

Л.К. Махмудова¹ , С.К. Алимкулов¹ , Э.К. Талипова^{1, 2*} ,
Л.М. Биримбаева^{1, 2} , М.Е. Дауталиева^{1, 2*} 

¹«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: masimbaeva@mail.ru

ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚ МӘСЕЛЕСІ БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫ

Мақалада гидрологиялық құрғақшылық тақырыбы бойынша ғылыми жарияланымдардың даму эволюциясы талданды. Хронологиялық динамика мен жарияланымдардың құрылымына жасалған талдау бұл саладағы ғылыми қызығушылықтың артып келе жатқанын және халықаралық деңгейде ғылыми зерттеу бағыттарының едәуір кеңейгенін көрсетеді. Ғылыми мақаланы әзірлеудің әдістемелік негізі ретінде гидрологиялық құрғақшылық мәселесіне арналған әртүрлі ғылыми жарияланымдар пайдаланылып, библиометриялық талдау үшін Web of Science ғылыми-метриялық деректер қоры таңдалды.

Соңғы жиырма жылда зерттеулердің негізгі бағыттары құрғақшылық индекстерін жетілдіру, климаттық өзгерістердің құрғақшылыққа тигізетін әсерін бағалау, модельдеу және болжау әдістерін дамыту, спутниктік технологияларды қолдану, сондай-ақ антропогендік әсерлерді талдау сынды тақырыптар төңірегінде шоғырланған. Қазақстан жағдайында гидрологиялық құрғақшылық мәселесі су ресурстарының қолжетімділігі мен тұрақты пайдаланылуына тікелей әсер ететіндіктен, айрықша өзектілікке ие. Әлемдік ғылымдағы жарияланымдық белсенділіктің өсуі және жаңа әдістердің (қашықтықтан зондтау, климаттық модельдер, жасанды интеллект) интеграциясы су ресурстарын ұлттық деңгейде мониторингтеу мен болжау жүйелерін жетілдіруге жол ашады. Қазақстандық зерттеулерді халықаралық ғылыми кеңістікке енгізу елдің ғылыми дамуын арттырып қана қоймай, сонымен қатар климаттың өзгеруі мен табиғи тәуекелдердің артуы жағдайында бейімделу стратегияларын қалыптастыруға негіз болады.

Түйін сөздер: гидрологиялық құрғақшылық, су ресурстары, Web of Science, библиометриялық талдау, дәйеккөз.

L.K. Makhmudova¹, S.K. Alimkulov¹, E.K. Talipova^{1, 2},

L.M. Birimbayeva^{1, 2}, M.E. Dautaliyeva^{1, 2*}

¹JSC Institute of Geography and Water Security, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: masimbaeva@mail.ru

Evolution of scientific research on hydrological drought

The article analyzes the evolution of scientific publications on the topic of hydrological drought. The analysis of the chronological dynamics and structure of publications revealed a growing scientific interest in this field and a significant expansion of research directions at the international level. As the methodological basis for preparing the article, various scientific publications on hydrological drought were used, and the Web of Science scientometric database was selected for bibliometric analysis.

Over the past two decades, the main research directions have focused on improving drought indices, assessing the impacts of climate change, developing modeling and forecasting methods, applying satellite technologies, and analyzing anthropogenic influences. In the context of Kazakhstan, the issue of hydrological drought is of particular relevance, as it directly affects the availability and sustainable use of water resources. The increase in publication activity in global science and the integration of new methods (remote sensing, climate modeling, artificial intelligence) provide opportunities to improve water resource monitoring and forecasting systems at the national level. Integrating Kazakhstani research into the international scientific space not only enhances the country's scientific development but also forms a foundation for adaptation strategies under changing climate conditions and increasing natural risks.

Keywords: hydrological drought, water resources, Web of Science, bibliometric analysis, citation.

