Серпінді толқынның қираған бөгеу каналына жақын жеріне қарағанда айтарлықтай тегіс, ал біраз қашықтықта қозғалуы кезінде серпінді толқынның алдыңғы жағы тік болуы да ғажап емес [118-120].

Қатты толқынның алдыңғы бөлігінен соң оның биіктігі белгілі бір уақытта максимумға жетіп, тез өседі, әдетте ол алдыңғы жағынан баяу жылжып отырады. Серпіліс артқан сайын ойпаттар пайда болады да жағалаудағы аймақтың суда қалу қаупі де арта түседі.

Сел басу аумағы мен тереңдігі серпінді толқынның өлшемдеріне және аймақтың топографиялық жағдайларына қатысты болады. Жойқын толқындардың көтерілуі басылған соң ағын тынышталып, біркелкі әрі ұзақ ағады. Бұл кезең неғұрлым ұзақ болса, су қоймасының көлемі де соғұрлым артады. Тасқын бөлігінің қалыптасуының соңғы кезеңі су деңгейінің төмендеуі болып саналады. Толқынның соңғы кезеңі, не болмаса толқынның соңы оның орта тұсы, яғни жоталық бөлігінен де жай жылжиды.

Ерекше үш нүктенің (алдыңғы, жоталық және соңғы) жылдамдықтары да әртүрлі, осыған орай толқын бірте-бірте өзен бойымен «таралады», бұл оның биіктігін азайтып, келесі кезеңнен жылжу ұзақтығын арттырады.

Қатты толқын басылған соң, өзен арнасы су ағысының жоғары жылдамдығына байланысты ерекше өзгереді.

Қатты толқындардың бұзып-жарып кетуі төменгі және жоғарғы арнаның кенеттен өзгеруінің және үлкен жылдамдықпен жүретін ағынның пайда болуының, соның әсерінен топырақ беріктігінің өзгерісін көрсетеді [121-123].

Жойқын толқынды бағалаудың ерекшеліктері:

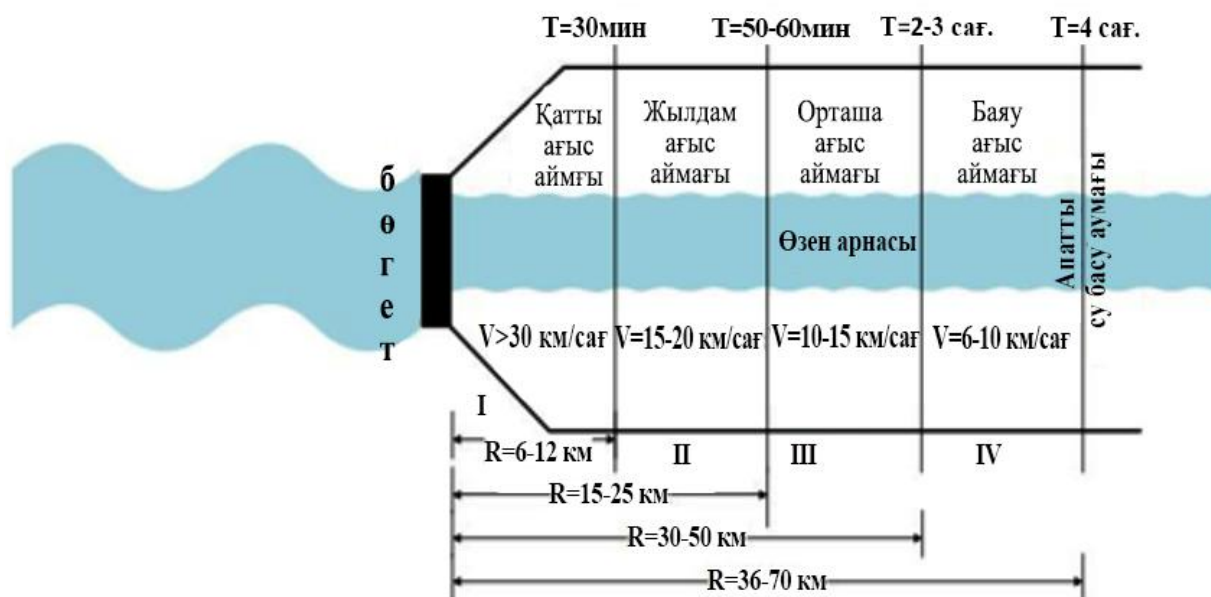
- белгілі бір ортадағы толқынның ең көп биіктігі мен судың тереңдігі;
- қозғалыс жылдамдығы мен гидравликалық қондырғының астында орналасқан әртүрлі нысандарға серпінді толқынның сипаттамалық нүктелеріне өту уақыты;
- белгіленген бөлімдердегі толқынның ұзақтығы;
- әртүрлі секциялардағы орташа және беткі (жанама) жылдамдығы;
- өзен алқабының су басқан бөлігінің ең жалпақ ені.

Гидроқұрылыстардағы жарылыс болған кездегі жағдайдың алатын ауқымы биік толқынның пайда болуымен қатар, қысым басындағы гидравликалық қондырғының түрі мен класына, апат түріне (негізінен саңылау мөлшеріне), су қоймасы мен бөгет өлшемдеріне, каналдың төменгі бьеф ағысындағы сипаттамаларына, сондай-ақ су басқан аумақтың топографиялық және гидрографиялық жай-күйіне байланысты болады. Сол себепті мұндай төтенше жағдайдың ауқымын мөлшермен болжау гидротехникалық құрылыстарды жобалау сатысында жүргізілгені жөн [124-126].

3.2 Бөгет бұзылуының салдарын болжалды анықтаудың математикалық моделі

Дамба (бөгет) бұзылғанда ол арқылы судың жылжу кезеңін жер бедеріне байланысты апатты түрдегі су басудың төрт бөлігі ретінде көрсетейік (9-сурет). Бірінші бөлігі (қатты ағыс аймағы) бөгет іргетасынан есептегенде 6-15 шақырымға созылады. Бұл аймақтағы толқын әжептәуір биік, жылдамдығы сағатына 20 км-ден асатын ағыспен ағады. Ол 30 минут

ішінде жоғарыда айтылған аралықты қамтиды. Төмендегі суретте көрсетілгендей екінші бөліктегі, яғни жылдам ағыс сағатына 15-20 км жылдамдықпен бір сағаттай уақытта 15-25 шақырымға дейін барады. Үшінші орташа ағысты аймақтың ұзақтығы бөгеттен бастап есептегенде 25-35 км аралығында болады. Толқындардың жүру уақыты – 2-3 сағатты құрайды. Ағыс жылдамдығы сағатына 10-15 км. Соңғы баяу ағыстың жылдамдығы сағатына 6-10 км аралығында 4 сағатта ағып өтеді, бөгет түбінен бастап 36-70 км аралығын қамтиды және жер бедеріне де байланысты болады [127].



Кескін 9 – Апатты су басу аймақтары [125, б.76]

3.2.1 Бөгеттің серпінді толқынының параметрлерін есептеудің А.М. Прудовский ұсынған әдісі

А.М. Прудовский жұмысында [128] ұсынылған әдіс келесі факторларға негізделген:

L – объектіні ГТҚ-дан теңестіру қашықтығы, км;

I – карта бойынша анықталған гидравликалық көлбеу;

h_M – жер бедерінің биіктігі, м;

h_δ – төменгі бьеф өзенінің тереңдігі, м;

H_0 – бөгеттің жоғарғы бьеф бассейніндегі су деңгейі.

Есептеу келесі ретпен жүзеге асырылады.

1) Толқынның жоталық бөлігінің келу уақыты (t_{sp}) және алдыңғы серпінді толқын (t_{fp}) 3.1 кестеге сәйкес беріледі.

Кесте 3.1 – Толқынның орта тұсының, яғни жоталық бөлігінің және алдыңғы жойқын толқындардың (τ_ϕ) келу уақыты

Толқынның келу параметрлері												
L, км	$H_0 = 20$				$H_0 = 40$				$H_0 = 80$			
	$i=10^{-4}$		$i=10^{-3}$		$i=10^{-4}$		$i=10^{-3}$		$i=10^{-4}$		$i=10^{-3}$	
5	0,2	1,8	0,2	1,2	0,1	2	0,1	1,2	0,1	1,1	0,1	0,2
10	0,5	4	0,6	2,4	0,3	3	0,3	2	0,2	1,7	0,1	0,4
20	1,6	7	2	5	1	6	1	4	0,5	3	0,4	1
40	5	14	4	10	3	10	2	7	1,2	5	1	2
80	13	30	11	21	8	21	6	14	3	9	3	4

2) Толқын биіктігі (h) мен жылдамдығы (V) есептелген әрбір нысанаға байланысты төмендегі формуламен анықталады:

$$h = \frac{A_h}{\sqrt{B_h + L}}, \text{ м}$$

$$V = \frac{A_v}{\sqrt{B_v + L}}, \text{ м/с}$$

A_h, B_h, A_v, B_v – 3.2-кестедегі коэффициенттер.

Кесте 3.2 – Коэффициенттердің мәні

H_0	$i = 1 * 10^{-4}$				$i = 1 * 10^{-3}$			
	A_h	B_h	A_v	B_v	A_h	B_h	A_v	B_v
20	100	90	9	7	40	10	16	21
40	280	150	20	9	110	30	32	24
80	720	286	39	12	300	60	62	29
20	128	204	11	11	56	51	18	38
40	340	332	19	14	124	89	32	44
80	844	588	34	17	310	166	61	52
20	140	192	8	21	40	38	15	43
40	220	388	13	21	108	74	30	50
80	880	780	23	21	316	146	61	65

3) Өңірді су басу уақытының ұзақтығы келесі формуладан табылды:

$$\tau = \beta \cdot (t_{гр} - t_{фр}) \cdot \left(1 - \frac{h_M}{h}\right), \text{ сағ}$$

мұндағы β - бөгет биіктігіне, гидравликалық көлбеу мен ғимарат арасындағы қашықтық коэффициенті (3.3 - кесте).

Кесте 3.3 – β коэффициентінің мәндері

$\frac{i * L}{H_0}$	H_0 , (м) бөгет биіктігінің h_δ , (м) өзеннің төменгі ағысындағы орташа тереңдігіне қатынасы	
	$H_0/h_0 = 10$	$H_0/h_0 = 20$
0,05	15,5	18
0,1	14	16
0,2	12,5	14
0,4	11	12
0,8	9,5	10,8
1,6	8,3	9,9

3.2.2 Селге қарсы құрылымдардың Х.А. Исмагилов ұсынған гидравликалық есептеу әдісі

Х.А. Исмагиловтың докторлық диссертациясында [129] сел ағыны үшін есептелген келесі тәуелділіктер ұсынылады:

$$B = \left(\frac{1 + S}{f_{кр}} \right)^{1,33} \frac{Q_p^{0,6}}{d^{0,25}(gi)^{0,25}}$$

$$H = 0,62 f_{кр} (1 + S) \frac{Q_p^{0,25} d^{0,375}}{(gi)^{0,125}}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{0,62 f_{кр}^{2,23} d^{0,625} (gi)^{0,125}}{(1 + S)^{0,33} Q_p^{0,25}}$$

мұндағы: B – арна ені, м;

H – ағын тереңдігі, м;

Q_p – болжалды сел шығыны, m^3/c ;

S – лайлылықтың (лай судың) ауқымдылығы;

$f_{кр}$ – өзгеріске ұшыраған топырақтың беріктілік коэффициенті;

i – өзеннің беті;

d – төмендегі отырған шөгінділердің орташа диаметрі.

Сан алуан тау жыныстарының беріктілік коэффициенті Протодиаконев М.М. формулаларымен анықталады:

борпылдақ топырақтар үшін

$$f_{кр} = tg\varphi;$$

топырақ үшін

$$f_{кр} = (tg\varphi\sigma + C)/\sigma;$$

тау жыныстары үшін

$$f_{кр} = \frac{1}{10} R_{см},$$

мұндағы:

φ – топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы;

C – ілінісу коэффициенті;

σ – тау жынысы деформациясының кедергісін (кері әсерін) анықтайтын кернеу;

$R_{см}$ – тау жынысының беріктік шегі.

Орта Азияның тау бөктері аймағының өзендерінде кездесетін әр түрлі топырақтар үшін есептелген беріктік коэффициентінің мәні 3.4 - кестеде келтірілген.

