

## СУ ҚАУІПСІЗДІГІ: ФОРСАЙТ-ЗЕРТТЕУЛЕР ПРИЗМАСЫ АРҚЫЛЫ НЕГІЗГІ АСПЕКТИЛЕР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР

С.Қ. Әлімқұлов *г.ғ.к.*, Л.К. Махмудова\* *г.ғ.к.*

«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан  
E-mail: [makhmudovalk@gmail.com](mailto:makhmudovalk@gmail.com)

Қазіргі әлемде су қауіпсіздігі мәселелері барған сайын өзекті бола түсуде және қоғамның тұрақты дамуын қамтамасыз етуде шешуші мәнге ие болуда. Әлемдік қоғамдастық алдында су көздерінің ластану қаупі, климаттың өзгеруі, экожүйелердің тұрақсыздығы және су ресурстарын тиімсіз басқару сияқты күрделі міндеттер тұр. Бұл мәселелерді шешу тек шұғыл шараларды ғана емес, сонымен бірге болашақта су қауіпсіздігінің сақталуын қамтамасыз етуге қабілетті ұзақ мерзімді стратегияларды қажет етеді. Ғылыми-зерттеу жұмысы форсайт-зерттеу әдістерін пайдалана отырып, су қауіпсіздігі саласындағы заманауи мәселелерге және оларды шешудің ықтимал стратегиялық шешімдеріне талдамалық шолуды ұсынады. Мақалада қазіргі әлемдегі су ресурстарының алдында тұрған өзекті қауіптер мен сын-қатерлерге назар аударылып, осы саладағы форсайт-зерттеулер әдістерін қолданудың артықшылықтары мен тиімділігі талқыланады. Жүргізілген ғылыми зерттеулер аясында су шаруашылығы саласындағы ағымдағы жағдайды талдау және ықтимал өзгерістерді болжау арқылы болашақта су қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін стратегиялық жоспарлаудың негізгі бағыттары көрсетілген.

**Түйін сөздер:** су қауіпсіздігі, форсайт-зерттеулер, су ресурстарын басқару, тұрақты даму, тұжырымдама.

Қабылданды: 30.04.24

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-114-3-114-128

### КІРІСПЕ

Су ресурстары Тұрақты даму мақсаттарын (ТДМ) жүзеге асыруда негізгі орынды алады. Дүниежүзілік су кеңесі қауіпсіз суға қол жеткізуді барлық ТДМ-ын жүзеге асыру үшін қажетті шарт деп санайды. Сондықтан суды өзіндік құнды ресурс ретінде ғана емес, сонымен бірге азық-түлік немесе энергетикалық қауіпсіздікке қол жеткізу, өмір сүру құралдарын жақсарту, әйелдердің мүмкіндіктерін кеңейту, аурулардың алдын алу, экожүйелерді қорғау, жаһандық өзгерістерге немесе басқа да көптеген салаларға төзімділікті арттыру, дамудың барлық басқа бағыттарын жүзеге асырудың қажетті шарты ретінде қарастыру қажет (Braga B., 2018). Мұндай түсінік жалпы адам өмірінің қауіпсіздігімен тығыз байланысты, бұл әлемдегі су қауіпсіздігі мәселелеріне деген қызығушылықтың артуынан көрінеді.

Су қауіпсіздігі негізгі мақсаты су ресурстарын басқаруды қамтитын тұжырымдаманы білдіреді (Van Beek E. and

Arriens W.L., 2014). Соңғы онжылдықтарда көптеген пікірталастар мен тақырыптық басылымдардан тұжырымдама әлі де дамып келетінін, жалпы қабылданған тұжырымдамалық және теориялық негізі жоқ екенін байқауға болады. Қолданыстағы су қауіпсіздігі тұжырымдамаларының көбісі субъективті, ғалымның көзқарасы мен мүдделеріне, нақты бағдарламаларға байланысты (Chiluwe Q.W. and Claassen M., 2020). Дегенмен, су қауіпсіздігі қарқынды дамып келеді, дамудың императиві ретінде су қауіпсіздігі туралы жалпы түсінік артып келеді. Өртүрлі анықтамалар жалпы негізгі құрамдас бөліктерді құрайды: су ресурстарының жеткілікті және сенімді болуын қамтамасыз ету; сумен байланысты қауіптерді азайту (Van Beek E. and Arriens W.L., 2014; Chiluwe Q.W. and Claassen M., 2020; Medeu A.P. және т.б., 2016; Grey D. and Sadoff C.W., 2007; Water Security..., 2013; Abbas F. et al., 2023; Gerlak A.K. et al., 2023; Quandt A. et al., 2022).

Демек, су қауіпсіздігі нәтижелерге

көбірек көңіл бөледі және осылайша су ресурстарын интегралды басқару тұжырымдамасынан ерекшеленеді (Van Beek E. and Arriens W.L., 2014). Су қауіпсіздігі тұжырымдамасын іс жүзінде қолдану әлі де шектеулі, СРИБ (су ресурстарын интегралды басқару) көптеген елдерде тек басшылық қағидаттары ретінде үлкен қиындықтармен жүзеге асырылуда. Дегенмен, жақын болашақтағы су қауіпсіздігінің мақсаттарымен байланыстыра отырып, су ресурстарын басқаруға интегралды көзқарас қоғам мен су арасындағы қарым-қатынасты кең мағынада дамытудың негізгі бағдары болып табылады. Ал бұл қарым-қатынастардың негізгі принциптері мен тәсілдері және олардың жалпыадамзаттық мақсаттары – Тұрақты даму мақсаттары тұрғысынан дамуы талдаудың, түсінудің және болжаудың, ең бастысы, іс-әрекетке арналған нұсқаулықтарды әзірлеудің негізі болып табылады.

### МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Ғылыми мақаланы жазудың әдіснамалық негізі түрлі ғылыми басылымдарда (Scopus және Web of Science ғылыми дерекқорларының халықаралық рецензияланатын журналдары, БҰҰ-ның су ресурстары туралы баяндамалары, Дүниежүзілік Банктің су қауіпсіздігі және тұрақты даму бойынша есептері, су қауіпсіздігі жөніндегі ұлттық және аймақтық стратегиялары) жарияланған форсайт-зерттеулер саласындағы ғылыми жұмыстар болды. Бұл жұмыста қолданылған зерттеу әдістері келесідей:

– тиісті зерттеулерді іздеу – Scopus және Web of Science ғылыми дерекқорларындағы материалдарды іздеу кезінде қолданылды;

– мазмұнды талдау әдісі – әдебиеттерге жүйелі шолу жасауда және ғылыми мақалаларды, баяндамаларды және стратегияларды тестілік талдауда су қауіпсіздігі мәселелері мен форсайт-зерттеу мәселелерін шешуде негізгі әдістерін анықтауда қолданылды;

– мета-анализ әдісі – су қауіпсіздігі саласындағы форсайт-зерттеулер бойынша бірнеше тәуелсіз зерттеулердің нәтижелерін біріктіру, су ресурстарын дамытудың болашақ сценарийлерімен байланысты жалпы

тенденцияларды анықтауда қолданылды;

– статистикалық талдау – су қауіпсіздігін басқарудың түрлі стратегиялары мен тәсілдерінің тиімділігін бағалауда қолданылды;

– SWOT талдаудың кешенді әдісі – түрлі су қауіпсіздігі стратегияларының күшті және әлсіз жақтарын бағалауда қолданылды;

– PESTEL кешенді талдау әдісі – су қауіпсіздігіне әсер ететін саяси, экономикалық және экологиялық факторларды талдауда қолданылды.

### НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Соңғы онжылдықтарда су ресурстарының күрделі мәселелері айқындала түсті. Әлемдік ауқымдағы су балансының жай-күйі ең жоғары «қауіптілік деңгейін» көрсетуі мүмкін (Бойкова М.В., Крупникова Д.Б., 2010). Халық санының көбеюі, ауыл шаруашылығында суды тұтынудың артуы және климаттың өзгеруі су ресурстарына айқын қысым жасауда. Бұл мәселенің мойындау және оны шешу үшін әрекет ету қажеттілігі барған сайын өзекті бола түсуде. Бұл мәселені шешудің негізгі аспектілерінің бірі су экожүйелерін тиімді пайдалану мен қорғауды қоса алғанда, су ресурстарын тұрақты басқару болып табылады.