А.К. Махмудова¹, С.К. Алимкулов¹, Э.К. Талипова^{1,2},
А.М. Биримбаева^{1,2}, М.Е. Дауталиева^{1,2*}

¹АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: masimbaeva@mail.ru

Эволюция научных исследований по проблеме гидрологической засухи

В статье проанализирована эволюция развития научных публикаций по теме гидрологической засухи. Анализ хронологической динамики и структуры публикаций показал рост научного интереса в данной области и значительное расширение направлений исследований на международном уровне. В качестве методологической основы для подготовки статьи были использованы различные научные публикации, посвящённые проблеме гидрологической засухи, а для библиометрического анализа была выбрана наукометрическая база данных Web of Science.

За последние два десятилетия основные направления исследований сосредоточились на совершенствовании индексов засушливости, оценке влияния климатических изменений на засуху, разработке методов моделирования и прогнозирования, применении спутниковых технологий, а также анализе антропогенных воздействий. В условиях Казахстана проблема гидрологической засухи имеет особую актуальность, так как напрямую влияет на доступность и устойчивое использование водных ресурсов. Рост публикационной активности в мировой науке и интеграция новых методов (дистанционное зондирование, климатическое моделирование, искусственный интеллект) открывают возможности для совершенствования систем мониторинга и прогнозирования водных ресурсов на национальном уровне. Включение казахстанских исследований в международное научное пространство способствует не только укреплению научного развития страны, но и формированию стратегий адаптации в условиях изменения климата и роста природных рисков.

Ключевые слова: гидрологическая засуха, водные ресурсы, Web of Science, библиометрический анализ, цитирование.

Кіріспе

Климат өзгерістеріне байланысты соңғы жылдары экстремалды гидрометеорологиялық құбылыстардың, атап айтқанда құрғақшылық, су тасқыны, сел сияқты төтенше оқиғалардың жиілігі арта түскен (Trenberth, 2013; Mukherjee, 2018; Ault, 2020). Құрғақшылық жиілігіне, үлкен аумақтарға тигізетін әсеріне және ұзақ уақытқа созылуына байланысты әлемдегі ең көп таралған және ауыр табиғи апаттардың бірі болып табылады. Құрғақшылық атмосферадан басталып, кейін топырақ пен гидрологиялық құрғақшылыққа ауысатындықтан, гидрологиялық құрғақшылық осы тізбектің соңғы буыны және су ресурстарының сарқылу көрсеткіші болып табылады (Wong, 2013).

Гидрологиялық құрғақшылық – бұл табиғи аномалиялардың ішіндегі ең маңызды түрлерінің бірі, ол су ресурстарына, экологиялық жүйелерге және өңірлердің әлеуметтік-экономикалық дамуына кешенді әсер етеді. Климаттың жаһандық өзгеруі және су жүйелеріне антропогендік жүктеменің артуы жағдайында бұл табиғи құбылысты зерделеу ғылыми және практикалық тұрғыдан ерекше өзектілікке ие болуда.

Гидрологиялық құрғақшылық гидрологиялық жүйеде судың жетіспеушілігінен туындайды, яғни өзендерде, көлдерде, су қоймаларында және жер асты суларында су қоры көпжылдық орташа деңгейден төмен болған кезде пайда болады. Қазақстан Республикасы үшін гидрологиялық құрғақшылықтың таралу ерекшеліктерін зерттеу – өзекті мәселе. Себебі күтілетін климаттың жылынуы орташа әлемдік көрсеткіштерден анағұрлым жоғары (IPCC, 2022) және де еліміздің құрғақшылыққа бейім аймақтары үшін тіпті қолайсыз, яғни шөлейттенудің күшеюіне алып келуі мүмкін. Ауа температурасының жылдам көтерілуі булану процестерінің жоғарылауы мен су теңдестігінің өзгеруіне себеп бола отырып, гидрологиялық құрғақшылық қаупін арттырады. Климаттың өзгеруіне бейімделу барысында гидрологиялық құрғақшылыққа мониторинг жасау, яғни оның басталу және аяқталу уақытын, оның түрлерін мен қарқындылығын анықтау және болжау су ресурстарын жоспарлау мен басқаруда үлкен маңызға ие. Құрғақшылыққа бейімделу шаралары бойынша ұсыныстар әзірлеу ауыл шаруашылығындағы теріс салдардың алдын алу және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қажет.