Кесте 3.4 – Беріктік коэффициентінің мәні

Өзен жағасындағы топырақты түзетін жыныстардың түрлері	$f_{кр}$
1. Құмды, құмды саздақ	0,5 – 0,6
2. Саздауыт және ірі құм араласқан құмдақ, қиыршықтас	0,7 – 0,8
3. Саздауыт, құмдақ және қиыршықтас аралас саз және Малтатас	0,9 – 1,4
4. Кесек сынықты	1,5 – 2,0
5. Жартылай жартасты	2 – 4
6. Жартасты	5 – 20

3.2.3 Бөгеттегі саңылаудың дамуын есептеу әдістері

1. А.М. Прудовскийдің бөгеттерге арналған ажыратылған материалдар қолданылатын тәуелділігі көптеген эксперименттердің қорытындыларымен дәлелденген: $\frac{dB_t}{dt} = K_p \frac{h_t}{\Omega}$, мұндағы B_t – t уақыттағы шұңқырдың ені, Ω - бөгеттің көлденең қимасының ауданы, h_t – бөгет іргетасынан басталатын белгі мен жоғарғы бөфтегі су деңгейінің айырмасы. K_p эрозиясының қарқындылық коэффициенті бөгет жасалған материалға байланысты. Құм араласқан топырақ үшін оның жылдамдығы минутына $0,07^{0,5}$ секундқа жуық. Су жылдамдығы саңылаудан өткен сәтте арнасы кең төгу жолының формуласымен анықталады:

$$Q_{изл} = m \cdot \varepsilon \cdot \sigma_n \cdot B_t \cdot \sqrt{g} \cdot h_t^{3/2}.$$

[130]-жұмыста Рэлей әдісіне сәйкес шұңқырдың кеңею қарқындылығына байланысты тәуелділік мына түрде алынды:

$$\frac{dB}{dt} = C * \frac{g^{0,5} h_t^{2,5}}{w_{уд}} * \left(\frac{w_{уд}}{h_t^2} \right)^n \left(1 - \frac{h_n}{h_t} \right)^p$$

мұндағы dB/dt – уақытқа байланысты саңылаудың қарқынды кеңеюі;

g – тартылыс (гравитация) үдеуі;

h_t – резервуардағы су деңгейінің және шұңқыр түбіндегі белгінің арасындағы айырмашылық (тиімді қысым);

$w_{уд}$ – бөгеттің көлденең қимасының ауданы;

h_n – шаймайтын жылдамдыққа сәйкес қысым.

И.А. Секисованың [131] диссертациясында су жүйесінің келесі параметрлері мен төменгі бьеф арнаның ағысындағы серпінді толқынның таралу жағдайлары h_{max} мәндеріне айтарлықтай әсер етеді:

- апатқа дейінгі су қоймасының көлемі (W_{cy}),
- апатқа дейінгі бөгет су қоймасының тереңдігі (H_0),
- жоғарғы бьеф арнасының бұдырлығы (n_0),
- саңылаудың ашылу мөлшері ($B_{саң}$),
- апатқа дейінгі су жүйенің төменгі бьеф ағысындағы судың шығыны (Q_0),
- бөгет орнынан байқау алаңына дейінгі қашықтық (L).

Тасқынның максималды тереңдігінің негізгі әсер етуші факторларға тәуелділігі жалпы өрнек түрінде келтірілген:

$$h_{max} = 2,51 \frac{H_0^{0,98} n_0^{0,02} Q_0^{0,05}}{W_{cy}^{0,05} L^{0,13}} \quad (1)$$

Диссертацияда (1) формулаға шектеулер қойылғанын аңғардық:

бөгеннің көлемі (W_{cy}) – 50-ден 5000 тыс. м³-ге дейін; бөгеттің жоғарғы бьефіндегі судың тереңдігі (H_0) – 2-ден 20 м-ге дейін; апатқа дейінгі төменгі арнадағы су шығыны (Q_0) – 1-ден 100 м³/с-қа дейінгі аралықта; бөгеннің ұзындығы – 0,8-ден 2 км-ге дейін жетеді, егер төменгі гидротехникалық құрылыстардан кері су болмаса; бөгеттің орнынан қарастырылған учаскеге дейінгі арақашықтық (L) 0,5-тен 50 км-ге дейін; бұдырлығы (n_0) 0,02-ден 0,2-ге дейін.

Сонымен қатар, ең кіші квадраттар әдісімен алынған (1) формула мынадай кемшіліктерге ие:

- 1) ($B_{саң}$) саңылаудың ашылу мөлшерін анықтайтын параметр жоқ,
- 2) апат орын алғанға дейінгі су қоймасының көлемі (W_{cy}) бөлшектің бөлімінде тұр, бұл гидрологиядағы негізгі ойға кері тұжырым – «су қоймасындағы су көлемі неғұрлым жоғары болса, жойқын толқын соғұрлым аз болады» немесе «су қаншалықты көп болса, толқын да соншалықты баяу болады» деп формула қорытылған [132, 133].

[134] мақалада (1) формулаға сілтеме жасайды. (1) формуланың қолданысының шектеулеріне байланысты мақала авторлары В.И. Волков ұсынған ықтимал зиянның мөлшерін алдын-ала бағалау және гипотетикалық апат кезінде қала маңындағы тоғандарда су жүйесінің төменгі бьеф ағысының елді мекендерді су басудың максималды тереңдігін анықтау үшін (2) тәуелділікті пайдалануды қолдайды:

$$h_{\max} = 0,34H_0 \left(\frac{L}{H_0} \right)^{-0,13} \quad (2)$$

(2) формуланың кемшілігі ретінде ол гидравликалық құрылыстардың апатқа дейінгі су қоймасының көлемі (W_{cy}), саңылаудың ашылу мөлшері ($B_{саң}$) сияқты маңызды параметрлерін пайдаланбайтындығын атап өткен жөн. Бұл факт осы формуланың қолданылу аясын айтарлықтай тарылтады.

Осы кемшіліктерді түзету үшін диссертацияда келесі тәсіл ұсынылған.

h_{\max} максималды тереңдік мына түрде ізделеді

$$h_{\max} = \alpha_0 B_{саң}^{\alpha_1} H_0^{\alpha_2} W_{cy}^{\alpha_3} L^{-\alpha_4} \cos \theta, \quad (3)$$

мұндағы θ – L қашықтықтағы жердің (жер бедерінің) көлбеу бұрышы.

(3) формула бойынша барлық коэффициенттер $\alpha_i > 0, i = \overline{0,4}$

$n=4$ серпінді толқынның мөлшеріне әсер ететін гидроқұрылымдардың ақпараттық параметрлерінің саны болсын; $x = (x_0, \dots, x_n)$ – вектор, оның компоненттері ГТҚ-ты сипаттайды.

Келесі есептеулердің ыңғайлылығы үшін біз мыналарды аламыз

$$Y = h_{\max}; x_0 = 1, x_1 = B_{саң}; x_2 = H_0; x_3 = W_{cy}; x_4 = L.$$

Келесі белгілерді енгіземіз:

m – нұсқалар саны (жағдайлар);

X_{ij} – j -ші нұсқадағы i -ші параметрдің мәні, мұндағы $i = \overline{0, n}, j = \overline{1, m}$;

Y_{0j} – j -ші жағдайдағы серпінді толқынның максималды тереңдігі, мұндағы $j = \overline{1, m}$.

Содан кейін (3) формуланы келесі түрде жазуға болады:

$$Y_0 = \alpha_0 * \left(\prod_{k=1}^3 x_k^{\alpha_k} \right) * x_4^{-\alpha_4} \quad (4)$$

$$Y = Y_0 * \cos(\theta)$$

(4) формула оңтайландыру мәселесіне сәйкес келеді, мұнда k -ші ақпараттық параметрдің жалпы нәтижеге әсерін анықтайтын α_k коэффициенттері белгісіз.

(4) өрнекті логарифмге келтірейік:

$$\ln(Y_0) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^3 \alpha_k \ln(x_k) - \alpha_4 \ln(x_4) \quad (5)$$

α_k коэффициенттерін функционалдың минималды жағдайынан табуға болады

$$S = \sum_{j=1}^m \left(\ln(Y_{0j}) - \alpha_0 - \sum_{k=1}^3 \alpha_k \ln(X_{kj}) + \alpha_4 \ln(X_{4j}) \right)^2 \quad (6)$$

Жиын енгіземіз

$$A = \{0 \leq \alpha_i \leq 10\} \quad (7)$$

R^m кеңістігінде A – дөңес, әрі тұйық жиын екенін көрсету оңай.

(6) функционалдың коэффициенттерін табу алгоритмі.

1-қадам. (6) функционалдың минимумы ең кіші квадраттар әдісі бойынша сызықты алгебралық теңдеулер жүйесінің мынадай түрі арқылы анықталады

$$C\beta = d$$

мұндағы C – $(n+1) \times (n+1)$ – матрица, d – $(n+1)$ вектор. Олар төмендегідей мәндерден тұрады

$$\ln(Y_{0j}), \ln(X_{kj}), k = \overline{0, n}, j = \overline{1, m}.$$

Егер вектордың барлық элементтері $\beta_i > 0, i = \overline{0, n}$ болса, онда $\alpha_i = \beta_i, i = \overline{0, n}$ қабылдаймыз және 5-қадамға көшеміз.

2-қадам. α_i коэффициентін есептеу үшін n -ші жуықтауды α_i^n деп белгілейміз.

Нөлдік жуықтау үшін

$$\alpha_i^0 = \begin{cases} \beta_i, & \text{если } \beta_i > 0 \\ \varepsilon, & \text{если } \beta_i \leq 0 \end{cases} \text{ таңдаңыз.}$$

Мұнда $\varepsilon > 0$ – өте аз сан.

3-қадам. (6) функционалдың минимумы (7) жиынтықта анықталады.
Итерациялық процесті құрайық

$$\alpha_i^{n+1} = \Pi_A(\alpha_i^n - \gamma_n S'(\alpha_i^n)) \quad (8)$$

Мұндағы Π_A – A жиынындағы жобалау операторы. n -ші этаптағы қадам ұзындығын анықтайтын $\gamma_n \geq 0$ коэффициенттерін төмендегі шарттан табуға болады

$$S(\alpha_i^n - \gamma_n S'(\alpha_i^n)) = \min_{\gamma \in R} S(\alpha_i^n - \gamma S'(\alpha_i^n))$$

немесе қадаммен ұсақтау арқылы градиентті түсіру әдісінде анықтауға болады.

4-қадам. Үйлеспеушілікті іздейміз $r = \min_i (\text{abs}(\alpha_i^{n+1} - \alpha_i^n))$.

Егер $r < \varepsilon$ болса, онда 5-қадамға өтіңіз. Әйтпесе, итерация санын көбейтіп, 2-қадамға өтіңіз.

5-қадам. Алгоритмді аяқтау.

Ұсынылған алгоритмнің жинақтылығы келесі теоремамен қамтамасыз етіледі.

Теорема 1. A жиыны дөңес және тұйық болсын. Онда (8) формула бойынша анықталған $\{\alpha_i^n\}$ тізбегі (7) жиынтықта (6) функционалдың минимизациялау есебінің шешіміне жинақталады.

Дәлелдеу. A жиыны дөңес және тұйық болғандықтан, (6) функционал дөңес, әрі дифференциалданады, онда $\{\alpha_i^n\}$ тізбегінің кез келген шектік нүктесі минимум нүкте болып табылады [135].

Болып өткен серпілістер туралы қолда бар ақпарат негізінде параметрлік деректердің 30 нұсқасы дайындалды. Осы ақпарат негізінде келесі формула алынды:

$$h_{\max} = 1,34 * H_0^{0,55} B_{\text{саң}}^{0,32} W_0^{0,04} L^{-1,4} \cos(\theta) \quad (9)$$

(9) формулада су қоймасының көлемі (W_{cy}) млн.м³-пен; бөгеттің (H_0) жоғарғы бьеф бассейніндегі судың тереңдігі – метрмен; саңылаудың ашылу мөлшері ($B_{\text{саң}}$) – метрмен; бөгет орнынан байқау алаңына дейінгі қашықтық (L) – километрмен; θ – градуспен өлшенеді.

Ескерту. Осы жұмыста алынған (9) формула қолданудың келесі шектеріне ие (оны негіздеу әдісімен байланысты): су қоймасының көлемі (W_{cy}) – 3 млн.м³-тен басталады және одан жоғары; бөгеттің биіктігі (H_0) – 3 м және одан жоғары; бөгет орнынан байқау алаңына дейінгі қашықтық (L) – 3 м және одан жоғары. Бұл шектеулер практикалық қызығушылықтарға кедергі келтірмейді.

3.3 Үшінші бөлім бойынша тұжырым

Бұл тарауда табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайдың себеп-салдарын болжаудың, модельдеудің танымал амал-тәсілдеріне салыстырмалы түрде талдау жасалды. Ол нәтижелерге математикалық модельдеудің жаңа үлгілері мен географиялық ақпараттық жүйемен алынған нәтижелерді көрсететін есептеу тәжірибесі, сонымен қатар қираған бөгеттің моделі қолданылды. Жойқын тасқынның салдарын болжаудың алуан түрлі математикалық модельдері, нұсқалары мен орындау алгоритмдері көрсетілген.

Бөгет күйреуінің салдарын болжап білудің математикалық түрдегі моделі ұсынылған. ГТҚ-ның көптеген өлшемдерін ескере отырып, күшті серпінді толқынның шарықтау деңгейін есептеудің тиісті алгоритмі жасап шығарылды. Тұжырымдалған алгоритмнің жинақтылығы теорема бойынша дәлелденді. Жалпы мұндай әдіс-тәсіл қолданылып жүрген формулаларға қарағанда ауқымдырақ болып табылады және жоғарғы практикалық бағытқа ие.

4 БӨГЕТ КҮЙРЕУІНІҢ САЛДАРЫН БАҚЫЛАУДЫҢ ЖӘНЕ БОЛЖАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ

4.1 Дерек көздерін дамыту мен талдау

Java және MatLab тілдерінде бұзылған бөгеттен алатын соққы салдары болжанып, автоматты түрде бағдарланды.