Су қауіпсіздігі – бұл су ресурстарының қауіпсіздігін қамтамасыз етудің және оларды тұрақты басқарудың әртүрлі аспектілерін қамтитын тұжырымдама. Су қауіпсіздігінің негізгі құрамдас бөліктеріне мыналар жатады: судың жеткілікті мөлшері мен сапасын қамтамасыз ету; су тасқыны қаупін азайту; құрғақшылық қаупін азайту; судың ластануын болдырмау; су ресурстарын бірлесіп басқару. Демек, су қауіпсіздігі қоршаған орта үшін ғана емес, сонымен бірге экономиканың тұрақтылығы мен әлеуметтік дамуын қамтамасыз ету үшін де маңызды. Суды интегралды басқару процестерінде жүзеге асырылатын адаптивті басқару әр түрлі деңгейдегі су қауіпсіздігіне қол жеткізудің шешуші факторы болып табылады (Van Beek E. and Arriens W.L., 2014).

Зерттеулерге сәйкес (Медеу А.Р. және т.б., 2012), су қауіпсіздігі деп қоғамның өмірлік маңызды мүдделерінің (адам денсаулығы, тіршілік ету ортасы, өндіріс)

гидрологиялық қауіптерден қорғалуының жай-күйін түсіну керек, әрі қарай мәтін бойынша ... «суға тәуелді табиғи және антропогендік құбылыстар мен процестер, сондай-ақ белгілі бір жағдайларда қоғамға зиян келтіруі мүмкін су объектілерінің қасиеттері (ағын көлемінің азаюы, ағын режимінің өзгеруі, ағын сапасының нашарлауы) гидрологиялық қауіптер деп түсініледі».

Маңыздысы, су қауіпсіздігіне қатысты нақты тәсілдер уақыт өте келе өзгеруі мүмкін және оларға әртүрлі факторлар, соның ішінде саяси өзгерістер мен жаһандық экологиялық сын-қатерлер әсер етуі мүмкін. Мемлекеттік жүйе мен саясат су қауіпсіздігі саласындағы стратегиялар мен шешімдерді қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Әрбір елдің су ресурстарын басқарудың өзіндік тәжірибесі мен әдістері бар, ал су қауіпсіздігін бағалау саясатты, мәдени ерекшеліктерді және географиялық орналасуды қоса алғанда, көптеген факторларға тәуелді (Abbas F. et al., 2023; Gerlak A.K. et al., 2023; Quandt A. et al., 2022).

Су қауіпсіздігі – бұл таза және қауіпсіз суға қолжетімділікті қамтамасыз етудің, су ресурстарын басқарудың және су қатерлерінен қорғаудың әртүрлі аспектілерін қамтитын тұжырымдама. Су қауіпсіздігін шешу тәсілдері елдің мемлекеттік жүйесі мен саясатына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін:

I. Орталықтандырылған және авторитарлық тәсіл. Қытай, Солтүстік Корея, Сауд Арабиясы, Түркіменстан сияқты орталықтандырылған басқару күшті елдерде мемлекет су ресурстары саласында негізгі шешімдерді қабылдай алады. Бұл тәсіл суды пайдалануды қатаң реттеуге, мониторингке және бақылауға бағытталған. Мемлекет су ресурстарын басқару үшін бөгеттер мен каналдар сияқты ірі инфрақұрылымдық жобаларға инвестиция сала алады.

II. Орталықтандырылмаған және либералды тәсіл. Еуропалық Одақтың кейбір елдері сияқты либералды саясаты бар елдерде басты назар нарықтық механизмдерге және жеке қатысуға ауысуы мүмкін. Аталған тәсіл су секторындағы бәсекелестікті, инновацияларды және жеке инвестицияларды ынталандыруға бағытталған. Мемлекет

реттеуші рөлін атқара алады, құқықтық және экологиялық сенімділікті қамтамасыз ете алады.

III. Икемді немесе аралас тәсіл. Көптеген елдер су ресурстарын басқаруда орталықтандыру және орталықсыздандыру элементтерін біріктіре алады. Бұл тәсіл мемлекеттің мүдделерін де, жергілікті қоғамдастықтар мен жеке компаниялардың қажеттіліктерін де ескере алады. Мемлекет әртүрлі мүдделі тараптар арасында реттеуші және үйлестіруші рөлін атқара алады.

Су ресурстарын басқаруда мемлекеттің толық қатысуы бар елдерде су қауіпсіздігінің оң және теріс аспектілері болуы мүмкін. Жағымды жақтары:

– тиімді басқару (мемлекеттік басқару су ресурстарының тиімді бөлінуін және бақылануын қамтамасыз ете алады, осылайша су тапшылығының алдын алуға және жоюға ықпал етеді);

– қоршаған ортаны қорғау (мемлекет су экожүйелері мен биоәртүрлілікті қорғаудың қатаң ережелері мен стандарттарын жүзеге асыра алады);

– инфрақұрылым (мемлекеттің қатысуы көбінесе маңызды су инфрақұрылымын құруға ықпал етеді: бөгеттер, каналдар және сумен жабдықтау жүйелері).

Жағымсыз аспектілер: билікті орталықтандыру (үкіметтің толық араласуы биліктің орталықтандырылуына әкелуі мүмкін, бұл жергілікті қоғамдастықтардың қажеттіліктері мен мүдделерін әрдайым ескере бермеуі мүмкін); бюрократия (тым көп бюрократия мен шектеулер шешім қабылдау мен жаңа технологияларды енгізу процестерін баяулатуы мүмкін); инновацияларды тежеу (кейбір жағдайларда мемлекеттік реттеудің тым қатаңдығы суды тиімді басқарудағы инновациялар мен дамуды тежеуі мүмкін).

Су ресурстарын басқаруға либералды көзқарасы бар елдерде, әдетте, мемлекеттің аз араласу принципі сақталады, ал су ресурстарын нарықтық және жеке субъектілер белсенді түрде реттей алады. Мұндай елдердегі су қауіпсіздігінің маңызды аспектілеріне мыналар жатады:

– нарықтық бәсекелестік (жеке компаниялар мен субъектілер су ресурстарын

басқару мен бөлуге көбірек қатыса алады, бұл бәсекелестік пен тиімділікті арттыруға ықпал етуі мүмкін);

– инновациялар және инвестициялар (либералдық саясат су саласындағы инвестициялар мен инновацияларды ынталандыруы мүмкін, бұл су ресурстарын басқарудың жаңа технологиялары мен әдістерінің дамуына ықпал етеді);

– нарықтық қатынастарға негізделген реттеу (нарықтық тетіктер су ресурстарын пайдалануды, оның ішінде баға белгілеуді және су квоталарымен сауданы реттеу үшін қолданыла алады).

Дегенмен, либералдық көзқарастың жағымсыз жақтары да болуы мүмкін, мысалы, суды басқарудың әлеуметтік және экологиялық аспектілеріне жеткіліксіз назар аудару ықтималдығы, сондай-ақ монополиялану қауіптерді және жергілікті қауымдастықтардың мүдделерін жеткіліксіз қорғау. Еркін нарық пен суды үнемдеу және барлық азаматтардың суға қолжетімділігін қамтамасыз ету жөніндегі міндеттемелер арасындағы тепе-теңдікті сақтау маңызды.

Су саласындағы жоспарлы шаруашылық тұрақты пайдалануды және су қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында су ресурстарын стратегиялық жоспарлау мен басқаруды көздейді. Бұған көптеген мысалдар келтіруге болады:

Су ресурстарын дамыту жоспары – аймақтағы су ресурстарының қалай пайдаланылатынын және сақталуын анықтайтын ұзақ мерзімді жоспар құра отырып, бұл жоспарға бөгеттер салу, су қоймаларын құру және су ағынын реттеу бойынша іс-шаралар кіруі мүмкін.

Сумен жабдықтау және суды тазарту жоспары – барлық азаматтарды таза ауыз сумен қамтамасыз етудің стратегиялық жоспарын әзірлеу, бұл жоспарға сумен жабдықтау инфрақұрылымы мен тазарту имараттарын салу және жаңарту кіруі мүмкін.

Климаттың өзгеруіне бейімделу жоспары – су жүйелерін ықтимал өзгерістерге бейімдеу жоспарын әзірлеу атмосфералық жауын-шашын, ауа температурасында өзгермелі климаттық жағдайларды ескере отырып, су ресурстарын үлестіру.

Құрғақшылықпен күресу жоспары –

құрғақшылықтан зардап шегетін аймақтарда суды үнемдеуді, қайта өңдеуді және суару тәжірибесін жақсартуды қоса алғанда, қолда бар су ресурстарын тиімді пайдалану жоспары жасалуы мүмкін.

Су экожүйелерін қорғау жоспары – өзендерді, көлдерді және су экожүйелерін ластанудан және деграляциядан қорғауға арналған іс-шараларды жоспарлау және жүзеге асыру, оның ішінде қорықтар құру және табиғи су ресурстарын пайдалануға шектеулер қою.