Гидрологиялық құрғақшылықты ғылыми тұрғыда зерттеу қазіргі уақытта қарқынды дамып келе жатқан ғылыми бағыттардың бірі. Бұл құбылыстың табиғатын, түрлерін және салдарын тереңірек түсіну және оны бағалау мен болжауда қолданылатын тәсілдерді саралауда ең алдымен әлемде жүргізіліп жатқан ғылыми ізденістерді талдап, жүйелік шолу жасау аса маңызды. Жүйелі шолу әдістемесін бірнеше қадамнан тұрады: зерттеу сұрағын тұжырымдау; зерттеу тақырыбына қатысты әртүрлі халықаралық маңызы бар ғылыми әдебиеттердің ғаламдық агрегаторлары (Scopus, Web of Science, Google Scholar, Reasearch Gate) базаларынан ең маңызды ғылыми зерттеулерді таңдау; мақалалардың өзектілігін бағалау; таңдалған мақалаларды жіктеу және сандық және сапалық талдауды орындау. Ғылымиметриялық дерекқорлар жоғары рейтингті халықаралық жарияланымдарды кеңінен қамтып, библиометриялық талдау жүргізуге мүмкіндік береді, яғни қазіргі ғылыми зерттеулерді жүйелеу мен бағалауға арналған тиімді құрал болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Ғылыми мақаланы жазуға әдістемелік негіз ретінде гидрологиялық құрғақшылық саласындағы әртүрлі ғылыми жарияланымдарда жарық көрген зерттеулері пайдаланылып, библиометриялық талдау үшін Web of Science ғылымиметриялық мәліметтер дерекқоры таңдалды. Web of Science – 12 000-нан астам ғылыми жарияланымды индекстеуші, ең көне мәліметтер дерекқоры. Бұл сервиске әртүрлі құрастырушысы мен архивтері бар бірнеше жеке дерекқорларды қамтиды. Платформаның негізгі құрастырушысы – Clarivate компаниясы, <https://www.webofscience.com/> ресми сайтында тіркелу арқылы қол жеткізуге болады. Web of Science базасының ерекшеліктері: өзекті ғылыми үрдістерді жеңіл іздеу мүмкіндігі, дәйексөз келтіру көрсеткіштерін қадағалау, 1900 жылдан бастап дерекқорға кіретін ғылыми басылымдарды талдау, басылымдардың өзара дәйексөз санын есепке алу, мақалалармен қатар кітаптар, монографиялар, конференция материалдары бойынша да іздеу жүргізу.

Библиометриялық талдау – бұл ғылыми жарияланымдар мен сілтемелерге статистикалық өңдеу жүргізуге негізделген ғылыми ақпаратты

сандық тұрғыда зерттейтін әдіс. Ол басылым белсенділігінің динамикасын, ғылыми орталықтардың географиясын, сондай-ақ, зерттелетін мәселелер бойынша ғылыми күн тәртібін қалыптастыратын негізгі авторлар мен журналдарды анықтауға мүмкіндік береді. Әдістің негізгі идеясы – жарияланым белсенділігі мен дәйексөзділік белгілі бір тақырыптың ғылыми маңыздылығы мен сұранысының көрінісі болып табылады (біздің жағдайда гидрологиялық құрғақшылықты зерттеу мәселелері).

Библиометриялық талдау аясында келесі көрсеткіштер қолданылады:

- белгілі бір кезең ішінде берілген тақырып бойынша жарияланған еңбектердің саны;
- жарияланымдық белсенділіктің өсу немесе төмендеу динамикасы;
- жарияланымдардың елдер, ұйымдар, авторлар және ғылыми журналдар бойынша бөлінуі;
- дәйексөз келтіру деңгейі мен Хирш индексі.