Java технологиясының бағдарламасы виртуалды машинаның бақылауында болып, орындалады. Белгіленген бағдарламаның шектеуінен асатын қандай да бір әрекеттерден (айталық, деректерге рұқсатсыз кіруге, я болмаса басқа компьютерге қосылуға тырысу) жедел түрде үзіліс туындайды. Әйтсе де, виртуалды машина тұжырымдамасының кемшіліктері оның сапасының төмендеуіне әкеледі. Аздаған оңды өзгертулер Java (JVM) бағдарламаларының іске қосылуын жылдамдатады:

– байт-кодты машиналық кодқа классикалық нұсқаларын сақтай алатын бағдарламаның жұмысы кезінде (ЖТ технологиясы) тікелей қолдану;

– стандартты кітапханаларда платформаға бағытталған кодты (түпнұсқалық код) кеңінен пайдалану, байт кодын тез меңгеруді жабдықтайтын аппараттық құрал (мысалы, ARM сәулетінің кейбір процессорлары қолдайтын Jazelle платформасы) [136-138].

MatLab – теңдеу шешуде классикалық сандық алгоритмдерді, сызықтық алгебралық есептерді шығарған кезде, қайсыбір интегралдардың, жуықтау шамалардың, сондай-ақ жеке дифференциалдық теңдеулер мен жүйелерді шешкенде өте қолайлы. Негізгі есептеу мүмкіндіктерін ескере отырып, техникалық университеттер бағдарламасы бойынша негізгі сандық әдістерді меңгеруге ықпал етеді. Күрделі есептерді шешуге теориялық дайындық қажет, әйтсе де, MatLab пакетінің кең мүмкіндіктері әрқашан баға жетпес құрал болып табылады. Кіріктірілген қарапайым бағдарламалау тілі алгоритм құруды жеңілдетеді. Бағдарламалау тілінің қарапайымдылығы MatLab және Toolbox мүмкіндіктерінің кең жиынтығымен есептеледі. Бұл комбинация іс жүзінде маңызды мәселелерді шешуге бағытталған тиімді бағдарламаларды жылдам жасауға мүмкіндік береді. MatLab негізіндегі объектіге бағытталған тәсіл қазіргі заманғы тиімді бағдарламалау технологиясын ұсынады. Шешілетін мәселенің ерекшелігін ескере отырып, MatLab қосымшасын жасаушы, қолданыстағы кластардан басқа, өз әдістерімен өз бетінше құру мүмкіндігі бар [139-141].

Java тілінде осы ғылыми жұмыстың интерфейс бөлігі орындалды, онда: 1) алып бөгеу бағанасында көрсеткен судың деңгейі, атмосфера ылғалдылығы мен температурасы бойынша дәл қазіргі сәттегі мәліметті қабылдауға және таратуға арналған модуль; 2) бөгеттің қирау қаупі туралы нақты және жедел келген ақпаратты өңдеуге арналған модуль (сервер); 3) бөгет бұзылуының салдарын болжауға арналған модульдер қамтылған.

MatLab тілінде бөгет бұзылуының салдарын болжаудың математикалық моделі құрылды (3.2 бөлім).

Жүйе автоматты түрде жұмыс істеуі үшін оған қамтама жасайтын техникалық талаптың ең кемінде келесі конфигурациясы болуы қажет: оперативті есте сақтау құрылғысының сыйымдылығы 640 К байттан кем емес IBM PC типті дербес электронды есептеуіш машина (компьютер); бос жадысы кемінде 2Мб болатын қатты магниттік диск; басып шығару құрылғысы [142-144].

4.2 Бағдарламалық жасақтаманы іске асыру

Су жүйесінің серпіліс қаупін бақылаудың автоматтандырылған жүйесі бірқатар анықтамалықтарды, енгізілген деректерді қамтиды және екі режимді: бақылау мен болжауды жүзеге асырады.

«Бөгеттер мен дамбалардың түрлері» анықтамалығы 2 жолдан тұрады:

Codv – код – сан түрінде;

Nazv – атауы - таңба түрінде.

«Бөгеттер мен дамбалардың атауы» анықтамалығы 17 жолдан тұрады:

Codp – код – сан түрінде (бетонды -1; топырақты -2);

Nazp – атауы – таңба түрінде;

Codv – бөгет түрінің коды – сан түрінде (тік бұрышты – 1; трапеция түрінде – 2; пирамида түрінде -3);

Xpl – бөгет биіктігі (метрмен) – сан түрінде;

Dpl – бөгет ұзындығы (метрмен) – сан түрінде;

Hpo – бөгет тұғырының қалыңдығы (метрмен) – сан түрінде;

Hpg – бөгеттің қалыңдығы (метрмен) – сан түрінде;

Hvmin – су қоймасы (тоған) табанының ені (метрмен) – сан түрінде;

Hvmax – су қоймасының астыңғы табанының ені, бөгет беті бойынша үстіңгі бетінің ені – санмен өрнектеледі;

Dvmin – бөген табанының ұзындығы, бөгет беті бойынша ұзындығы (метрмен өлшенеді) – санмен беріледі;

Dvmax – су қоймасының жалпы ұзындығы (м) – сан түрінде;

Yni – су қоймасының ең төменгі деңгейі – сандар аралығымен берілген;

Ybz – су қоймасының қауіпсіз деңгейі – сан аралығы түрінде;

Ytr – су қоймасының алаңдаушылық (дабыл қағу) деңгейі – сан аралығы түрінде;

Ykt – су қоймасының апатты деңгейі – сан аралығы түрінде.

«Кіріс деректер» кестесі 6 бағаннан тұрады:

Codp – код – сан түрінде;

Data – ақпаратты алған күні – күні (датасы) түрінде;

Vrem – ақпаратты алған уақыты – сан түрінде;

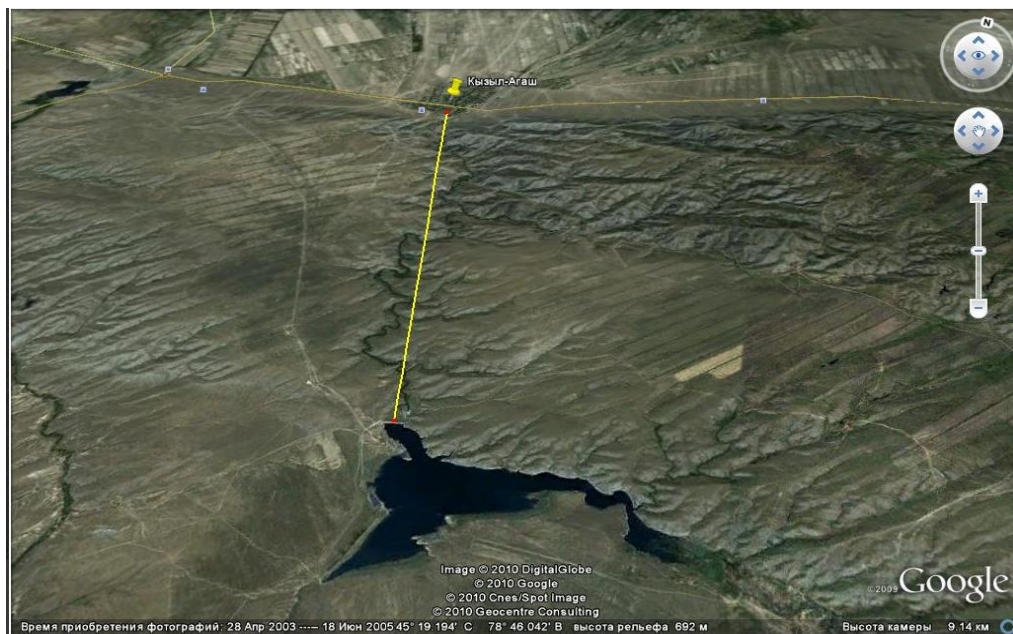
Ygov – су қоймасының деңгейі – сан түрінде;

Temp – су қоймасы аймағындағы температура – сан түрінде;

Osad – жауын-шашын мөлшері – логикалық түрде.

4.3 Модельдік есеп (Қызылағаш ауылы мысалында)

Бұдан кейінгі барлық есептеулер Алматы облысының Қызылағаш ауылында 2010 жылдың 11 және 12 наурызында болған оқиғаны бейнелейді. 10, 11-суреттерде су қоймасының көрінісі және көрсетілген оқиғаға дейін ауылдың орналасқан жері көрсетілген. Биіктігі 45 метр болатын бөгет 42 миллион текше метр суды сақтауға арналған.

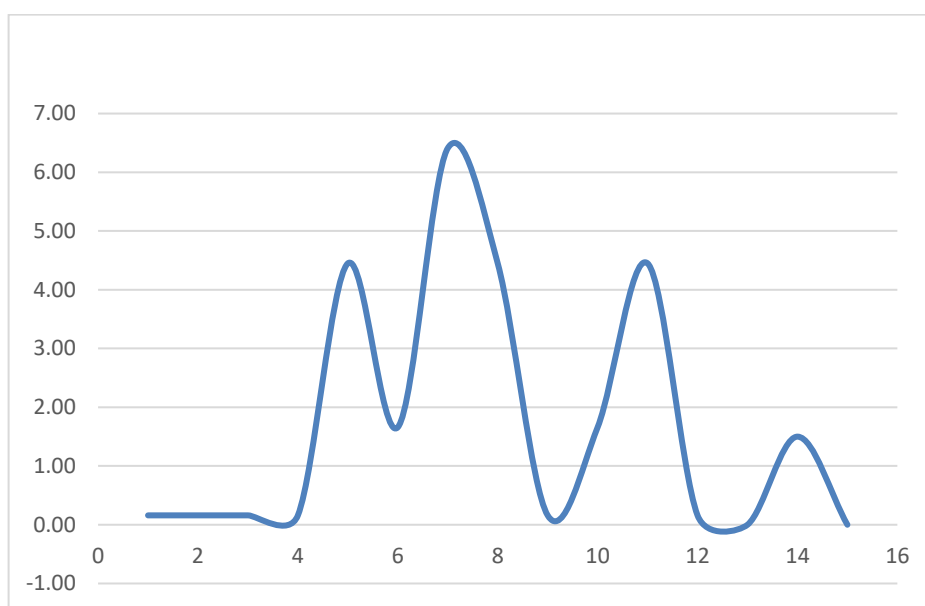


Сурет 10 – Су қоймасы мен Қызылағаш кентінің бөгет бұзылғанға дейінгі орналасқан жері



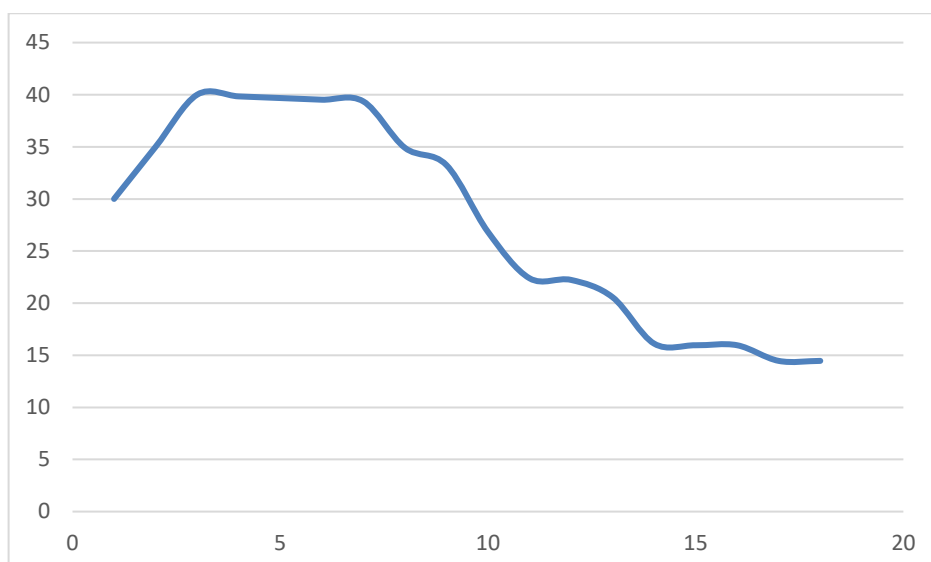
Сурет 11 – Су қоймасы мен Қызылағаш ауылының бөгет бұзылмай тұрған кездегі орны

Қызылағаш ауылында жаңбырлы ауыл шаруашылығы және егіншілік жақсы қолға алынған. Дәнді дақылдар, картоп, қант қызылшасы көптеп өсіріледі. Мал шаруашылығы дамыған. Бұл өңірдің ауыл шаруашылығы екі агроклиматтық аймақта дамиды: таулы-дала және тау етегіндегі шөлді-дала. Таулы дала аймағындағы егістік жерлер аз мөлшерде суармалы егіншілікте жаңбыр суын пайдаланады. Дәнді дақылдар негізінен осында өсіріледі. 2010 жылғы трагедияға дейін Қызылағаш су қоймасы 5 мың гектардан астам егістік жерлерді суармалы сумен суарды. 12-суретте ауылшаруашылық жерлерін суландыруға суды тұтыну графигі көрсетілген. Ординат осінің мәліметтері суды тұтыну туралы деректерді ұсынады (миллион текше метрмен) [145].



Сурет 12 – Ауылшаруашылық жерлерін суаруға суды тұтыну графигі

13-суретте 2009 жылдың наурызынан қыркүйек айына дейінгі су қоймаларын пайдалану графигі көрсетілген. Ординат осінің деректері су қоймасындағы судың көлемі туралы мәліметтерді ұсынады (миллион текше метр).