Су тасқынына қарсы іс-шаралар жоспары – су тасқыны қаупін басқару стратегиясын әзірлеу, оның ішінде қорғану имараттарын салу, өзендерді реттеу, ескерту және алдын алу жүйелерін енгізу.

Мониторинг және бақылау жоспарлары – судың сапасын, су ресурстарының мөлшерін және нормативтік құқықтық актілердің сақталуын, сондай-ақ су ережелері мен заңдарының сақталуын бақылауды үздіксіз жүргізу жоспарларын құру.

Бұл жоспарлар мемлекеттік деңгейде де, аймақтық деңгейде де әзірленуі мүмкін және олар су қауіпсіздігін қамтамасыз ету және халық пен экономиканың қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін су ресурстарын тұрақты және тиімді басқаруды қамтамасыз етуге бағытталған.

Либералды мемлекеттік жүйемен су шаруашылығы саласындағы стратегияларды тұжырымдамалық жоспарлау нарықтық механизмдерге бағдарлауды, жеке қатысуды және инновацияларды, сондай-ақ су ресурстарын тиімді және орнықты пайдалануға ұмтылуды қамтиды. Мұндай ортадағы тұжырымдамалық жоспарлаудың негізгі аспектілері:

1. Либералдандыру және нарықтық бағдар. Стратегияларды әзірлеу нарықтық экономика қағидаттарын ескеруді және су қызметтері нарығында бәсекелестікке жағдай жасауды қамтиды. Бұл жеке инвестицияларды тартуды және баға белгілеу тетіктерін әзірлеуді қамтуы мүмкін.

2. Инновациялар және технологиялық даму. Су саласының стратегиялары су ресурстарын басқарудың жаңа технологиялары мен әдістерін енгізу мүмкіндіктерін ескеруі керек. Инновациялар тиімділікті арттыруға және суды тұтынуды азайтуға көмектеседі.



3. Стратегиялық жоспарлау. Климаттың өзгеруі, халық санының өсуі және су ресурстарының өзгеруі сияқты ағымдағы және болашақтағы қиындықтарды ескеретін ұзақ мерзімді стратегияларды әзірлеу. Бұл стратегиялар су ресурстарын басқарудың басымдықтары мен мақсаттарын анықтауы керек.

4. Реттеу және стандарттау. Мемлекеттік органдар су қызметтерінің сапасын қамтамасыз ету және су экожүйелерін қорғау үшін нормалар мен стандарттарды әзірлеуі керек. Сондай-ақ заңдар мен нормативтік құқықтық актілердің сақталуын бақылау үшін реттеуші тетіктер белгіленуі керек.

5. Мүдделі тараптардың қатысуы. Тұжырымдамалық жоспарлау қоғамның, жеке компаниялардың және жергілікті қоғамдастықтардың қатысу процестерін қамтуы керек. Бұл әртүрлі қызығушылықтар мен қажеттіліктерді ескеруге ықпал етеді.

6. Су ресурстарын үнемдеу және тұрақтылық. Стратегиялардың маңызды құрамдас бөліктері суды үнемдеу, пайдалану тиімділігін арттыру және су жүйелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету шаралары болып табылады.

Су саласының либералды мемлекеттік жүйесі мемлекет пен жеке сектордың белсенді ынтымақтастығын, сондай-ақ инновациялар мен нарықтық қағидаттарға бағдарландыруды көздейтінін атап өту маңызды. Бұл су ресурстарын икемді және адаптивті басқаруға ықпал етуі мүмкін, және басқалардың бәріне стандарттардың сақталуын қамтамасыз ету және әлеуметтік мүдделерді ескеру үшін мұқият реттеу мен қадағалауды талап етеді.

Су қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін әмбебап шешім жоқ және тәсілдер нақты жергілікті жағдайлар мен қажеттіліктерге бейімделуі керек, өйткені физикалық және экономикалық жағдайлар үнемі өзгеріп отырады, сондықтан су ресурстарын басқару жүйелерінің бейімделуге және өзгеруге қабілетті болуы маңызды. Демек, су қауіпсіздігі, әсіресе халық санының болжамды өсуі мен климаттың өзгеруін ескере отырып, болашақ үшін басты басымдықтардың бірі болып қала береді (Van Beek E. and Arriens W.L., 2014).

Су саласының негізгі проблемалары, осы тұжырымдама тұрғысынан, аймақ пен елге байланысты әр түрлі болуы мүмкін, бірақ

келесі негізгі аспектілерді қамтиды:

– Су тапшылығы мәселесі. Барлығына суға қолжетімділікті қамтамасыз ету үшін инфрақұрылым мен ресурстарды жақсартуды талап ететін су қауіпсіздігінің негізгі мәселесі.

– Климаттың өзгеруі құрғақшылық пен су тасқыны сияқты жиі және қарқынды табиғи апаттарға әкелуі мүмкін, бұл судың қолжетімділігі мен басқарылуына әсер етеді.

– Траншекаралық су айдындарын пайдалану мен басқаруға байланысты елдер мен аймақтар арасындағы трансшекаралық су қақтығыстары.

– Су көздерінің ластануы судың сапасына кері әсерін тигізіп, адам денсаулығы мен экожүйелерге қауіп төндіреді.

– Инфрақұрылымның, оның ішінде сумен жабдықтау және су бұру жүйелерінің жеткіліксіздігі су қызметтері мен санитарлық-гигиеналық қондырғыларға қол жетімділіктің болмауына әкелуі мүмкін.

– Су экожүйелерінің тұрақтылығы. Даму және индустрияландыру су экожүйелеріне зиянын тигізуі мүмкін, бұл биоәртүрлілік пен экологиялық тұрақтылыққа әсер етуі мүмкін.

– Су тасқыны қауіпін басқару. Су тасқыны адамдардың өмірі мен мүлкіне үлкен зиян келтіруі мүмкін, ал су тасқыны қауіпін басқару инфрақұрылым мен жоспарлауға инвестицияларды қажет етеді.

– Су ресурстарын үнемдеу. Ауыл шаруашылығында, өнеркәсіпте және қалаларда суды пайдалану су ресурстарын үнемдеуді және тиімді пайдалануды жақсартуды талап етеді.

Су қауіпсіздігі мәселелерін шешуде тұщы су тапшылығын жою жөніндегі іс-шараларды жүзеге асыру үшін шаралар қабылдау қажет екенін ескеру қажет: су ресурстарына жүктемені азайту және тұщы су ресурстарын арттыру. Су ресурстарына түсетін жүктемені азайту мыналарды қамтиды: суға экологиялық сұранысты нормалау, экономика салаларында суды үнемдеу; тұщы су ресурстарының ұлғаюына мыналар жатады: мемлекетаралық су қатынастарын жетілдіру, өзен ағындысын көпжылдық және маусымдық реттеу, тұщы судың жер асты қорларын пайдалану, тұзды сортаңды суларды тұщыландыру, жа-

уын-шашынды жасанды көбейту, су ресурстарын бассейнаралық қайта үлестіру (Медеу А.Р. және т.б., 2012).

Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, су шаруашылығы саласында су ресурстарын тиімді басқаруға және су қауіпсіздігіне әсер етуі мүмкін көптеген белгісіздіктер бар деп айтуға болады:

1. Климаттың өзгеруіне қатысты белгісіздік: климаттың өзгеруі жауын-шашынға, температураға және су айналымына қалай әсер етеді - бұл болашақ су ресурстары мен су қауіптерін болжауды қиындатады.

2. Тұтыну және халық санының өсуі. Әлемнің әртүрлі аймақтарындағы суды тұтыну деңгейі мен халық санының өсуіндегі белгісіздік су ресурстарына сұранысты болжауды қиындатуы мүмкін.

3. Траншекаралық су бассейндеріне қатысты белгісіздік. Әр түрлі елдердің шекараларын кесіп өтетін су бассейндері қақтығыстардың қайнар көзіне айналуы мүмкін және басқаруда үйлестіру мен ынтымақтастықты қажет етеді.

4. Экономикалық белгісіздік су жобалары мен инфрақұрылымды қаржыландырудың қолжетімділігіне әсер етуі мүмкін.

5. Технологиялық өзгерістердегі белгісіздік. Суды өндіру, тазарту және пайдаланудың жаңа технологияларын дамыту су саласының динамикасын өзгертуі мүмкін.

6. Саяси тұрақсыздық және заңнамадағы өзгерістер су ресурстарын реттеу мен басқаруға әсер етуі мүмкін.