Библиометриялық талдау – ғылыми зерттеулердің қазіргі жағдайын және даму перспективаларын объективті түрде бағалауға, жетекші ғылыми мектептерді анықтауға, сондай-ақ болашақтағы ғылыми ізденістердің стратегиялық бағыттарын белгілеуге мүмкіндік беретін әмбебап құрал.

Ғылыми зерттеулердің нәтижелері

Зерттеудің алғашқы кезеңінде Web of Science мәліметтер дерекқорында индекстелген жарияланымдар бойынша «hydrological drought» («гидрологиялық құрғақшылық») сөзімен библиометриялық талдау жүргізілді. 2001-2025 жылдар аралығындағы алынған мәліметтер жиынтығына 909 ғылыми жарияланым енді. Бұл көрсеткіш зерттеу тақырыбына деген қызығушылықтың эволюциясын, сондай-ақ ғылыми белсенділіктің елдер, ұйымдар және авторлар бойынша қалай бөлінетінін бақылауға мүмкіндік береді. 1-кестеде библиометриялық талдаудың жалпы нәтижелері көрсетілген.

Ғылыми жарияланымдар құрылымын түрлері бойынша талдау негізінде жарияланымдық белсенділіктің сипатына баға берілді. Бұл тәсіл ғылыми нәтижелерді ұсырудың басым формаларын анықтауға мүмкіндік береді (2-кесте), сондай-ақ олардың ерекшеліктері мен халықаралық ғылыми кеңістікте таралу деңгейін айқындауға жол ашады.

1-кесте – Библиометриялық талдаудың жалпы мәліметтері

Мәліметтер дерекқоры	Web of Science
Іздеу кілт сөзі	Hydrological drought
Кезең	2001-2025 гг.
Ғылыми жарияланымдардың жалпы саны	909
Дәйексөз келтірген мақалалар	15803
Жалпы дәйексөз саны	25825
Өзіндік дәйексөздерді қоспағандағы дәйексөз саны	22375
Бір мақалаға шаққандағы орташа дәйексөз саны	28.4
H-Index	79

2-кесте – Құжат түрлері бойынша ғылыми жарияланымдар құрылымы

№	Құжат түрлері	Жарияланымдар саны	%
1	Мақала (Article)	804	88.4
2	Кітап тараулары (Book Chapters)	4	0.44
3	Ерте қолжетімді жарияланымдар (Early Access)	11	1.21
4	Редакциялық материалдар (Editorial Material)	8	0.88
5	Конференция материалдары (Proceeding Paper)	63	6.93
6	Шолу мақаласы (Review Article)	19	2.09

«Гидрологиялық құрғақшылық» тақырыбы бойынша алынған мәліметтер жиынтығында ғылыми мақалалар басым (804 жарияланым, 88,4 %), бұл ғылыми нәтижелерді таратудағы жетекші форма ретінде журналдық жарияланымдарға басымдық берілетінін көрсетеді. Екінші орында – халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар материалдары (63 жұмыс, 6,93 %). Бұл көрсеткіш те елеулі үлеске ие, әрі зерттеушілердің ғылыми форумдарға белсенді қатысатынын және халықаралық конференциялар арқылы нәтижелермен алмасу үдерісінің маңызды екенін аңғартады. Шолу мақалалары 2 %-дан сәл астамын құрайды (19 жарияланым), бұл жинақталған білімді қорытуға және зерттеу бағыттарын жүйелеуге деген ұмтылысты білдіреді. Қалған ғылыми жарияланым түрлерінің үлесі төмен (ерте қолжетімді жарияланымдар – 11 мақала, редакциялық материалдар – 8 мақала, кітап тараулары – 4 жарияланым). Гидрологиялық құрғақшылықты зерттеудегі мәселелерге байланысты жарияланымдық қызметтің құрылымы халықаралық конференция мате-

риалдарының қосымша маңыздылығы және арнайы ғылыми жарияланым түрлерінің шектеулі үлесі байқалатын журналдық ғылыми мақалалардың басымдығын көрсететін классикалық үлгіні айқын бейнелейді.