Сурет 13 – Су қоймасын толтыру кестесі

2010 жылдың 10 наурызына қараған түні су деңгейі 30 миллион текше метрге жетті. Келесі күні, түстен кейін немесе кешке, нақты уақытты айта алмаймын, су деңгейі 40 миллион текше метрден асты. Яғни, 15-16 сағатта Қызылағаш су қоймасына тағы 15-16 миллион текше метр су қосылды. Бөгет 11 наурызда түнгі сағат 10.30-да бұзылды. Екі сағаттан кейін Қызылағаш ауылын су басты. Селдің ені - 1,6 шақырым, биіктігі 3-4 метрге дейін жетті [146].

12 наурызға қараған түні Алматы облысының Ақсу ауданында Қызылағаш су қоймасының бөгеті жарылды. Қызылағаш ауылы лай балшық қозғалысының жолында қалды. Ресми мәліметтерге сүйенсек, Талдықорған мен Алакөл арасында орналасқан Қызылағаш ауылының басым бөлігі қатты зардап шеккен. Қызылағаш ауылының 70 пайызы қирады. Қызылағаштағы қайғылы оқиға 44 адамның өмірін қиды. Мыңдаған адамдар зардап шекті және сонша адам апат аймағынан оқшауландырылды. Қызылағашқа баратын тас жолдың бөлініп, Алматы-Өскемен тас жолындағы көпірдің қирауы құтқару жұмыстарын жүргізуге көптеген қиындықтар туғызды.

Кейбір куәгерлердің айтуынша, туыстары мен таныстары алдын-ала ескерткен адамдар құтқарылды.

14, 15-суреттерде жойылған су қоймасының көрінісі көрсетілген.



Сурет 14 – Қираған су қоймасының көрінісі



Сурет 15 – Алматы облысындағы бүлінген Қызылағаш су қоймасы
(19 наурыз 2010 ж.)

Қайғылы оқиғадан кейінгі Қызылағаштың тыныс-тіршілігі.

Жан түршіктірер қайғылы оқиғаның өткеніне де 10 жыл болды. 16 – 19 - суреттерде Қызылағаш ауылының бүгінгі жаңа көрінісі бейнеленген.

Бұл материал қазақ тілінде HOLA News сайтында 2019 жылдың 11 наурызында жарияланған. Қызылағаш ауылындағы сол бір апатты оқиғадан бері 10 жыл өтіпті, сол кезде болған жойқын су тасқыны елді жер бетінен тазартып жібергендей болды [147].



Сурет 16 – Қайта жанданған Қызылағаш ауылы



Сурет 17 – Қалпына келтірілген әлеуметтік нысан



Сурет 18 – Әрбір қазақстандық өз үлесін қосты [148]



Сурет 19 – Трагедия құрбандарын еске алу мемориалы

Қызылағаш ауылының шетіндегі су тасқынынан зардап шеккендерді еске алу мемориалында қайғылы оқиға еске түседі: баласын көлегейлеп жауып тұрған ана ағаш түбінде тұр (23, 24-суреттер). Бөгеттің жағдайы не болды? 2015 жылы «Қазсушаруашылығы» РМК Алматы филиалының директоры Сейілхан Мұхамадиев Қызылағаш трагедиясы кезінде бұзылған бөгетті қайта жаңадан салу үшін оған бөлінетін қаржы мәселесі де оң шешімін табатынын тілге тиек етті. Оның жұмыстары ұзақ уақыттан кейін

араға кемінде жеті жыл салып, қайта басталды. 2017 жылы суды босататын туннель мен ағызу каналын қайта салу жұмыстары басталды. Жалпы құны 5,5 миллиард теңгені құрайтын, биіктігі 55 метрлік гидравликалық құрылысты 2020 жылдың соңына дейін пайдалануға беру жоспарланған [149].

4.4 Су қоймасының толуын бақылау мысалы

Әзірленген автоматтандырылған жүйеге сүйене отырып, Қызылағаш ауылында 2010 жылдың 11-12 наурызындағы жағдайдың математикалық моделі жасалды. 4.1-кестеде оқиға толық зерттелген. Алғашқы екі бағанда оқиғаның күні мен уақыты туралы ақпарат берілген. 3-тен 5-ке дейінгі бағандардағы ақпарат автоматтандырылған режимде алынды. Жоғарыда ұсынылған математикалық модельге сүйене отырып, қауіпсіздік деңгейі, су қоймасының толуы және судың бөгет бетінен асып кету уақыты бойынша есептеулер жүргізілді (6-8 бағандар).

6-бағанда қауіпсіздік деңгейінің келесі коды қабылданады: 1 – төменгі; 2 – қауіпсіз; 3 – алаңдаушылық; 4 – апатты.

20-суретте су қоймасындағы судың сағат сайын толу кестесі бейнеленген. 4.1-кестеден және 20-суреттегі графиктен анық байқағанымыздай, әкімдік пен төтенше жағдайлар бөлімдеріне 11 наурыз күні кешкі сағат 21-де су басу қаупі жайында ескертілген екен. Жорамалдап алсақ, оқыс оқиғаның басталуына әлі 3,5 сағаттай уақыт бар еді. Бірақ коммуникациялардың жетіспеушілігі мен су қоймасы қожайындарының қара басының ғана қамын ойлаған мүдделері сан соқтырды.

Алматы қалалық төтенше жағдайлар департаментінің мәлімдеуінше, апаттың орын алуына нөсер жаңбырдың ұзақ жауғаны әрі ауа температурасының көтерілуі де мұз қабаттарының араласуына себеп болып, селдің жүруіне ықпал еткен.

Су қоймалары мен су желісінің шамамен 60%-ы коммуналдық меншікте болған, қалған 20% бөлігі мен «Қазсушаруашылық» әкімдіктердің ауылшаруашылығы департаментіне қарасты болған деседі. Су қоймасы мен торабы қай мекемеге қарасты екені әлі күнге дейін өз шешілмей тұрғаны анық. Соңғы он, он бес жылда бұл қоймалардың шамамен 20%-ы жеке секторға, ашығын айтсақ, халықшаруашылығы мен балық өсіру кәсібін жетілдіру мақсатында әрі жұрттың игілігіне жалдамаланды. Мұндай нысандарды жалға беру әрекетінің нәтижелі болуы өте сирек кездеседі, дей тұрғанмен, қожайындар су қоймаларындағы негізгі құрылыстарды жөндеуге қаражат тапшылығын жиі көреді.

Бөгеттің қауіпсіздігі тікелей экономикалық тиімділікке ие, оны келесі мысалдардан аңғарамыз:

1) Егер суармалы судың қажетті мөлшерін жинау мүмкін болмаса да, су қауіпсіздігінің төмендеуіне әкеліп соғады. Жеке жер пайдаланушылар тарапынан ауылшаруашылық өнімдерінің өндірілмеуінен, ауыл тұрғындары

үшін жұмыс орындарының қысқаруы мен салық түсімдері мөлшерінің азаюынан туындайды.

2) Бөгеттердің техникалық ахуалының құлдырауы қайта жанарту жұмыстарын жүргізуге, болмаса жобада көрсетілгендей етіп тұтастай қайта салу үлкен шығынға батырады.

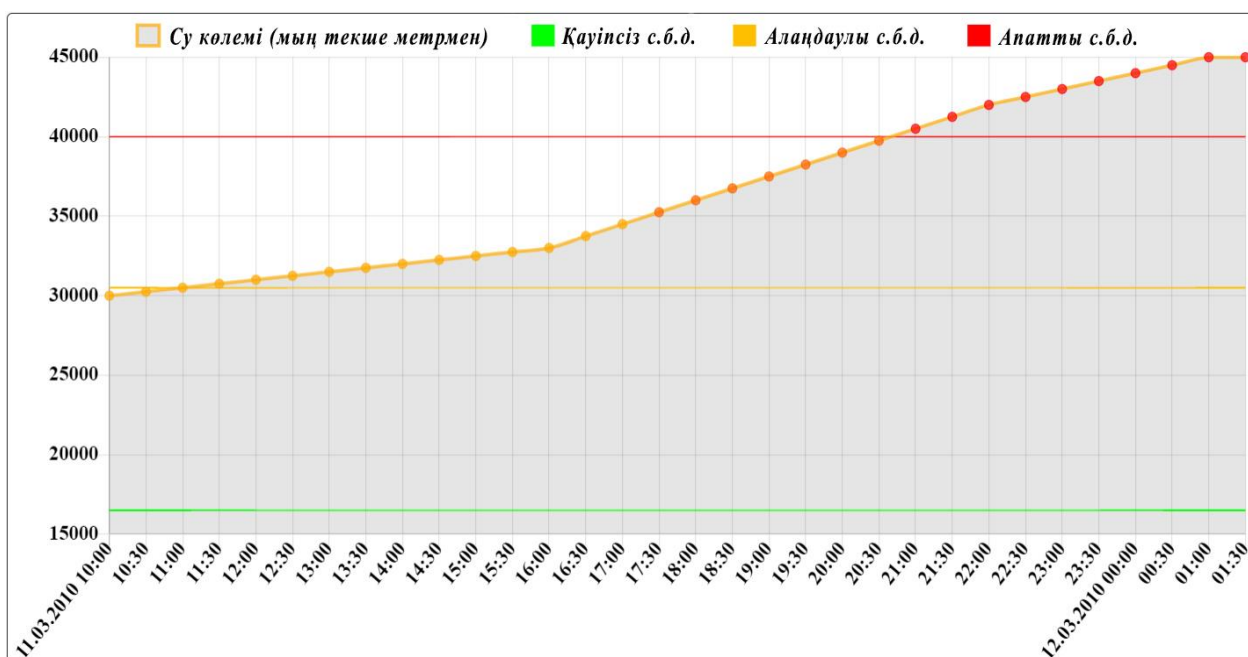
3) Аталған нысандар неғұрлым жиі қираған сайын, олардың салдарынан туындайтын апатты жағдайды қалпына келтіру және жөндеуге мемлекет тарапынан қомақты қаржы жұмсалуды тиіс. Осы жұмыстарды дер кезінде қолға алып жүргізіп отыру, оларды бастапқыда көрсетілгендей етіп жасау үшін жыл сайын ірі қаржылық және материалдық қорларды үнемдеуге көп мүмкіндік береді. Ұсынылған барлық мәліметтер бөгеттің қауіпсіздігі туралы декларацияны жасамас бұрын дайындалуы тиіс құжаттың ажырамас бір бөлігі болып есептеледі. Алғашқы түпнұсқаны жасау декларацияны әзірлеудің өте ауыр кезеңі болып табылады. Сондықтан, бөгетті жобалық шешімдер ретінде оны салудың құрылысы мен бүкіл кезең ішінде пайдалану тұрғысынан жақсы елестету өте маңызды.

Кесте 4.1 – Бөгеттің бұзылуын модельдеу нәтижелері

Күні	Уақыты	Су деңгейі (метр)	Температура	Жауын-шашын	Қауіпсіздік деңгейі	Су көлемі (текше метр)	Су басуға дейінгі уақыт (сағат)
1	2	3	4	5	6	7	8
11/03/2010	10.00	15	12		2	30 000,0	
	10.30	14.75	12		2	30 250,0	
	11.00	14.5	13		2	30 500,0	
	11.30	14.25	13		3	30 750,0	14.25
	12.00	14	13		3	31 000,0	14
	12.30	13.75	14		3	31 250,0	13.75
	13.00	13.5	14		3	31 500,0	13.50
	13.30	13.25	14		3	31 750,0	14.25
	14.00	13	15		3	32 000,0	13
	14.30	12.75	15		3	32 250,0	12.75
	15.00	12.5	15		3	32 500,0	12.50
	15.30	12.25	14	жауын	3	32 750,0	11.75
	16.00	12	14	жауын	3	33 000,0	11
	16.30	11.25	14	жауын	3	33 750,0	10.25
	17.00	10.5	13	жауын	3	34 500,0	9.30
	17.30	9.75	13	жауын	3	35 250,0	8.75
	18.00	9	13	жауын	3	36 000,0	8
	18.30	8.25	13	жауын	3	36 750,0	7.25
	19.00	7.5	12	жауын	3	37 500,0	6.50
	19.30	6.75	12	жауын	3	38 250,0	5.75
	20.00	6	11	жауын	3	39 000,0	5
	20.30	5.25	11	жауын	3	39 750,0	4.25