7. Экологиялық қауіптер. Су көздерінің ластануы және экожүйелердің өзгеруі сияқты экологиялық қауіптердің туындауына қатысты белгісіздік дағдарыстық жағдайларға дайындықты талап етеді.

8. Әлеуметтік факторлар. Әлеуметтік өзгерістер мен тұтынушылық әдеттердің өзгеруі су қызметтеріне сұранысқа әсер етуі мүмкін.

Су ресурстарын табысты басқару және су қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін осы белгісіздіктерді ескеріп, өзгермелі жағдайларға бейімделе алатын икемді стратегиялар мен жоспарларды әзірлеу қажет. Ол сондай-ақ су өнеркәсібіндегі әртүрлі мүдделі тараптар арасындағы мониторингтің, болжаудың және ынтымақтастықтың маңыздылығын көрсетеді.

Су шаруашылығы мәселелерін шешу мемлекеттер, жергілікті қауымдастықтар, жеке сектор және халықаралық ұйымдар арасындағы ынтымақтастықты талап етеді. Бұл тұрғыдағы негізгі құралдар су ресурстарын басқару стратегияларын әзірлеу, инновациялар мен технологияларды енгізу, сондай-ақ экологиялық стандарттарды сақтау және суға қолжетімділікте әлеуметтік әділеттілікті қамтамасыз ету болып табылады (Доклад..., 2023).

Қазіргі әлемде әртүрлі салалардағы оқиғалар мен тенденциялар бір-бірімен болжанбайтын тәсілдермен өзара әрекеттеседі. Өзгермелі климат мәселесі сумен қамтамасыз ету, ауыл шаруашылығы және азық-түлік қауіпсіздігін қамтитын көптеген маңызды мәселелермен байланысты.

Кең мағынада форсайт – бұл ғылымның, техниканың, экономиканың және қоғамның ұзақ мерзімді перспективаларын бағалауға, стратегиялық зерттеу бағыттарын және ең үлкен әлеуметтік-экономикалық игіліктерді қамтамасыз етуге қабілетті жаңа технологияларды анықтауға бағытталған жүйелі әрекеттер.

Форсайт (Foresight) – саланың немесе облыстың болашақтағы дамуын зерттеуге және болжауға бағытталған әдістеме. Негізгі мақсат – су ресурстары және су шаруашылығы саласында неғұрлым негізделген стратегиялық шешімдерді қабылдау. Форсайттың тиімді жүйесі бұл жалпы үш кезеңнен тұратын ақпаратты қалыптастыру және басқару процесі: ақпаратты жинау; деректерді интерпретациялау және болашақтың әртүрлі нұсқаларының көріністерін беру; іс-әрекеттің стратегиялық нұсқаларын әзірлеу. Осылайша, форсайт бұл болашақтың орта және ұзақ мерзімді нұсқаларында туындауы мүмкін мүмкіндіктер мен қауіптерді анықтайтын көрегендік процесі (Форсайт..., 2014). Сонымен қатар форсайт (foresight) – белгілі бір салаға немесе облысқа (бұл жағдайда – су саласына) әсер етуі мүмкін болашақ тенденцияларды, технологиялық өзгерістерді және оқиғаларды талдауға және болжауға бағытталған әдістеме белгісіздіктерді басқару үшін (Воронов Ю.П., 2010). Форсайт әдістемелерін қолдану мүмкіндіктері:

1. Су саласына қатысты негізгі мәселе-

лер мен белгісіздіктерді анықтау. Бұл климаттың өзгеруіне, су ресурстарына қолжетімділікке, технологиялық инновацияларға және басқа аспектілерге қатысты мәселелер болуы мүмкін.

2. Су саласындағы ағымдағы тенденциялар, сондай-ақ болашақта оған әсер етуі мүмкін оқиғалар мен жасақтамалар туралы мәліметтер жинау. Бұл статистиканы, әдебиеттерді талдауды, сарапшылармен сұхбаттарды және т.б. қамтуы мүмкін.

3. Оқиғалардың дамуының әртүрлі нұсқалары мен белгісіздік деңгейлерін ескере отырып, болашақтың әртүрлі сценарийлерін әзірлеу.

4. Су саласындағы әлеуетті болашақ оқиғалар мен трендтер туралы сараптамалық бағалаулар мен пікірлер.

5. Стратегиялық басымдықтарды айқындау. Талдау мен сценарийлер негізінде белгісіздіктермен күресу және су өнеркәсібіндегі өзгерістерге бейімделу үшін қабылдануы мүмкін стратегиялық басымдықтар мен әрекеттерді анықтау.

6. Стратегияны мониторингілеу және қайта қарау. Форсайт – бұл үнемі жаңартылып отыруды қажет ететін процесс (жаңа деректер мен оқиғаларға негізделген стратегиялар мен жоспарларды қайта қарау).

Сондықтан, форсайт ұйымдар мен үкіметтерге су өнеркәсібінің қарқынды дамып келе жатқан ортасына бейімделуге және климаттың өзгеруіне, демографияға, технологияға және басқа факторларға байланысты әртүрлі белгісіздіктермен күресуге көмектесе алады.

Тарихи тұрғыдан қарағанда іс-әрекетке арналған нұсқаулықтарды немесе мемлекеттік басқару жүйесіндегі жоспарларды әзірлеуге өткен ғасырдың 30...50 жылдарынан бастап байыпты көңіл бөліне бастады. 2000 жылдарға дейін болжау технологияны дамытуға және оның әлеуметтік-экономикалық жағдайларға әсеріне көбірек бағытталғанымен және осы болашақты қайта құруға мүмкіндік беретін әрекетке азырақ назар аударылғанымен, бұл кезең форсайт технологиясының қалыптасуына елеулі үлес қосты.

Форсайт әдістемесінің XX ғасырдың екінші жартысында басталған ұзақ даму тарихы бар. Форсайт бағытындағы алғашқы

қадамдар Екінші дүниежүзілік соғыс кезінде және соғыстан кейінгі кезеңде (1940...1960 жж.) жасалған. Бұл кезде болашақты талдау мен болжаудың алғашқы әдістемелері негізінен әскери стратегия контекстінде пайда болды (АҚШ-тың әскери зерттеу орталықтары).

Келесі кезең 1960...1970 жылдар аралығын қамтиды, осы кезеңде форсайт жүйелі және ғылыми сипатқа ие болды. Ұйымдар стратегиялық жоспарлау және қауіптерді басқару (Дельфи әдісінің қолданылуын талдау туралы Жапонияның форсайт бағдарламасы) сияқты кеңірек мақсаттар үшін болжау әдістемелерін қолдана бастады. Осы кезеңде технологиялық болжаудың әдістері мен құралдары одан әрі дамыды: сандық бағалау әдістері, трендтерді экстраполяциялау, өсу модельдері, жол карталары, мониторинг және Дельфи сценарийлері (Пенькова И.В., Боднар А.И., 2017).

Үшінші кезең 1980...1990 жылдар аралығын қамтиды: форсайт академиялық және іскерлік қоғамдастықта танылды. Ол технологиялық инновациялар, экономика, ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарды қоса алғанда, әртүрлі салаларға енгізіле бастады. Осы кезеңде экономикада базалық инновациялар кластері құрылды және қалыптасты.

1990 және 2000 жылдар аралығында форсайт зерттеулерімен және әдістемелерді әзірлеумен айналысатын әртүрлі ұйымдар мен ғылыми-зерттеу институттары құрылды. Көптеген елдер форсайтты мемлекеттік басқаруға және ұлттық стратегияларды әзірлеуге енгізе бастады. Форсайтты мемлекеттік саясатта пайдаланудың мысалы ретінде сценарийлік жоспарлауды жүзеге асырған және 1993 жылы үкімет сценарийлік жоспарлауды ұзақ мерзімді стратегия мен саясатты әзірлеу құралы ретінде пайдалануды бекіткен Сингапурды қарастыруға болады (Форсайт..., 2014).

Қазіргі кезеңде ақпараттық технологиялардың дамуымен және деректердің үлкен көлеміне қол жеткізумен форсайт экологиялық тұрақтылық пен әлеуметтік-мәдени өзгерістер сияқты факторлардың кең ауқымын қарастыра бастады. Мысалы, Ұлыбританияның форсайт бойынша соңғы жобалары жаһандық ауқымдағы климаттың өзгеруін, қоршаған ортаны қорғау саласындағы саясат-

ты әзірледі, ұлттық қауіпсіздік, су қауіпсіздігі, азық-түлік қауіпсіздігі салаларында стратегиялық ұсынымдарды әзірледі қамтиды.

Форсайттың бүгінгі әдістемесі дамуын жалғастыруда және стратегиялық жоспарлауда, бизнесте де, мемлекеттік секторда да инновациялар мен өзгерістерді басқаруда маңызды рөл атқарады. Ол ұйымдарға тез өзгеретін ортаға бейімделуге және болашаққа болжам жасау негізінде неғұрлым негізделген шешімдер қабылдауға көмектеседі. Форсайт әдістемесі болашақты болжауға, атап айтқанда болашақта қандай оқиғалар, трендтер мен өзгерістер болуы мүмкін екенін талдауға және болжауға арналған. Бұл әдістеме стратегияларды әзірлеу, шешімдер қабылдау және ұйымдарды ұзақмерзімді перспективада өзгерістерге дайындау үшін қолданылады. Форсайт деректерді жүйелі талдауды, сценарийлік модельдеуді және жақсырақ ақпараттандырылған шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін әртүрлі болашақ сценарийлердің ықтималдығын бағалауды қамтиды (Заглядывая..., 2014). Осылайша форсайт-зерттеулер – бұл ақпараттандырылған стратегиялық шешімдер қабылдауға бағытталған болашақ тенденцияларды, ықтимал сценарийлерді және әртүрлі салалардағы ұзақ мерзімді өзгерістерді зерттеудің әдіснамалық тәсілі.

Болашақ дамуды форсайт зерттеулерінде қолданылатын әдістер қиял мен техникалық күрделі зерттеулерге тенденцияларды қалыптастырудан бастап, статистикалық болжамдарға дейінгі ең кең ауқымға ие. Форсайт-зерттеулердің негізгі әдістері: сараптамалық сауалнамалар, сценарийлік жоспарлау, жол карталары, технологиялық талдау, желілік талдау, стратегиялық жоспарлау, мониторинг пен бағалау және т.б. (Popper R., 2008). Негізінде форсайт-зерттеулердің кешенділігі әртүрлі әдістер жиынтығын пайдалануды ұсынады, әдістер жиынтығы ғылыми зерттеулердің мақсаттары мен міндеттерін ескере отырып таңдалады, белгілі бір жобада қолданылуы тиіс әдістердің «мінсіз» жиынтығы жоқ екендігі белгілі. Әрбір нақты ғылыми зерттеуде әдістердің сәйкес үйлесімі қолданылады. Форсайт зерттеулерінде әртүрлі әдістер қолданылады: оқиғаларды субъективті қабылдау тұрғысынан түсінуге және бағалауға мүмкіндік беретін сапалық әдістер; айнымалыларды өлшеуге және статистикалық талдауды қолдануға мүмкіндік беретін сандық әдістер; субъективті пікірлердің, логикалық құрылымдардың және сараптамалық көзқарастардың сандық өлшемдерін қолданатын аралас әдістер (сурет 1).

### Сапалық әдістер

Ой-талқы, азаматтық панельдер, конференциялар (семинарлар), сараптамалық панельдер, данышпанның болжамы, сұхбат, әдебиет талдауы, мақсаттар ағаштары (логикалық сызбалар), сценарийлер, SWOT-талдау

### Сандық әдістер

Бенчмаркинг, библиометрия, индикаторлар (уақытша қатарлар талдауы), модельдеу, патенттік талдау, тенденцияларды экстраполяциялау, ықпалдарды талдау

### Аралас әдістер

Айқас байланыстарды талдау, құрылымдық талдау, Дельфи, кілтті (сындық) технологиялар, көпкритерийлі талдау, сандық сценарийлер, жол карталары, стейкхолдерлер талдауы

Сур. 1. Форсайт-зерттеу әдістері (Popper R., 2008)



Осылайша, су саласындағы форсайт-зерттеулер болашақта су ресурстарын жоспарлау және орнықты басқару үшін маңызды болуы мүмкін. Бұл зерттеулер келесі аспектілерді қамтуы мүмкін:

1. *Климаттың өзгеруін болжау.* Климаттың өзгеруін және олардың тұщы судың қолжетімділігіне және су ресурстарының деңгейіне әсерін талдау.

2. *Сумен жабдықтаудың тұрақтылығы.* Демографиялық және экологиялық өзгерістер контекстінде сумен жабдықтау жүйелерінің тұрақтылығын бағалау.

3. *Технологиялық инновациялар.* Су ресурстарын тиімді басқару мен пайдаланудың жаңа технологияларын зерттеу (ресурстардың ысыраптарын азайту, шығындарды үнемдеу және қоршаған ортаға кері әсерін азайту).

4. *Экологиялық аспектілер.* Су ресурстарының экожүйелеріне адам қызметінің әсерін бағалау және оларды сақтау әдістерін іздеу.

5. *Су жанжалдарын басқару.* Әртүрлі топтар мен елдер арасындағы ықтимал су мүдделері қақтығыстарын талдау, сондай-ақ оларды шешу стратегияларын әзірлеу.

6. *Ресурстарды тиімді пайдалану.* Өнеркәсіпте, ауыл шаруашылығында және қала құрылысында су ресурстарын тұрақты пайдалануды жоспарлау.

7. *Білім беру және ақпараттандыру.* Су ресурстарын орнықты пайдалану туралы хабардарлықты арттыру мақсатында білім беру бағдарламалары мен ақпараттық кампанияларды дамыту.

Осы салалардағы форсайт-зерттеулері болашақта су ресурстарын тұрақты және тиімді басқаруды қамтамасыз ету үшін стратегиялар мен саясатты әзірлеуге көмектесуі мүмкін. Ғылымның су саласындағы форсайт-зерттеулерінің ғылыми-практикалық тәсілдері мен әдістемелері су ресурстарын тиімді басқару және өзгермелі жағдайларға бейімделу үшін әзірленуде. Олардың кейбіріне шолу:

1. *Сценарийлік талдаулар (сценарийлік жоспарлау).* Бұл тәсіл климаттың өзгеруі, технологиялық инновациялар және саяси шешімдер сияқты әртүрлі айнымалыларды ескере отырып, болашақтың әртүрлі сценарийлерін құруды қамтиды. Бұл су ресурстарының бола-

шақтағы ықтимал бағыттарын болжауға және осы сценарийлерге байланысты стратегияларды әзірлеуге мүмкіндік береді.

2. *Су жүйелерін интегралды модельдеу.* Су жүйелерінің әрекетін талдау және болжау үшін компьютерлік модельдерді пайдалану. Бұл модельдер өзен бассейндері, су қоймалары, климаттық деректер және т.б. туралы ақпаратты қамтуы мүмкін.

3. *Стейкхолдерлік талдау.* Су өнеркәсібіндегі форсайт-зерттеулерінің маңызды аспектісі үкімет, өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы және қоршаған ортаны қорғау ұйымдарын қоса алғанда, әртүрлі стейкхолдерлердің мүдделері мен пікірлерін ескеру болып табылады. Бұл су ресурстарын басқарудың кешенді стратегияларын қалыптастыруға көмектеседі. Стейкхолдерлік талдау су саласындағы су ресурстары мен инфрақұрылымды тиімді басқарудың маңызды құралы болып табылады. Бұл салада стейкхолдерлер әртүрлі топтар мен мүдделерді қамтуы мүмкін:

– су ресурстары мен инфрақұрылымды реттеу мен басқаруға жауапты мемлекеттік органдар;

– қалалар мен өңірлерді ауыз сумен қамтамасыз ететін ұйымдар;

– суды суару және мал шаруашылығы үшін пайдаланатын ауыл шаруашылығы салалары;

– өндірістік процестерде суды пайдаланатын өнеркәсіптік кәсіпорындар;

– су экожүйелерін сақтауға және қорғауға мүдделі экологиялық ұйымдар;

– таза суға қолжетімділікке тәуелді және сумен жабдықтаудың сапасы мен қызмет көрсету құнына қатысты мәселелерге тап болған жергілікті қоғамдастықтар, қалалар мен аудандардың тұрғындары;

– су ресурстарын басқару үшін инфрақұрылым мен технологияларды әзірлейтін мамандар.

Стейкхолдерлік талдау су өнеркәсібіндегі осы топтардың әртүрлі мүдделері мен қажеттіліктерін анықтауға, сондай-ақ су ресурстарын тұрақты және тиімді басқаруды қамтамасыз ету және саладағы қақтығыстарды азайту үшін олардың талаптарын ескере отырып, су ресурстарын басқару стратегияларын әзірлеуге мүмкіндік береді.

4. *Геокеңістіктік деректерді пайдалану.*

Геоақпараттық жүйелер су ресурстарын талдауда маңызды рөл атқарады. Олар кеңістіктік деректерді визуализациялауға және талдауға мүмкіндік береді, бұл су инфрақұрылымының орналасуы туралы шешім қабылдауға және гидрологиялық жүйелердегі өзгерістерді бақылауға пайдалы.