Кесте 4.1-дің жалғасы

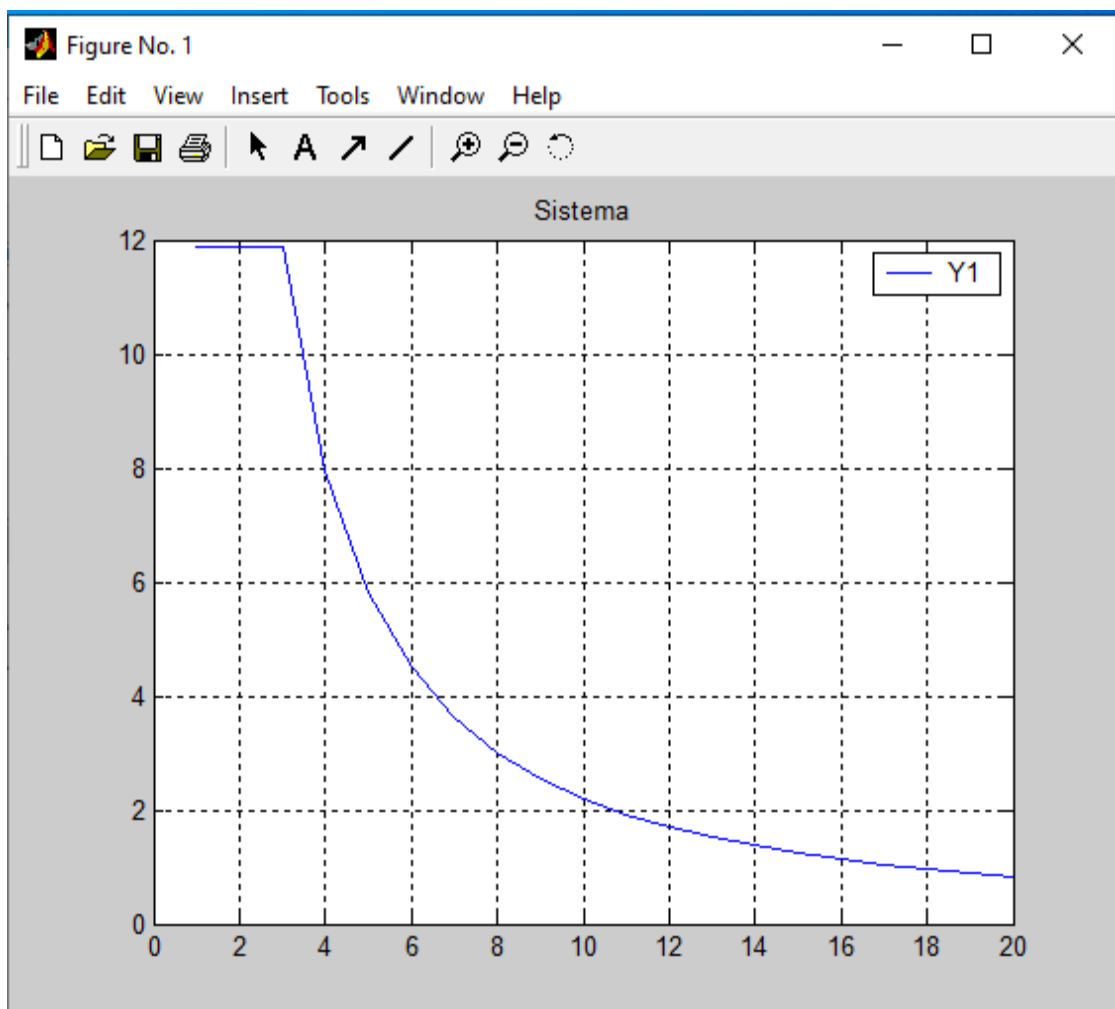
1	2	3	4	5	6	7	8
	21.00	4.5	10	жауын	4	40 500,0	3.50
	21.30	3,75	10	жауын	4	41 250,0	3
	22.00	3	9		4	42 000,0	2.50
	22.30	2,5	9		4	42 500,0	2
	23.00	2	9		4	43 000,0	1.50
	23.30	1,5	8		4	43 500,0	1
12/03/2010	00.00	1	8		4	44 000,0	0.50
	00.30	0,5	7		4	44 500,0	0
	01.00	0	7		4	45 000,0	0
	01.30	0	6		4		



Сурет 20 – Су қоймасының суға толу графигі

4.5 Бөгеттің күйреу салдарын болжаудың мысалы

3.2-бөлімде алынған (9) формуланы басты назарда ұстай отырып Қызылағаш ауылында болған жағдайдың математикалық моделі жасалды (21-сурет).



Сурет 21 – Қызылағаш ауылындағы серпінді толқынның графигі

Кесте 4.2 – Қызылағаш кентіндегі серпіліс толқынының максималды биіктігі

№	Бөгеттен басталатын арақашықтық (шақырыммен)	Толқынның биіктігі (метрмен)
1	2	3
1	3	11.8722
2	4	7.9363
3	5	5.8069
4	6	4.4987
5	7	3.6255
6	8	3.0073
7	9	2.5501
8	10	2.2004
9	11	1.9255
10	12	1.7047
11	13	1.5240
12	14	1.3738

Кесте 4.2-нің жалғасы

1	2	3
13	15	1.2473
14	16	1.1395
15	17	1.0468
16	18	0.9663
17	19	0.8959
18	20	0.8338

Жоғарыдағы суреттен және кестеде келтірілген мәліметтерден аңғарғанымыздай, Қызылағаш ауылында пайда болған серпінді жойқын толқын 4,5 метрге жеткен. Бөгеттен 16 км қашықтықта орналасқан Егінсу ауылында толқын шамамен бір метр биіктікке жетті. Осыдан-ақ, Егінсу ауылы тұрғындарының бөгеттің бұзылу салдарынан айтарлықтай жапа шеккені туралы талаптарын растайтынын көруге болады.

Сонымен, сандық есептеулердің нәтижелері нақты мәліметтермен расталды.

4.6 Төртінші бөлім бойынша тұжырым

Java бағдарламалау тілінде бөгет бұзылғаннан кейінгі зардаптарды бақылау мен болжауға арналған бағдарламалық- аппараттық кешен жүзеге асырылды, ол мынадай басты модульдерден құралған: 1) бөгет бағанасындағы судың көтерілу деңгейі, ылғалдылығы мен температурасы туралы ағымдағы мәліметтерді қабылдауға және таратуға арналған модуль; 2) бөгеттің күйреу қаупі туралы нақты, тез әрі жылдам ақпаратты өңдеуге арналған модуль, яғни сервер; 3) бөгет бұзылуының салдарын болжауға арналған модуль.

Жұмыстың бағдарламалық бөлігін жүзеге асыру үшін оның басты теориялық маңыздылығы екінші және үшінші тараулардың нәтижелеріне сүйеніп алынған.

Сонымен қатар модельдік есепті шешу кезінде әзірленген бағдарламаның қаншалықты тиімді екені де көрсетілген. Модельдік есептің практикалық негізін шынайы өмірден алынған мысал ретінде көрсету мақсатында еліміздің Алматы облысының Қызылағаш ауылында болған оқиға алынды.

ҚОРЫТЫНДЫ

2010 жылдың көктеміндегі Алматы облысында, сондай-ақ 2014 жылы Қарағанды облысында адам шығыны мен тас-талқан қирау салдарынан, сонымен қатар Қазақстанның басқа аймақтарындағы су тасқыны салдарынан болған көптеген қайғылы оқиғалар болашақта осындай қауіптің алдын алу үшін маңызды сабақ болғаны рас. Қолданудың қауіпсіздік ережелерін арттыру үшін гидротехникалық құрылыстарды заманауи құрал-жабдықтармен және қосалқы аспаптармен жарақтандыру бойынша ұсыныстар әзірлеу қажет.

Диссертацияда қазіргі заманғы математикалық модельдеу технологиялары мен есептеу тәжірибелерін қолданып, табиғи және техногенді сипаттағы төтенше жағдайлардың зардаптарын кешенді талдау, модельдеу мен болжауға арналған белгілі әдістерге салыстырмалы талдау жасалды, нәтижелері географиялық ақпараттық жүйеде көрсетіліп, дамбаның бұзылуының математикалық моделі зерттелді.

Аталмыш зерттеу жұмысында климаттық мәліметтерді берудің дербес шағынкомпьютерлік жүйесі жасалды, шынайы уақыт өлшемінде серпінді толқын әсерін болжау мәселесі жалпылама түрде сипатталған.

Су бөгенінің жай-жапсарын анықтап-бақылаудың математикалық моделі құрылды, оны басты негізге ала отырып мүдделі ұйымдарға, яғни әкімдіктер мен жергілікті төтенше жағдайлар бөлімдеріне жедел хабарлау үшін аппараттық-бағдарламалық кешен енгізілді.

Бөгеттің бұзылу салдарын болжаудың математикалық моделі ұсынылған. ГТҚ-ның көптеген параметрлерін ескере отырып, серпінді толқынның максималды деңгейін есептеу алгоритмі тұжырымдалған. Әзірленген алгоритмнің теорема түріндегі жинақтылығы дәлелденді. Бұл әдіс қолданыстағы алгоритмдермен салыстырғанда үлкен практикалық бағытқа ие.

Java бағдарламалық тілі мына модульдерден тұратын бөгеттің бұзылу салдарын бақылау және болжауға арналған бағдарламалық-аппараттық кешенді (БАК) жүзеге асырады: 1) бөгеттің бағанасындағы судың деңгейі, ылғалдылығы мен температурасы туралы ағымдағы ақпаратты алуға және таратуға арналған модуль; 2) бөгеттің бұзылу қаупі туралы тұрақты түрде және жедел ақпаратты өңдеуге арналған модуль (сервер); 3) бөгет бұзылуының салдарын болжауға арналған модуль.

Модельдік есепті шешуді басты назарда ұстай отырып, әзірленген бағдарламалық-аппараттық кешеннің тиімділігі көрсетілген. Модельдік есептің практикалық негізі ретінде республикамыздағы Алматы облысының Қызылағаш ауылында болған апатты оқиға мысал ретінде алынды.

Қолда бар бақылау әдістерін пайдалана отырып алынған нәтижелерді еліміздің су ресурстарын басқару мекемелерінде шұғыл түрде шешім қабылдау үшін қолдануға болады. Ұсынылып отырған әдіс пен технология нәтижесінде судың қорын ұзақ уақыт бойы бақылау міндеттерін шешуге

және төтенше жағдайларға әкелетін түрлі жағдайларды анықтауға, сондай-ақ олардың салдарын бағалауға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 The United Nations ESCAP. [Electronic resource]. URL: <http://www.unescap.org>. (online; accessed: 20.01.2018).
- 2 Хамутова М.В., Кушников В.А. Математическая модель прогнозирования последствий наводнений. Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия управление, вычисл. техн. информ., 2016. – № 3. – С. 109-114.
- 3 Симагин И.М., Полуян Л.В. Моделирование зон возможных затоплений при авариях на гидротехнических сооружениях. SAFETY2018. – Екатеринбург, 2018. – С. 14-21.
- 4 Малик Л.К. Чрезвычайные ситуации, связанные с гидротехническим строительством ретроспективный обзор. – Институт географии Российской Академии наук. – 30 с.
- 5 Василенко А.А. Гидродинамические аварии и их моделирование. ФГБОУ «Камчатский государственный технический университет». – Петропавловск-Камчатский. – С. 119-125.
- 6 Крупнейшие аварии на гидротехнических сооружениях. История вопроса // Коммерсантъ. – 2009. – №150. – С. 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/1222760> (дата обращения: 23.11.2018).
- 7 Арифиллин Е.З., Федянин В.И. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений по Воронежской области // Материалы МНПК «Актуальные проблемы обеспечения безопасности в биосфере и техносфере». – Воронеж: «Научная книга», 2008. – С. 15-19.
- 8 Арефьева Е.В. Подтопление как потенциальный источник ЧС // Технология гражданской безопасности. Научно-технический журнал. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2007. – № 4(14). – С. 69–74.
- 9 Василенко А.А. Проблемно-хронологический анализ создания и эксплуатации Днепровской гидроэлектростанции // Вестник Камчатского гос. технического университета. – Петропавловск-Камчатский. – ФГБОУ ВПО КГТУ, 2013. – № 23. – С. 38-44.
- 10 Василенко А.А. Анализ факторов, влияющих на устойчивость функционирования Днепровской ГЭС им. В.И. Ленина // Гуманитарный вестник. – Балашиха: Военно-технический университет Министерства Обороны РФ, 2013. – №1 (24). – С. 102-109.
- 11 Василенко А.А. Опыт решения инженерных и военных задач в ходе строительства и эксплуатации Днепровской ГЭС // А.А. Живов, Е.Е. Пономарёва. Науковий діалог «Схід-Захід»: Матеріали Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю (м. Кам'янець-Подільський, 10 липня 2013 р.): у 4-х частинах. – Ч.2. – Д.: ТОВ «Інновація», 2013. – С. 158-166.

12 Причины аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. Выводы Ростехнадзора. Основные тезисы. – М., 2009. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=318543> (дата обращения: 30.11.2018).

13 [Электронный ресурс]. URL: http://safbd.ru/sites/default/files/SCORM/855/res/attachments/tema_1.pdf (дата обращения: 15.12.2018).

14 Молдабеков М.М., Еремир Д.И., Понятов Ю.А. Мониторинг уровня воды, озер, рек морей и гидротехнических сооружений // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2013. – №1. – С. 3-6.

15 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З. Последствия при разрушении гидротехнических сооружений и возникновения чрезвычайных ситуаций // Матер. междунар. конф. – Алматы: КазАТК им. М. Тынышпаева, 2018. – Т. 2. – С. 74-78.

16 Стриганова М.Ю. Методы оценки и прогнозирование последствий при разрушении гидротехнических сооружений // Вестник командно-инженерного института МЧС. – Минск, 2012. – № 1(15). – С. 10-21.

17 Степанов К.А. Упрощенная методика моделирования распространения волны прорыва для обеспечения защиты земель от наводнения / ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2013. – № 4 (12). – С. 130-140.

18 Зиятбекова Г.З. Исследования процесса разрушения напорного фронта гидроузлов // Материалы междунар. конф. студентов и молодых ученых «Фараби элемеі». – Алматы. – С. 231-233.

19 Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З. Применение геоинформационных систем для решения задач оценки наводнений // Материалы III междунар. науч. конф. «Информатика и прикладная математика». Ч.1. – Алматы, 2018. – С. 278-284.

20 Такабаев М.К. Численное моделирование селевого потока: дис. ... д.ф.-м.н.: 01.02.05. – Национальная Академия наук, Институт теоретической и прикладной математики. – Алматы, 1996. – 102 с.