5. *Желілік талдау.* Су ағындарын, лаптаушы заттарды тасымалдауды және су ресурстарын бөлуді зерттеу үшін желілік талдау әдістерін қолдану.

6. *Әлеуметтік-экономикалық талдау.* Бұл тәсіл суды басқару шешімдері мен стратегияларының қоғам мен экономикаға әсерін бағалайды. Бұл қандай шешімдердің ең тұрақты және тиімді болуы мүмкін екенін анықтауға көмектеседі.

7. *Мультидисциплинарлық тәсіл.* Су саласындағы форсайт-зерттеулер әдетте гидрология, метеорология, экология, инженерия, экономика және әлеуметтану сияқты әртүрлі пәндердің ынтымақтастығын талап етеді.

Форсайт-зерттеулерінде әртүрлі әдістер қолданылады: оқиғаларды субъективті қабылдау тұрғысынан түсінуге және бағалауға мүмкіндік беретін сапалық әдістер; айнымалыларды өлшеуге және статистикалық талдауды қолдануға мүмкіндік беретін сандық әдістер; субъективті пікірлердің, логикалық құрылымдардың және сарапшылардың көзқарастарының сандық өлшемдерін қолданатын аралас әдістер.

Жоғарыда аталған барлық тәсілдер мен әдістемелер су ресурстарын тиімді басқару саласындағы неғұрлым ақпараттандырылған шешімдерді қалыптастыруға және климаттың өзгеруіне және суды тұтынудың артуына байланысты қиындықтарды жеңуге көмектеседі.

Форсайт-зерттеу әдістерінің алуан түрлілігінің ішінде сценарийлік жоспарлау әдісі су саласындағы форсайт-зерттеулердің ең қолайлы және тиімді әдістерінің бірі болуы мүмкін. Қазақстанда су ресурстарын форсайт-зерттеу жұмыстары География және су қауіпсіздігі институтының ғылыми-зерттеу жобалары аясында су шаруашылығы бассейндері бойынша су ресурстарының сценарийлік болжамдары (су балансы бойынша болжамдар, көпжылдық ағындының жүрісін экстраполяциялау негізіндегі болжамдар,

метеорологиялық сипаттамалар болжамы негізінде, атмосфераның макроциркуляциясының ерекшеліктерінің болжамы негізінде, ағынды қалыптасуының тұжырымдамалық математикалық моделіне сәйкес) түрінде жүргізіледі (Водные..., 2012; Достай Ж.Д. және т.б., 2012).

Сценарийлік жоспарлау әдісін енгізу мысалдары:

– су саласында климаттық өзгерістер, демография, экономикалық факторлар және қоршаған орта жағдайлары (көптеген факторларды ескеру) сияқты су ресурстарын басқаруға әсер ететін көптеген айнымалылар бар – сценарийлік жоспарлау әдісі осы факторлардың барлығын ескеруге және баламалы даму сценарийлерін жасауға мүмкіндік береді;

– су саласындағы өзгерістерді болжау мүмкін емес және белгісіз болуы мүмкін (белгісіздікті ескеру) – сценарийлер ықтимал қауіптер мен күтпеген оқиғаларды қоса алғанда, болашақтың әртүрлі нұсқаларын қарастыруға мүмкіндік береді;

– сценарийлік жоспарлау ұйымдарға болашақтағы әртүрлі жағдайларға бейімделетін стратегияларды әзірлеуге көмектеседі (стратегиялық жоспарлау), бұл ресурстар мен қауіптерді тиімді басқаруға мүмкіндік береді;

– сценарийлерді жоспарлау мүдделі тараптар мен жұртшылықты сценарийлерді әзірлеу процесіне тартуды қамтуы мүмкін, бұл шешімдердің заңдылығы мен қолдауына ықпал етеді (мүдделі тараптардың қатысуы);

– сценарийлерді әзірлегеннен кейін таңдалған сценарийдің орындалуын қадағалау және қажет болған жағдайда жоспарларға түзетулер енгізу үшін мониторинг жүйесін орнату қажет (мониторинг және бейімдеу).

Дегенмен, сценарийлерді жоспарлау деректерді мұқият дайындауды және талдауды, сондай-ақ сарапшылар мен мүдделі тараптардың пікірлерін ескеруді қажет ететінін есте ұстаған жөн.

Кешенді көзқарасы бар болашақ сценарийлер көптеген айнымалылар мен факторларды ескере отырып, мүмкін болатын болашақтың әртүрлі аспектілерін бағалауға және ұсынуға мүмкіндік беретін құралды білдіреді. Болашақ сценарийлердің жан-жақты көрінісі әлеуетті қиындықтар мен мүмкіндіктерді тереңірек түсінуге, сондай-ақ әртүрлі болашақ

контексттерге бейімделе алатын стратегияларды әзірлеуге мүмкіндік береді. Бұл неғұрлым тұрақты және стратегиялық жоспарлаудың маңызды құралы болып табылады (Воронов Ю.П., 2010).

Сценарийлік жоспарлау өзгермелі жағдайларға бейімделуге және су ресурстарын тұрақты және тиімді басқаруға ықпал ете отырып, су шаруашылығы саласында негізделген шешімдер қабылдауға көмектеседі. Сценарийлерді әзірлеу баламалы болашақтың даму жолдарын құру үшін әртүрлі құралдар мен әдістерді қолдануды талап етеді. Сценарийлерді әзірлеуде қолдануға болатын құралдардың кейбір түрлеріне мыналар жатады: сараптамалық сауалнамалар, сценарийлік модельдеу, жеке көкжиектерді сканерлеу, арнайы бағдарламалар мен бағдарламалық қамтамасыз ету, интерактивті құралдар мен деректерді визуализациялау, компьютерлік модельдеу, сараптамалық топтар мен фокус-топтар, тарихи деректерді талдау, жүйелік ойлау және т.б. Арнайы құралдарды таңдау сценарийлерді әзірлеу мақсаттарына, қолжетімді деректерге және жобада жұмыс істейтін топтың сараптамасына байланысты. Көбінесе сенімдірек және жан-жақты нәтижелерге қол жеткізу үшін әртүрлі әдістер мен құралдардың қосындысы қолданылады.

Су шаруашылығы саласындағы сценарийлік жоспарлау су ресурстарын тиімді басқарудың және оларды тұрақты пайдаланумен байланысты мәселелерді шешудің маңызды құралы болып табылады. Сценарийлік жоспарлаудың негізгі сатылары мен қағидалары:

1. Мақсаттар мен міндеттерді анықтау. Сценарийлік жоспарлау арқылы қол жеткізілетін мақсаттар мен міндеттерді анықтау (мысалы, тұрақты сумен жабдықтауды қамтамасыз ету, экологиялық жүйелерді қорғау, су тасқыны қаупін азайту және т.б.).

2. Мәліметтерді жинау. Су ресурстарының ағымдағы жай-күйі, климаттық жағдайлар, суды тұтыну, ластаушы заттардың тасталуы және су жүйесіне әсер ететін басқа факторлар туралы мәліметтер базасы.

3. Баламалы сценарийлерді әзірлеу. Климат, халық саны, технология және саясат сияқты факторлардың өзгеруінің әртүрлі нұсқаларын ескеретін оқиғаларды дамытудың

бірнеше баламалы сценарийлерін жасау.

4. Модельдеу. Әрбір сценарийдің су ресурстарына әсерін бағалау үшін сандық модельдерді пайдалану (мысалы, су ағындысын, жер асты суларының деңгейін, су тасқыны қаупін және т.б. модельдеу).

5. Тұрақтылық пен қауіптерді бағалау. Әрбір сценарийдің тұрақтылығын бағалау, су ресурстарын басқарудың ең жақсы стратегияларын анықтау үшін ықтимал қауіптер мен осалдықтарды анықтау.

6. Шешім қабылдау. Қауіптерді модельдеу және бағалау нәтижелеріне сүйене отырып, мақсаттарға барынша сәйкес келетін ең жақсы сценарий немесе сценарийлердің комбинациясы туралы шешім қабылдау.

7. Мониторинг және бейімдеу. Таңдалған сценарийлердің орындалуын қадағалау және жаңа деректер немесе мән-жайлар өзгерген жағдайда жоспарларға түзетулер енгізу үшін мониторинг жүйесін құру.

Қазіргі әлемде әртүрлі салалардағы оқиғалар мен тенденциялар бір-бірімен болжанбайтын тәсілдермен өзара әрекеттеседі. Өзгермелі климат мәселесі сумен қамтамасыз ету, ауыл шаруашылығы және азық-түлік қауіпсіздігін қамтитын көптеген маңызды мәселелермен байланысты.

Жаһандық климаттық жүйеге қатысты болашақ сценарийлер Жер планетасындағы климатқа қатысты оқиғалардың әртүрлі ықтимал дамуын білдіреді. Бұл сценарийлер атмосферадағы, мұхиттардағы, мұз қабаттарындағы және климаттық жүйенің басқа аспектілеріндегі өзгерістерді ескереді. Климаттық жүйеге қатысты типтік сценарийлердің мысалдары:

1. Парниктік газдар шығарындылары мен көміртегі негізіндегі энергия көздерін пайдаланудың ағымдағы тенденциялары айтарлықтай өзгеріссіз жалғасады деп болжанып отырған сценарий. Бұл температураның жоғарылауына, экстремалды ауа райы жағдайларына және теңіз деңгейіне әкелуі мүмкін.

2. Парниктік газдар шығарындыларын азайту бойынша шаралар қабылданатын сценарий, бірақ олар тым өршіл емес. Бұл температураның өзгеруінің қалыпты баяулауына және климаттық әсерлерге әкелуі мүмкін.

3. Жаңартылатын энергия көздерін енгізу арқылы парниктік газдар шығарындыларын түбегейлі азайтуды көздейтін сценарий,

тиімді технологиялар және тұтынушылардың мінез-құлқындағы өзгерістер. Бұл жаһандық жылынууды және оның салдарын шектеуге әкелуі мүмкін.

4. Климаттың ықтимал төтенше өзгерістерін сипаттайтын сценарий, мысалы, неғұрлым қарқынды дауылдар, құрғақшылықтың ұзақ кезеңдері, шөлдердің кенеюі және мұздың еруі нәтижесінде теңіз деңгейінің көтерілуі.

5. Әлемдік көшбасшылардың парниктік газдар шығарындыларын азайту және климаттың өзгеруіне бейімделу бойынша бірлесіп жұмыс істеуі және келісілген шараларды қабылдауы болжанатын сценарий. Бұл қолайлы климаттық жағдайларға әкелуі мүмкін (Climate..., 2022).

Бұл сценарийлер болашақ климатты талдау және болжау, климаттың өзгеруіне бейімделу және оның салдарын азайту стратегияларын анықтау үшін қолданылады. Қазіргі уақытта және алдағы онжылдықтарда қабылданған шешімдер болашақ климаттың қандай сценарийі жүзеге асырылып жатқанына айтарлықтай әсер етеді (Восьмое..., 2022).

### ҚОРЫТЫНДЫ

Су қауіпсіздігі өзгермелі экологиялық ахуал жағдайында адамзаттың тұрақты дамуын қамтамасыз етудің аса маңызды аспектілерінің бірі болып табылады. Су қауіпсіздігі саласында форсайт-зерттеу әдістерін қолдану қазіргі қауіптер мен сын-қатерлерге ден қоюға ғана емес, сонымен бірге болашақтағы даму тенденцияларын талдауға және болжауға мүмкіндік береді, бұл су ресурстарын басқарудың тиімді стратегияларын жасауға ықпал етеді. Қолданыстағы әдістер мен тәсілдерді талдау нәтижесінде форсайт-зерттеулерді қолдану арқылы іске асырылуы мүмкін бірнеше негізгі бағыттар бөлінеді:

– болжаудың жаңа технологиялары мен әдістерін пайдалана отырып, су ресурстарының жай-күйін мониторингілеу және бағалау тетіктерін жетілдіру;

– су қауіпсіздігі саласындағы инновацияларды ынталандыру, оның ішінде су ресурстарын басқару жүйесін жетілдіру және халықтың хабардарлығын арттыру;

– халықаралық ынтымақтастықты нығайту және су қауіпсіздігінің трансшекара-

лық мәселелерін тиімдірек шешу үшін жаһандық және аймақтық деңгейде іс-қимылдарды үйлестіру тетіктерін дамыту.

Форсайт-зерттеу әдістерін су қауіпсіздігін стратегиялық жоспарлауға біріктіру планетамыздың су ресурстарының тұрақты дамуы мен сақталуын қамтамасыз ету үшін қажетті қадам болып табылады. Бұл тәсіл су қауіпсіздігі мәселелерін тек ағымдағы сын-қатерлер аясында ғана емес, сонымен қатар олардың ұзақ мерзімді салдары мен даму перспективаларын ескере отырып қарастыруға мүмкіндік береді, бұл жүйелі тәсілдің маңыздылығын және болашақта су қауіпсіздігін қамтамасыз етудің тиімді стратегияларын әзірлеу үшін озық талдау және болжау әдістерін қолданудың маңыздылығын көрсетеді.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Braga B. Water Is a Prerequisite for All Development // The Quest for Water. – 2018. – Volume V, No. 1. – <https://www.un.org/ru/chronicle/article/21713>
2. Van Beek E., Arriens W.L. Water security: Putting the concept into practice // TEC Background Papers, No 20. – Global Water Partnership, 2014. – [https://aquadoc.typepad.com/files/gwp\\_tec20\\_web.pdf](https://aquadoc.typepad.com/files/gwp_tec20_web.pdf)
3. Chiluwe Q.W., Claassen M. Systems perspectives on water security: An applied review and conceptual framework // Environmental Policy and Governance. – 2020. – Volume 30, Issue 6. – <https://doi.org/10.1002/eet.1889>
4. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность – глобальная проблема XXI века // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, 2016. – № 1. – С. 3-13.
5. Grey D. and Sadoff C.W. Sink or Swim? Water Security for Growth and Development // Water Policy. – 2007. – Volume 9, Issue 6 – pp. 545-571. – <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>
6. Water Security and the Global Agenda [A UN-Water Analytical Brief] – 2013. – [http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater\\_watersecurity\\_analyticalbrief.pdf](http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater_watersecurity_analyticalbrief.pdf)
7. Abbas F., Al-Naemi S., Farooque A.A., Phillips M. A Review on the Water Dimensions, Security and Governance for Two Distinct Regions // Water. – 2023. – Volume 15, Issue 1 (208). – <https://doi.org/10.3390/w15010208>
8. Gerlak A.K., House-Peters L., Varadya R.G., Albrecht T., Zúñiga-Terán A., Routson de Grenade R., Cook C. Scott C. Water security: A review of place-based research // Environmental Science and Policy. – 2018. – Volume 82. – P. 79-89. – <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.009>
9. Quandt A., O'Shea B., Oke S., Ololade O.O. Policy interventions to address water security impacted by climate change: Adaptation strategies of three case studies across different geographic regions // Frontiers in Water. – 2022. – <https://doi.org/10.3389/>



across different geographic regions // *Frontiers in Water*. – 2022. – <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.935422>

10. Бойкова М.В., Крупникова Д.Б. Глобализация ресурсов природной среды: инновационная стратегия управления // *Форсайт*. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 4-17.

11. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Тoleубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) – Алматы, 2012. – Т. I. – 94 с.

12. Доклад о целях в области устойчивого развития. – ООН. – 2023. – 77 с.

13. Форсайт как инструмент стратегического долгосрочного планирования для развивающихся стран. – UNDP Global Centre for Public Service Excellence. – 2014. – 24 с.

14. Воронов Ю.П. Форсайт как инструмент / под ред. В.И. Сулова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010. – 212 с.

15. Пенькова И.В., Боднар А.И. Теоретические основы форсайта в парадигме стратегического управления и инновационного развития // *Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление*. – 2017. – С. 50-58.

16. Заглядывая за горизонт. Концепции и опыт формулирования национальных стратегий. – UNDP Global Centre for Public Service Excellence. – 2014. – 115 с.

17. Popper R. How are foresight methods selected? // *Foresight*, 2008. – Volume 10, No 6. – P. 62-89. – <https://doi.org/10.1108/14636680810918586>

18. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / под науч. ред. Р.И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Т. VII. – Кн. 1. – 684 с.

19. Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. VII, Кн. 2. – 360 с.

20. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. – Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – 2022 – IPCC, 2022. – 2029 p.

21. Восьмое Национальное Сообщение и Пятый Двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2022. – 491 с.