21 Рысбаева А.К., Раскызы А., Байбатырова А.Н., Жуманова З.Е., Баймахан Р.Б. Расчетная модель селезащитной плотины анизатропного строения и действующих на нее природных сил // VI Междунар. науч.-практ. конф. «Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики». – Томск, 2016. – С. 516-521.

22 Волков И.М., Кононенко П.Ф., Федичкин И.К. Гидротехнические сооружения. – М.: Колос, 1968. – 464 с.

23 Гришин М.М. (ред.), Слисский С.М., Антипов А.И., Воробьев Г.А., Иванищев В.Ф., Орехов В.Г., Пашков Н.Н., Поспелов В.Н., Рассказов Л.Н. Гидротехнические сооружения. – М.: Высшая школа, 1979. – Ч. 1. – 615 с.

- 24 Гугушвили И.В. Совершенствование методов расчета параметров движения волны прорыва по речной долине: диссертация ... канд.т.наук. – М., 2011. – 147 с.
- 25 Альтшуль А.Д. и др. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 624 с.
- 26 Raudkivi A.J. Loose Boundary Hydraulics. – A.A. Balkema Publishers. Rotterdam. CRC Press, 1998. – 512 p.
- 27 Гришин М.М. (ред.), Слисский С.М., Антипов А.И., Воробьев Г.А., Иванищев В.Ф., Орехов В.Г., Пашков Н.Н., Поспелов В.Н., Рассказов Л.Н. Гидротехнические сооружения. – М.: Высшая школа, 1979. – Ч. 2. – 336 с.
- 28 Климович В.И., Прокофьев В.А. Расчет параметров волны прорыва и определение границы зоны затопления при аварии на ЗШО // Гидротехническое строительство, 2001. – № 1. – С. 38-44.
- 29 Дебольский В.К., Зайдлер Р., Массель С. и др. Динамика русловых потоков и литодинамика прибрежной зоны моря. – М.: Наука, 1994. – 302 с.
- 30 Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения в мире в последние годы XX в. // Водные ресурсы, 2000. – Т. 27. – №5. – С. 517-523.
- 31 Плеханов П.А. Гидрологические риски природного характера и их предупреждение в Казахстане // Центрально-азиатский журнал исследований воды. – Алматы, 2017. – № 3(1). – С. 19-25.
- 32 Климентов П.П., Богданов Г.Я. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1977. – 357 с.
- 33 Dekterev A.A., Gavrilov A.A., Minakov A.V., Finnikov K.A. Numerical simulation of unsteady cavitating turbulent flow in water turbine // Proc. of 6th International Symposium. On Turbulence, Heat and Mass Transfer. – Rome, 2009. – P. 835-838.
- 34 Высоцкий С. Наводнение. – М.: Современник, 2015. – 352 с.
- 35 Орлова Е.В. Определение географических и гидрологических характеристик водных объектов с использованием ГИС технологий: автореф. ... канд.т.наук. – СПб., 2008. – 27 с.
- 36 Беликов В.В., Милитеев А.Н., Прудовский А.М. и др. Оценка параметров прорывного паводка при составлении декларации безопасности ГТС // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Гидравлика гидротехнических сооружений. – СПб., 2002. – Т.240. – С. 145-151.
- 37 Андерсен П., Таннехилл Дж, Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: в 2-х т. – М.: Мир. 1990. – Т.1. – 384 с., – Т.2. – 726 с.
- 38 Прохоров А.М. Плотина. Большая Советская энциклопедия: в 30 т. – 3-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1975. – Т. XX. – С. 46-47. – 608 с.

39 Международная комиссия по большим плотинам. Типы плотин. [Электронный ресурс]. URL: http://www.cawater-info.net/int_org/icold/dam_types.htm (дата обращения: 20.01.2019).

40 F. Aureli, P. Mignosa, M. Tomirotti. Numerical simulation and experimental verification of dam-break flows with shocks // Journal of Hydraulic research. Transactions on Ecology and the Environment, 2000. – Vol. 38. – № 3. – P. 387-394.

41 Прудовский А.М. Методика расчета зоны затопления и оценки выноса золошлакового материала при гидродинамической аварии на золоотвалах ТЭС СО 34.21.547-2005. СПб.: «ЕЭС России», 2006. – 33 с.

42 Плотина. Материал из Википедии. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0> (дата обращения: 27.02.2019).

43 Водоёмы, их назначение и классификация. [Электронный ресурс]. URL: http://landscape.totalarch.com/reservoirs_purpose_classification (дата обращения: 10.05.2019).

44 Стихийные бедствия и техногенные катастрофы. [Электронный ресурс]. Превентивные меры = Natural Hazards. Un Natural Disasters: The Economics of Effective Prevention. – М.: «Альпина Паблишер», 2012. – 312 с.

45 Закон Республики Казахстан от 11 апреля 2014 года № 188-V «О гражданской защите» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 07.01.2020 г.). Статья 42. Мероприятия гражданской защиты от наводнений, паводков, затоплений, обмеления морей и крупных водоёмов, селевых потоков, снежных лавин, оползней, обвалов. [Электронный ресурс]. URL: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31534450#pos=1368;-37 (дата обращения: 05.05.2020).

46 Ляпичев Ю.П. Гидротехнические сооружения: Учебн. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 302 с.

47 Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера // Системы обработки информации, 2015. – Вып. 3 (128). – С.140-143.

48 Абрахин С.И., Прокошев В.Г., Аракелян С.М. Математическое моделирование последствий прорыва плотины на реке с применением ГИС-технологий // XII Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика – 2005». – СПб.: СПБИТМО, 2005. – Т. 1. – С. 216-217.

49 Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 304 с.

50 Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З. К вопросу о проблемах разработки автоматизированных систем предупреждения и прогнозирования

прорыва дамб // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2018. – № 2(126). – С.136-139.

51 Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж. Определение методов и средств мониторинга уровня воды в водоемах // Сборник трудов XV междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии». – Сочи, 2018. – С. 62-65.

52 Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З. Су ресурстарын бақылауды дамытуға арналған іс-шаралар мен туындайтын мәселелер // Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ хабаршысы, 2020. – № 2(138). – Б. 365-369.

53 T.Zh. Mazakov, Sh.A. Dzhomartova, P. Kisala, G.Z. Ziyatbekova. New approaches for solving problems of the simulation of flood wales and breakthrough to justify protective measures // HERALD of the Kazakh – British Technical University. – Almaty, 2019. – № 4(51), – Vol. 16. – P. 138-144.

54 Тарарин А.М. Опыт применения изображений Земли из космоса и ГИС-технологий для мониторинга паводков и наводнений в России // ГОУ ВПО "Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород. – С. 340-344.

55 Центр космической системы дистанционного зондирования земли Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gharysh.kz/AboutKA_DZZ/ (20.04.2020).

56 Ibrayev, T., Badjanov, B., Li, M. Long-Term Monitoring and Water Resource Management in the Republic of Kazakhstan. In: Mueller, L., Saparov, A., Lischeid, G. (eds) // Novel measurement and assessment tools for monitoring and management of land and water resources in agricultural landscapes of Central Asia. Springer Environmental Science and Engineering, 2014. – P. 75-89.

57 Аэрокосмический мониторинг. Разработка средств и методов аэрокосмического мониторинга и геоинформационной системы Волжского бассейна: отчет о НИР / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т; рук. темы В.В. Найдено. [Электронный ресурс]. – Н. Новгород, 1999. – № ГР.01.9.50.001757. – 400 с.

58 Viola, P. Robust real-time object detection / P. Viola, M. Jones // Int. J. Comput. Vis. – 2001. – Vol. 57. – P. 137-154.

59 Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М: Наука, 1992. – 423 с.

60 Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Томского университета, 2002. – 128 с.

61 Чокин Ш.Ч., Байшев Б.Б., Григорьев В.А. Расчеты водохранилищ многоцелевого назначения. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1983. – 208 с.

62 Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года № 481-ІІ (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.10.2019 г.). Статья 25.

Водохозяйственные сооружения, имеющие особое стратегическое значение. URL: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=1042116#pos=33;-60 (дата обращения: 15.03.2020).

63 Платт Ч. Электроника: логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 448 с.

64 Иго Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 544 с.

65 Бокселл Дж, Изучаем Arduino. 65 проектов своими руками. – СПб.: Питер, 2017. – 400 с.

66 Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 464 с.

67 Nikora, V.I. Friction factor for rough-bed flows: Interplay of fluid stresses, secondary currents, nonuniformity, and unsteadiness // Proc., 33rd IAHR. – Vancouver, 2009. – P. 1246-1253.

68 Климович В.И., Прокофьев В.А. Расчет параметров волны прорыва и определение границы зоны затопления при аварии на ЗШО // Гидротехническое строительство, 2001. – № 1. – С. 38-44.

69 Shtork S.I., Vieira N.F., Fernandes E.C. On the identification of helical instabilities in a reacting swirling flow. – Fuel, 2008. – Vol. 87. – No. 10-11. – Pp. 2314-2321.

70 Coleman, Stephen. Dittrich, Andreas; Koll, Katinka; Aberle, Jochen; Geisenhainer, Peter (Hg.) Fluvial sediment transport and morphology: views from upstream and midstream. River Flow. – Bundesanstalt für Wasserbau, 2010. – P. 11-22.

71 Гидротехнические сооружения. Учебник для вузов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – Ч.1. – 576 с.

72 Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. – М.: «Радио и связь», 2006. – 96 с.

73 Фрайден Дж. Современные датчики. – М.: «Техносфера», 2005. – 592 с.

74 Алейников А.Ф. Гридчин В.А. Цапенко М.П. Датчики (перспективные направления развития). – Новосибирск: НГТУ, 2001. – 176 с.

75 Исимов Н.Т. Моделирование и разработка автоматизированной системы для мониторинга и управления социально-эпидемиологической ситуацией регионам Казахстана: дис. ... доктора философии (PhD): 6D070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение. – Алматы: 2020. – 102 с.

76 Алиаскар М.С., Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Исимов Н.Т., Амирханов Б.С., Мазакова А.Т. Автономная микропроцессорная система передачи климатических данных // Вестник КазНУ им. К.И. Сатпаева. – Алматы, 2019. – № 1 (131). – С. 371-377.

- 77 Карвинен Т., Карвинен К., Валтокари В. Делаем сенсоры: проекты сенсорных устройств на базе Arduino и RaspberryPi. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2017. – 432 с.
- 78 Шарапов В.М., Полищук Е.С. Датчики. – М.: Техносфера, 2012. – 624 с.
- 79 Вавилов В.Д., Тимошенко С.П., Тимошенко А.С. Макросистемные датчики физических величин. – М.: Техносфера, 2018. – 550 с.
- 80 Карвинен Т., Карвинен К., Валтокари В. Делаем сенсоры: проекты сенсорных устройств на базе Arduino и RaspberryPi. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2017. – 432 с.
- 81 Петин В.А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 320 с.
- 82 Белов А.В. Arduino: От азов программирования до создания практических устройств. – СПб.: Наука и техника, 2018. – 480 с.
- 83 Саймон Монк. Мейкерство. Arduino и Raspberry Pi. Управление движением, светом и звуком. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.
- 84 Яценков В.С. От Arduino до Omega: платформы для мейкеров шаг за шагом. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 304 с.
- 85 Саймон Монк. Электроника. Теория и практика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 1168 с.
- 86 Саймон Монк. Raspberry Pi. Сборник рецептов. Решение программных и аппаратных задач. – СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017. – 528 с.
- 87 Шарапов В.М., Минаев И.Г., Сотула Ж.В., Куницкая Л.Г. Электроакустические преобразователи. – М.: Техносфера, 2013. – 296 с.
- 88 F. Yusuf, G. Lang, M. Garrett. Modernization of BC Hydro's inundation modelling and mapping: a high resolution, flexible and responsive approach. – Whisler, 2009. – 55 p.
- 89 Nikitin N. V., Nicoud F., Wasistho B., Squires K. D., Spalart P. R. An approach to wall modeling in large-eddy simulations. // Phys. Fluids 12, 2000. – P. 1629-1632.
- 90 Korpakova V., Rappich V. Slope dependent morphometric analysis as a tool contributing to reconstruction of volcano evolution. Earth and Environmental Sciences, 2011. – P. 219-240. URL: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/24557.pdf> (online; accessed: 01.03.2020).
- 91 L. Canale, D. Wüthrich. Dam Break Analysis for Serra degli Ulivi Dam. 2014. – 10 p. URL: <https://www.researchgate.net/publication/283442112> (online; accessed: 15.03.2020).
- 92 Menter F.R. Zonal two equation k-turbulence models for aerodynamic flows // AIAA Paper, 1993. – № 93-2906. – 21 p.

93 Программа «Волна». Инструкция пользователя. – М.: ООО НПП «Титан-Оптима», 2006 г. – 80 с.

94 Шарабичев Ю. Продуктивность ученых: инструменты оценки // Наука и инновации, 2013. – № 1(119). – С. 4–7.

95 Прудовский А.М. Образование прорана при прорыве земляной плотины // В сб: Безопасность энергетических сооружений. М.: НИИЭС, 1998. – Вып. 2. – С. 67-79.

96 Писляков В.В. Методы оценки научного знания по показателям цитирования // Социологический журнал. – 2007. – № 1. – С. 128-140.

97 Тарарин А.М. Учет факторов сезонного затопления земель при экономической оценке земель поселений // Сб. матер. квалификационных и научных работ студентов и магистрантов вузов России и стран СНГ, отмеченных на международных, всероссийских и региональных конкурсах по разделу «Строительство и архитектура». – Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун., 2005. – Вып. 7. – С. 81 – 83.