## REFERENCES

1. Braga V. Water Is a Prerequisite for All Development // *The Quest for Water*. – 2018. – Volume V, No. 1. – <https://www.un.org/ru/chronicle/article/21713>

2. Van Beek E., Arriens W.L. Water security: Putting the concept into practice // *TEC Background Papers*, No 20. – Global Water Partnership, 2014. – [https://aquadoc.typepad.com/files/gwp\\_tec20\\_web.pdf](https://aquadoc.typepad.com/files/gwp_tec20_web.pdf)

3. Chilwe Q.W., Claassen M. Systems perspectives on water security: An applied review and conceptual framework // *Environmental Policy and Governance*. – 2020. – Volume 30, Issue 6. – <https://doi.org/10.1002/eet.1889>

4. Medeu A.R., Mal'kovskii I.M., Toleubaeva L.S.

*Vodnaya bezopasnost' – global'naya problema XXI veka* // *Voprosy geografii i geoekologii*. – Алматы, 2016. – № 1. – P. 3-13.

5. Grey D. and Sadoff C.W. Sink or Swim? Water Security for Growth and Development // *Water Policy*. – 2007. – Volume 9, Issue 6 – pp. 545-571. – <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>

6. *Water Security and the Global Agenda [A UN-Water Analytical Brief]* – 2013. – [http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater\\_watersecurity\\_analyticalbrief.pdf](http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater_watersecurity_analyticalbrief.pdf)

7. Abbas F., Al-Naemi S., Farooque A.A., Phillips M. A Review on the Water Dimensions, Security and Governance for Two Distinct Regions // *Water*. – 2023. – Volume 15, Issue 1 (208). – <https://doi.org/10.3390/w15010208>

8. Gerlak A.K., House-Peters L., Varadya R.G., Albrecht T., Zúñiga-Terán A., Routson de Grenade R., Cook C. Scott C. Water security: A review of place-based research // *Environmental Science and Policy*. – 2018. – Volume 82. – P. 79-89. – <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.009>

9. Quandt A., O'Shea B., Oke S., Ololade O.O. Policy interventions to address water security impacted by climate change: Adaptation strategies of three case studies across different geographic regions // *Frontiers in Water*. – 2022. – <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.935422>

10. Boikova M.V., Krupnikova D.B. Globalizatsiya resursov prirodnoi sredy: innovatsionnaya strategiya upravleniya // *Forsait*. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 4-17.

11. Medeu A.R., Mal'kovskii I.M., Toleubaeva L.S. *Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie (kontseptsiya)* – Алматы, 2012. – Т. I. – 94 p.

12. *Doklad o tselyakh v oblasti ustoichivogo razvitiya*. – ООН. – 2023. – 77 p.

13. *Forsait kak instrument strategicheskogo dolgosrochnogoplanirovaniya dlyarazvivayushchikhsya stran*. – UNDP Global Centre for Public Service Excellence. – 2014. – 24 p.

14. Voronov Yu.P. *Forsait kak instrument / pod red. V.I. Suslova*. – Novosibirsk: IEOPP SO RAN, 2010. – 212 s.

15. Pen'kova I.V., Bodnar A.I. *Teoreticheskie osnovy forsaita v paradigme strategicheskogo upravleniya i innovatsionnogo razvitiya* // *Vestnik VGU. Seriya: Ekonomika i upravlenie*. – 2017. – P. 50-58.

16. *Zaglyadyvaya za gorizont. Kontseptsii i opyt formulirovaniya natsional'nykh strategii*. – UNDP Global Centre for Public Service Excellence. – 2014. – 115 p.

17. Popper R. How are foresight methods selected? // *Foresight*, 2008. – Volume 10, No 6. – P. 62-89. – <https://doi.org/10.1108/14636680810918586>

18. *Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana. Vozobnovlyaemye resursy poverkhnostnykh vod Zapadnogo, Severnogo, Tsentral'nogo i Vostochnogo Kazakhstana / pod nauch. red. R.I. Gal'perina*. – Алматы, 2012. – Т. VII. – Кн. 1. – 684 p.

19. *Dostai Zh.D., Alimkulov S.K., Saparova A.A. Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie*.

Resursy rechnogo stoka. Vozobnovlyаемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. VII, Кн. 2. – 360 p.

20. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. – Working Group III Contribution to the Sixth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – 2022 – IPCC, 2022. – 2029 p. 21. Vos'moe Natsional'noe Soobshchenie i Pyaty Dvukhgodichnyi Doklad Respubliki Kazakhstan Ramochnoi konventsii OON ob izmenenii klimata. – Astana, 2022. – 491 p.

## ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ФОРСАЙТ-ИССЛЕДОВАНИЙ

**С.К. Алимқұлов** *к.г.н.*, **Л.К. Махмудова** \* *к.г.н.*

*АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан*

*E-mail: makhmudovalk@gmail.com*

В современном мире вопросы водной безопасности становятся все более актуальными и приобретают ключевое значение для обеспечения устойчивого развития общества. Перед мировым сообществом стоят серьезные вызовы, связанные с угрозами загрязнения водных источников, изменением климата, нестабильностью экосистем и неэффективным управлением водными ресурсами. Решение этих проблем требует не только немедленных мер, но и долгосрочных стратегий, способных обеспечить сохранение водной безопасности на будущее. Научно-исследовательская работа представляет собой аналитический обзор современных проблем в области водной безопасности и возможных стратегических решений для их решения с использованием методов форсайт-исследований. Статья освещает актуальные угрозы и вызовы, стоящие перед водными ресурсами в современном мире, и обсуждает преимущества и эффективность применения методов форсайт-исследований в этой области. В рамках проведенных научных исследований выделяются ключевые направления стратегического планирования для обеспечения водной безопасности в будущем через анализ текущего состояния и прогнозирование потенциальных изменений в водном секторе.

**Ключевые слова:** водная безопасность, форсайт-исследования, управление водными ресурсами, устойчивое развитие, концепция.

## WATER SECURITY: KEY ASPECTS AND PROSPECTS THROUGH THE PRISM OF FORESIGHT RESEARCH

**S. Alimkulov** *candidate of geographical sciences*, **L. Makhmudova**\* *candidate of geographical sciences*

*JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Kazakhstan*

*E-mail: makhmudovalk@gmail.com*

In the modern world, water security issues are becoming increasingly relevant and are key to ensuring the sustainable development of society. The world community faces serious challenges related to the threats of pollution of water sources, climate change, ecosystem instability and inefficient management of water resources. Solving these problems requires not only immediate measures, but also long-term strategies that can ensure the preservation of water security for the future. The research work is an analytical review of current problems in the field of water security and possible strategic solutions to solve them using foresight research methods. The article highlights the current threats and challenges facing water resources in the modern world, and discusses the advantages and effectiveness of applying foresight research methods in this area. Within the framework of the conducted scientific research, the key areas of strategic planning for ensuring water security in the future are highlighted through the highlighted through the analysis of the current state and forecasting potential changes in the water sector.

**Keywords:** water security, foresight research, water resources management, sustainable development, concept.

**Авторлар туралы мәліметтер/Сведения об авторах/Information about authors:**

**Әлімқұлов Саят Құрбанбайұлы** - география ғылымының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент), «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ басқарма төрағасының орынбасары, Алматы, Сейфуллина даңғылы, 458/1, [sayat.alimkulov@mail.ru](mailto:sayat.alimkulov@mail.ru)

**Махмудова Ляззат Камаловна** - география ғылымының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент), «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ жетекші ғылыми қызметкер, Алматы, Сейфуллина даңғылы, 458/1, [makhmudovalk@gmail.com](mailto:makhmudovalk@gmail.com)

**Алимкулов Саят Курбанбаевич** - кандидат географических наук, ассоциированный профессор (доцент), Заместитель Председателя Правления АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1, [sayat.alimkulov@mail.ru](mailto:sayat.alimkulov@mail.ru)

**Махмудова Ляззат Камаловна** - кандидат географических наук, ассоциированный профессор (доцент), ведущий научный сотрудник АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1, [makhmudovalk@gmail.com](mailto:makhmudovalk@gmail.com)

**Alimkulov Sayat** - Candidate of geographical sciences, associate professor (docent), Vice Chairman of the Board JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Seifullina ave., 458/1, [sayat.alimkulov@mail.ru](mailto:sayat.alimkulov@mail.ru)

**Makhmudova Lyazzat** - Candidate of geographical sciences, associate professor (docent), Leading researcher, JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Seifullina ave., 458/1, [makhmudovalk@gmail.com](mailto:makhmudovalk@gmail.com)

**Авторлардың қосқан үлесі/Вклад авторов/Authors contribution**

**Әлімқұлов С.К.** - тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік  
**Махмудова Л.К.** - тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

**Алимкулов С.К.** - разработка концепции, разработка методологии, подготовка и редактирование текста, визуализация

**Махмудова Л.К.** - разработка концепции, разработка методологии, подготовка и редактирование текста, визуализация

**Alimkulov S.** - concept development, methodology development, preparing and editing the text, visualization

**Makhmudova L.** - concept development, methodology development, preparing and editing the text, visualization