98 Тарарин А.М. Полуавтоматическое определение границ зеркала воды по материалам дистанционного зондирования высокого разрешения // Архитектура, геоэкология, экономика.: сб. тр. аспирантов и магистрантов. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2006. – С. 371-374.

99 Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. – М.: Наука, 2007. – 279 с.

100 Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 312 с.

101 Александров Д.В., Зубарев А.Ю., Искакова Л.Ю. Прикладная гидродинамика. – ЮРАЙТ, 2018. – 110 с.

102 Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа. – Новосибирск: Наука, 1986. – 224 с.

103 Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.

104 Джомартова Ш.А. «Практические» интервальные вычисления // Вестник НАН РК, 2002. – №2. – С.41-46.

105 Nurdaulet, I., Talgat, M., Orken, M., Ziyatbekova, G. Application of fuzzy and interval analysis to the study of the prediction and control model of the epidemiologic situation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2018. – Vol. 96, – Issue 14, – P. 4358-4368.

106 Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж., Исимов Н.Т. Мазакова А.Т. Программа прогнозирования в реальном времени // Вестник Национальной инженерной академии. – Алматы, 2017. – № 4(66). – С. 27-32.

107 T. Mazakov, Sh. Jomartova, G. Ziyatbekova, M. Aliaskar. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout // Journal of Theoretical

and Applied Information Technology, 2020. – Vol. 98, – No 15. – P. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195.

108 Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высшая школа, 2002. – 840 с.

109 Алефельд Г., Херцбергер Ю. Введение в интервальные вычисления / пер. с англ. – М: Мир, 1987. – 360 с.

110 Калиткин Н.Н. Численные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 592 с.

111 Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А. Гидрология суши / учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 05.03.05 Прикладная гидрометеорология. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2018. – 80 с.

112 Хамутова М.В., Кушников В.А. Математическое моделирование характеристик наводнения, влияющих на величину ущерба // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: сб. науч. ст. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: СГТУ, 2015. – С. 41-44.

113 Андерсен П., Таннехилл Дж, Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: в 2-х т. – М.: Мир, 1990. – Т.1. – С. 384. – Т.2. – 726 с.

114 [Электронный ресурс]. URL: <http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/66329/1/978-5-8057-1012-5-2018-03.pdf>. (13.03.2019).

115 Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: в 2-х т. – М.: Мир. 1991. – Т.1. – 504 с., – Т.2. – 557 с.

116 Немировский А.А. Разработка метода формирования намывного хвостохранилища, устойчивого к ветровым потокам: диссертация ... канд.т.наук. – М.: 2016. – 131 с.

117 Снигур К.С. Математическое моделирование русловых процессов в каналах с песчано-гравийным основанием: диссертация ... физ.-мат.наук. – Комсомольск-на-Амуре: 2016. – 148 с.

118 Кюнж Ж.А., Холли Ф.М., Вервей А. Численные методы в задачах речной гидравлики: практическое применение / пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 255 с.

119 Климович В.И., Прокофьев В.А. Расчет параметров волны прорыва и определение границы зоны затопления при аварии на ЗШО // Гидротехническое строительство, 2001. – № 1. – С. 38-44.

120 Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бестужева А.С., Саинов М.П., Солдатов П.В., Толстиков В.В. Гидротехнические сооружения / учебник для вузов. Издательство Ассоциации Строительных Вузов. – М.: 2008. – Ч.1. – 576 с.

121 Храбрый А.И. Численное моделирование нестационарных турбулентных течений жидкости со свободной поверхностью: дис. канд.т.наук. – СПб.: 2014. – 154 с.

122 Тарасов Е.Б. Разработка методики оценки устойчивости насыпных и намывных дамб: автореф. ... канд.т.наук. – Екатеринбург, 2007. – 20 с.

123 Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера // Системы обработки информации, 2015. – Вып. 3(128). – С.140-143.

124 Мазакон Т.Ж., Джомартова Ш.А., Kisala P., Зиятбекова Г.З., Тогжанова К.О. Топырақ бөгеттерінің бұзылу процесін зерттеуді дамыту // АЭБУ хабаршысы. – 2020. – № 1(48). – Б. 131-137.

125 Климович В.И., Прокофьев В.А. Расчет параметров волны прорыва и определение границы зоны затопления при аварии на ЗШО // Гидротехническое строительство. –2001. – № 1. – С. 38-44.

126 Heller, V. Scale effects in physical hydraulic engineering models. Journal of Hydraulic Research, 2011. – Vol. 49. – №3. – P. 293-306.

127 Шарипханов С.Д., Раимбеков К.Ж., Кусаинов А.Б. Чрезвычайные ситуаций техногенного характера. Основные понятия и определения / учебное пособие. – Кокшетау: Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2015. – 102 с.

128 Прудовский А.М. Методика расчета зоны затопления и оценки выноса золошлакового материала при гидродинамической аварии на золоотвалах ТЭС СО 34.21.547-2005. – СПб.: «ЕЭС России», 2006. – 33 с.

129 Исмагилов Х.А. Гидравлические основы расчета противоселевых сооружений для предгорной зоны Средней Азии: автореф. ... д.т.н.: 05.23.16. – М.: 1991. – 46 с.

130 Пономарчук К.Р. Оценка параметров развития прорыва при разрушении грунтовой плотины // Природообустройство, 2011. – № 3. – С. 77-82.

131 Секисова И.А. Разработка и апробация системы оценки состояния гидротехнических сооружений речных низконапорных гидроузлов: дис. ... канд.т.наук: 05.23.07. – М.: 2008. – 230 с.

132 Плеханов П.А. Гидрологическиериски природногохарактера и их предупреждение в Казахстане // Центрально-азиатский журнал исследований воды, 2017. – № 3. – С. 19-25.

133 Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1980. – 618 с.

134 Черных О.Н., Волков В.И., Алтунин В.И. Проблемы безопасности территорий нижнего бьефа столичных прудов // Природообустройство, 2017. – № 1. – С. 47-55.

- 135 Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. – М.: Наука, 1986. – 328 с.
- 136 Гонсалвес Э. Изучаем Java EE 7. – М.: Питер, 2016. – 640 с.
- 137 Хабибуллин И. Самоучитель Java. – М.: БХВ-Петербург, 2014. – 768 с.
- 138 Монахов В. Язык программирования Java и среда NetBeans (+ CD-ROM). – М.: БХВ-Петербург, 2012. – 720 с.
- 139 Дьяконов В. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 384 с.
- 140 Курбатова Е.А. MATLAB 7. Самоучитель. – М.: Вильямс, 2006. – 256 с.
- 141 И.В. Черных. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – 1-е изд. – 2007. – 288 с.
- 142 Клепинин В.Б., Агафонова Т.П. Visual FoxPro 9.0. Наиболее полное руководство. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 1216 с.
- 143 Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEWIMAQVision. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
- 144 Li C.W., Gu J. 3D Layered-Integrated Modelling of Mass Exchange in Semi-Enclosed Water Bodies // Journal of Hydraulic Research, 2001. – Vol. 39. – P. 403-411.
- 145 Программа развития Алматинской области на 2011-2015 годы. Управление экономики и бюджетного планирования алматинской области. – Талдыкурган, 2015. – 119 с.
- 146 T. Zh. Mazakov, P. Kisala, Sh. A. Jomartova, G. Z. Ziyatbekova, N. T. Karymsakova. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 5, No 403. – P. 116-124. URL: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.111> (11.12.2019).
- 147 Қызылағаш ауылындағы апатты оқиға. URL: <https://holanews.kz/view/news/4855188> (21.06.2018)
- 148 Казахстанцы внесли свою лепту. URL: <https://www.zakon.kz/5011320-kazhdyu-kazahstanets-vnes-svoyu-leptu.html> (29.11.2019).
- 149 Наводнение в посёлке Кызылағаш. URL: <https://ru.sputniknews.kz/regions/20200312/13056000/navodnenie-kyzylagash-poselok.html> (16.04.2019).

ҚОСЫМША А

Авторлық құқық нысанына құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы 4-куәлік

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

**АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ**

ҚУӘЛІК

2019 жылғы «12» қыркүйек № 5290

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
**ЗИЯТБЕКОВА ГУЛЗАТ ЗИЯТБЕКҚЫЗЫ, МАЗАКОВА ӘЙТЕРІМ ТАЛҒАТҚЫЗЫ, ШОРМАНОВ ТИМУР
СЕРИКХАНОВИЧ, АМИРХАНОВ БАУЫРЖАН САЙДАШЕВИЧ, ЖОЛМАГАМБЕТОВА БАХЫТТҮЛ
РЫСБЕКОВНА, ӘЛІАСКАР МАҒЖАН СҮНДЕТҮЛІ**

Авторлық құқық объектісі: ЭЕМ-ге арналған бағдарлама

Объектінің атауы: Комплекс программ трехмерной графики «3D-MAT»

Объектінің жасаған күні: 17.06.2019



Құжат түпнұсқарының <http://www.kazpatent.kz/> сайтының
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады. <https://copyright.kazpatent.kz>
Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП Оспанов Е.К.



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫН
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

2020 жылғы «17» қаңтар № 7576

Автордың (лардың) жөні, аты, әжесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
ЗИЯТБЕКОВА ГҮЛЗАТ ЗИЯТБЕКҚЫЗЫ, МАЗАКОВА ӘЙГЕРІМ ТАЛҒАТҚЫЗЫ, МАЗАКОВ
ТАЛҒАТ ЖАҚУПОВИЧ, ДЖОМАРТОВА ШОЛПАН АБТРАЗАКОВНА, ҚАРЫМСАКОВА-НҮРГУЛЬ
Г.Г. ТАЕВНА, АМИРХАНОВ БАУЫРЖАН САЙТАШЕВИЧ, ЖОЛМАҒАМБЕТОВА БАХЫТГУЛ
РЫСБЕКОВНА

Авторлық құқық объектісі: ЭЕМ-ге арналған бағдарлама

Объектінің атауы: Библиотека интервальных функций

Объектіні жасаған күні: 03.01.2020



Құжат түпнұсқалығын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады <https://copyright.kazpatent.kz>
Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](https://copyright.kazpatent.kz)
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Оспанов Е. К.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ

№ 7632 от «21» января 2020 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ав):
ЗИЯТБЕКОВА ГУЛЗАТ ЗИЯТБЕККЫЗЫ, МАЗАКОВ ТАЛГАТ ЖАКУПОВИЧ, ДЖОМАРТОВА
ШОЛПАН АБДРАЗАКОВНА, МАЗАКОВА ӘНГЕРІМ ТАЛҒАТКЫЗЫ, ҚАРЫМСАҚОВА НҮРГУЛЬ
ІСІТАЕВНА, ТҰРСЫНБАЙ АЙСҰЛУ ТАУАСАРКЫЗЫ, САМЕТОВА АНГЕРІМ АЙДАРКЫЗЫ

Вид объекта авторского права: программа для ЭВМ

Название объекта: Система Аналитических Вычислений

Дата создания объекта: 05.01.2020



Копия удостоверения по адресу <http://www.kazpatent.kz/> или главной
«Авторской службы» Республики Казахстан по адресу <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте kazpatent.kz
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Оспанов Е. К.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР
ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ

№ 12221 от «29» сентября 2020 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ав):

МАЗАКОВ ТАЛГАТ ЖАКУПОВИЧ, ЗИЯТБЕКОВА ГУЛЗАТ ЗИЯТБЕКҚЫЗЫ, ӘЛІАСҚАР МАҒЖАН СҮНДЕТҰЛЫ

Вид объекта авторского права: программа для ЭВМ

Название объекта: Система мониторинга риска прорыва плотины

Дата создания объекта: 21.09.2020



Құжат түпнұсқасын <http://www.kazpatent.kz> сайтының
"Авторлық құқық" бөлімінде тегсеруге болады <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Куантыров Е.С.

ҚОСЫМША Ә

Су деңгейін анықтауға арналған скетч

```
/*  
  
HC-SR04 ultrasonic distance sensor with DHT11, I2C LCD and Arduino example  
code.  
  
More info: https://www.makerguides.com  
  
*/  
  
// Include Adafruit sensor library:  
  
#include <Adafruit_Sensor.h> // https://github.com/adafruit/Adafruit\_Sensor  
  
// Include Adafruit DHT library:  
  
#include <DHT.h> // https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library  
  
#include <Wire.h> // Library for I2C communication  
  
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library for LCD  
  
// Define Trig pin, Echo pin and DHTPin:  
  
#define trigPin 2  
  
#define echoPin 3  
  
#define DHTPin 4  
  
// Define SDA and SCL pin from LCD:  
  
#define SDAPin A4 // Data pin  
  
#define SCLPin A5 // Clock pin  
  
// Connect to LCD via i2c, default address 0x27 (A0-A2 not jumpered):  
  
LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27,20,4);  
  
// Define DHT sensor type:  
  
#define DHTType DHT11  
  
// Define variables:
```

```

long duration;

int distance;

float speedofsound;

// Create a DHT sensor object:
DHT dht = DHT(DHTPin,DHTType);

void setup() {

  // Define inputs and outputs:
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  dht.begin();

  // Initiate the LCD:
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  // Begin Serial communication at a baudrate of 9600:
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  // Clear the trigPin by setting it LOW:
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(5);

  // Trigger the sensor by setting the trigPin high for 10 microseconds:
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Read the echoPin. This returns the duration (length of the pulse) in
  microseconds:

```

```

duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

// Read the temperature:

int temperature = dht.readTemperature();

// Calculate speed of sound in m/s:

speedofsound = 331.3+(0.606*temperature);

// Calculate the distance in cm:

distance = duration*(speedofsound/10000)/2;

// Print the distance and temperature on the Serial Monitor:

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("Temperature: ");

lcd.print(temperature);

lcd.print(" " "\xDF" "C");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Speed: ");

lcd.print(speedofsound);

lcd.print(" m/s ");

lcd.setCursor(0,2);

lcd.print("Distance: ");

lcd.print(distance);

lcd.print(" cm ");

delay(100);

}

```


ҚОСЫМША Б

Сенсорларды іске қосуға арналған скетч

```
#include <Adafruit_Sensor.h> // Adafruit датчиктерінің кітапханасы
#include <DHT.h> // DHT11 Температура датчигінің
#include <Wire.h> // I2C дисплей байланысына арналған кітапхана
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // I2C дисплейіне арналған кітапхана

// Define Trig pin, Echo pin and DHTPin:
#define trigPin 2
#define echoPin 3
#define DHTPin 4

// Define SDA and SCL pin from LCD:
#define SDAPin A4 // Data pin
#define SCLPin A5 // Clock pin

// Connect to LCD via i2c, default address 0x27 (A0-A2 not jumpered):
LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27,20,4);

// Define DHT sensor type:
#define DHTType DHT11

// Define variables:
long duration;
int distance;
float speedofsound;

// Create a DHT sensor object:
DHT dht = DHT(DHTPin,DHTType);

void setup() {
  // Define inputs and outputs:
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);

  dht.begin();

  // Initiate the LCD:
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  // Begin Serial communication at a baudrate of 9600:
```

```

Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Clear the trigPin by setting it LOW:
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(5);

  // Trigger the sensor by setting the trigPin high for 10 microseconds:
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Read the echoPin. This returns the duration (length of the pulse) in
  microseconds:
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

  // Read the temperature:
  int temperature = dht.readTemperature();

  // Read the humidity:
  int humidity = dht.readHumidity();

  // Calculate speed of sound in m/s:
  speedofsound = 331.3+(0.606*temperature);

  // Calculate the distance in m:
  distance = duration*(speedofsound/10000)/2;

  // Print the distance and temperature on the Serial Monitor:
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Температура:");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print("\xDF" "C ");
  lcd.print("БЛҒАЛДЫЛЫҚ:");
  lcd.print(humidity);
  lcd.print("%");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("ҚАШЫҚТЫҚ:");
  lcd.print(distance);
  lcd.print("m ");
  lcd.print("Дәреже:");
  if(distance > 17)
  {

```

```
    lcd.print("Қауіпсіз");  
  }  
  if(distance >= 7 && distance <= 17)  
  {  
    lcd.print("Дабыл қағу");  
  }  
  if(distance < 7)  
  {  
    lcd.print("Апатты");  
  }  
  delay(100);  
}
```

ҚОСЫМША В

«Дихотомия» әдісі бағдарламасының мәтіні

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
Const eps=0.005;
var ch,Sp:string;
H0,H1,H2,H3,H4,L0,L1,L2,L3,L4,W0,W1,W2,W3,W4: real;
S0,S1,S2,S3,S4,V0,V1,V2,V3,V4: real;
Dt,Тр, dx, gx, fxy, xn, xk, xp:real;
i, k: integer;

fotl:TextFile;

Procedure S(x:real; Var sx: real);
begin
  sx:=(W1*H0+(W0-W1)*(H1-x))*(L1*H0+(L0-L1)*(H1-x))/(h0*h0);
End; {End Procedure}
Procedure G(x:real; Var gx: real);
var sx:real;
begin
  S(x,sx);
  gx:=S2+Sqrt(S2*sx)+sx;
End; {End Procedure}
Procedure F(x,y:real; Var fx: real);
var gy:real;
begin
  G(y,gy);
  fx:=x*gy-3*V2;
End; {End Procedure}
begin
AssignFile(fotl,'rez.txt'); rewrite(fotl);
{первоначальные значения параметров}
Sp:=' ';

Dt:=0.5;
H0:=45.0; H1:=10.0; H3:=30.0;
for i:=1 to 3 do
begin
ch:=' Номер варианта расчета i=='+IntToStr(i);
if (i=1) then ch:= ch+' Прямоугольный водоем';
if (i=2) then ch:= ch+' Трапецеидальный водоем';
if (i=3) then ch:= ch+' Пирамидальный водоем';
Writeln(fotl,ch);
```

```

if (i=1) then begin L0:=4000.0; L1:=4000.0; W0:=250.0; W1:=250.0;end;
if (i=2) then begin L0:=4000.0; L1:=4000.0; W0:=300.0; W1:=300.0;end;
if (i=3) then begin L0:=3900.0; L1:=4100.0; W0:=300.0; W1:=300.0;end;
L2:=(L1*H0+(L0-L1)*H1)/H0;
W2:=(W1*H0+(W0-W1)*H1)/H0;
L3:=3000.0; W3:=200;
S0:=L0*W0; S1:=L1*W1; S2:=L2*W2; S3:=L3*W3;
V0:=(1.0/3.0)*H0*(S1+sqrt(S1*S0)+S0);
V1:=(1.0/3.0)*H1*(S1+sqrt(S1*S3)+S3);
V2:=(1.0/3.0)*H2*(S1+sqrt(S1*S3)+S3);
V3:=V0-V1-V2;
H2:=H0-H1-H3;
V1:=0.5*(S1+S3)*H1; V2:=0.5*(S2+S3)*H2; V3:=0.5*(S0+S3)*H3;
ch:='H0 = '+FormatFloat('#####0.00',H0)+Sp;
ch:=ch+'H1 = '+FormatFloat('#####0.00',H1)+Sp;
ch:=ch+'H2 = '+FormatFloat('#####0.00',H2)+Sp;
ch:=ch+'H3 = '+FormatFloat('#####0.00',H3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='L0 = '+FormatFloat('#####0.00',L0)+Sp;
ch:=ch+'L1 = '+FormatFloat('#####0.00',L1)+Sp;
ch:=ch+'L2 = '+FormatFloat('#####0.00',L2)+Sp;
ch:=ch+'L3 = '+FormatFloat('#####0.00',L3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='W0 = '+FormatFloat('#####0.00',W0)+Sp;
ch:=ch+'W1 = '+FormatFloat('#####0.00',W1)+Sp;
ch:=ch+'W2 = '+FormatFloat('#####0.00',W2)+Sp;
ch:=ch+'W3 = '+FormatFloat('#####0.00',W3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='S0 = '+FormatFloat('#####0.00',S0)+Sp;
ch:=ch+'S1 = '+FormatFloat('#####0.00',S1)+Sp;
ch:=ch+'S2 = '+FormatFloat('#####0.00',S2)+Sp;
ch:=ch+'S3 = '+FormatFloat('#####0.00',S3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='V0 = '+FormatFloat('#####0.00',V0)+Sp;
ch:=ch+'V1 = '+FormatFloat('#####0.00',V1)+Sp;
ch:=ch+'V2 = '+FormatFloat('#####0.00',V2)+Sp;
ch:=ch+'V3 = '+FormatFloat('#####0.00',V3);
Writeln(fotl,ch);
Tp:=(V1/V2)*Dt;
ch:=' Tp == '+FormatFloat('#####0.00',Tp);
ch:=ch+' Точность Eps = '+FormatFloat('###0.0000',eps);
Writeln(fotl,ch);
k:=0;

```

```

xn:=eps;
xk:=H0;
repeat
k:=k+1;
xp:=(xk+xn)/2.0;
f(xp,xp,fx);
if (fxy < 0.0) then xn:= xp else xk:=xp;
dx:=abs(xk-xn);
ch:=' Итерация == ';
if(k<10) then ch:=ch+' ';
ch:=ch+IntToStr(k)+' xn == '+FormatFloat('#####0.00',xn)+Sp;
ch:=ch+' xk == '+FormatFloat('#####0.00',xk)+Sp;
Writeln(fotl,ch);
until (dx<eps);
ch:=' xp == '+FormatFloat('#####0.00',xp)+Sp;
Writeln(fotl,ch);

end; { zikl i }

CloseFile(fotl);
ch:='Finish';
ShowMessage(ch);
end;

```

ҚОСЫМША Г

«Псевдо-линеаризация» әдісі бағдарламасының мәтіні

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
Const eps=0.005;
var ch,Sp:string;
H0,H1,H2,H3,H4,L0,L1,L2,L3,L4,W0,W1,W2,W3,W4: real;
S0,S1,S2,S3,S4,V0,V1,V2,V3,V4: real;
Dt,Tr, dx, gx, fxy, xn, xk, xp:real;
i, k: integer;

fotl:TextFile;

Procedure S(x:real; Var sx: real);
begin
  sx:=(W1*H0+(W0-W1)*(H1-x))*(L1*H0+(L0-L1)*(H1-x))/(h0*h0);
End; {End Procedure}
Procedure G(x:real; Var gx: real);
var sx:real;
begin
  S(x,sx);
  gx:=S2+Sqrt(S2*sx)+sx;
End; {End Procedure}
Procedure F(x,y:real; Var fx: real);
var gy:real;
begin
  G(y,gy);
  fx:=x*gy-3*V2;
End; {End Procedure}
begin
AssignFile(fotl,'rez.txt'); rewrite(fotl);
{первоначальные значения параметров}
Sp:= ' ';

Dt:=0.5;
H0:=45.0; H1:=10.0; H3:=30.0;
for i:=1 to 3 do
begin
ch:=' Номер варианта расчета i=='+IntToStr(i);
if (i=1) then ch:= ch+' Прямоугольный водоем';
if (i=2) then ch:= ch+' Трапецеидальный водоем';
if (i=3) then ch:= ch+' Пирамидальный водоем';
Writeln(fotl,ch);
```

```

if (i=1) then begin L0:=4000.0; L1:=4000.0; W0:=250.0; W1:=250.0;end;
if (i=2) then begin L0:=4000.0; L1:=4000.0; W0:=300.0; W1:=300.0;end;
if (i=3) then begin L0:=3900.0; L1:=4100.0; W0:=300.0; W1:=300.0;end;
L2:=(L1*H0+(L0-L1)*H1)/H0;
W2:=(W1*H0+(W0-W1)*H1)/H0;
L3:=3000.0; W3:=200;
S0:=L0*W0; S1:=L1*W1; S2:=L2*W2; S3:=L3*W3;
V0:=(1.0/3.0)*H0*(S1+sqrt(S1*S0)+S0);
V1:=(1.0/3.0)*H1*(S1+sqrt(S1*S3)+S3);
V2:=(1.0/3.0)*H2*(S1+sqrt(S1*S3)+S3);
V3:=V0-V1-V2;
H2:=H0-H1-H3;
V1:=0.5*(S1+S3)*H1; V2:=0.5*(S2+S3)*H2; V3:=0.5*(S0+S3)*H3;
ch:='H0 = '+FormatFloat('#####0.00',H0)+Sp;
ch:=ch+'H1 = '+FormatFloat('#####0.00',H1)+Sp;
ch:=ch+'H2 = '+FormatFloat('#####0.00',H2)+Sp;
ch:=ch+'H3 = '+FormatFloat('#####0.00',H3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='L0 = '+FormatFloat('#####0.00',L0)+Sp;
ch:=ch+'L1 = '+FormatFloat('#####0.00',L1)+Sp;
ch:=ch+'L2 = '+FormatFloat('#####0.00',L2)+Sp;
ch:=ch+'L3 = '+FormatFloat('#####0.00',L3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='W0 = '+FormatFloat('#####0.00',W0)+Sp;
ch:=ch+'W1 = '+FormatFloat('#####0.00',W1)+Sp;
ch:=ch+'W2 = '+FormatFloat('#####0.00',W2)+Sp;
ch:=ch+'W3 = '+FormatFloat('#####0.00',W3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='S0 = '+FormatFloat('#####0.00',S0)+Sp;
ch:=ch+'S1 = '+FormatFloat('#####0.00',S1)+Sp;
ch:=ch+'S2 = '+FormatFloat('#####0.00',S2)+Sp;
ch:=ch+'S3 = '+FormatFloat('#####0.00',S3);
Writeln(fotl,ch);
ch:='V0 = '+FormatFloat('#####0.00',V0)+Sp;
ch:=ch+'V1 = '+FormatFloat('#####0.00',V1)+Sp;
ch:=ch+'V2 = '+FormatFloat('#####0.00',V2)+Sp;
ch:=ch+'V3 = '+FormatFloat('#####0.00',V3);
Writeln(fotl,ch);
Tp:=(V1/V2)*Dt;
ch:=' Tp == '+FormatFloat('#####0.00',Tp);
ch:=ch+' Точность Eps = '+FormatFloat('###0.0000',eps);
Writeln(fotl,ch);
xn:=eps; k:=0;

```



```

repeat
k:=k+1;
g(xn,gx);
xk:=3*V2/gx;
dx:=abs(xk-xn);
ch:=' Итерация == ';
if(k<10) then ch:=ch+' ';
ch:=ch+IntToStr(k)+' xn == '+FormatFloat('#####0.00',xn)+Sp;
xn:=xk;
Writeln(fotl,ch);
until (dx<eps);
ch:=' xp == '+FormatFloat('#####0.00',xk)+Sp;
Writeln(fotl,ch);
end; {zicl i}

CloseFile(fotl);
ch:='Finish';
ShowMessage(ch);
end;

```