3-кестеде «гидрологиялық құрғақшылық» сөзі бойынша 2001-2025 жылдар аралығындағы жарияланымдық белсенділігі мен дәйексөздің таралуы көрсетілген. Аталған кезең ішінде жалпы саны 909 ғылыми жарияланым тіркеліп, олар 25825 рет дәйексөз келтірілген.

Хронологиялық жиынтықтарға қатысты 3 кестені талдау:

- 2001-2005 жж., бастапқы кезең (20 ғылыми жарияланым, 34 дәйексөз), ол гидрологиялық құрғақшылық саласындағы ғылыми зерттеулердің одан әрі өсуі үшін ғылыми негіз қалыптастыратын төмен көрсеткіштермен сипатталады;

- 2006-2015 жж., біртіндеп өсу, қалыптасу кезеңі (127 ғылыми жарияланым, 1679 дәйексөз), гидрологиялық құрғақшылықты зерттеу саласындағы жарияланым белсенділігінің кеңеюі және сілтемелер санының артуы байқалады;

- 2016-2025 жж., белсенді кезең (762 басылым, 24112 дәйексөз), жарияланымдар санының күрт өсуі және дәйексөздің жоғары деңгейі байқалады, бұл зерттеу тақырыбының халықаралық ғылыми күн тәртібіне енгізілгенін және гидрологиялық құрғақшылық бойынша зерттеу жұмыстарының айтарлықтай артқанын көрсетеді.

ралық ғылыми күн тәртібіне енгізілгенін және гидрологиялық құрғақшылық бойынша зерттеу жұмыстарының айтарлықтай артқанын көрсетеді.

3-кесте – 2001–2025 жж. Web of Science базасы бойынша жарияланымдар мен дәйексөздер серпіні

Жыл	Жарияланымдар саны	Дәйексөздер саны	%	Графиктік интерпретация																						
2025	99	3931	10.9	Дәйексөздер саны <table><caption>Дәйексөздер саны (2016-2025)</caption><thead><tr><th>Жыл</th><th>Дәйексөздер саны</th></tr></thead><tbody><tr><td>2016</td><td>635</td></tr><tr><td>2017</td><td>655</td></tr><tr><td>2018</td><td>957</td></tr><tr><td>2019</td><td>1363</td></tr><tr><td>2020</td><td>1789</td></tr><tr><td>2021</td><td>2616</td></tr><tr><td>2022</td><td>3443</td></tr><tr><td>2023</td><td>3988</td></tr><tr><td>2024</td><td>4735</td></tr><tr><td>2025</td><td>3931</td></tr></tbody></table>	Жыл	Дәйексөздер саны	2016	635	2017	655	2018	957	2019	1363	2020	1789	2021	2616	2022	3443	2023	3988	2024	4735	2025	3931
Жыл	Дәйексөздер саны																									
2016	635																									
2017	655																									
2018	957																									
2019	1363																									
2020	1789																									
2021	2616																									
2022	3443																									
2023	3988																									
2024	4735																									
2025	3931																									
2024	119	4735	13.1																							
2023	108	3988	11.9																							
2022	119	3443	13.1																							
2021	90	2616	9.90																							
2020	78	1789	8.58																							
2019	51	1363	5.61																							
2018	43	957	4.73																							
2017	20	655	2.20																							
2016	35	635	3.85																							
Σ	762	24112	83.8																							
2015	22	526	2.42	Дәйексөздер саны <table><caption>Дәйексөздер саны (2006-2015)</caption><thead><tr><th>Жыл</th><th>Дәйексөздер саны</th></tr></thead><tbody><tr><td>2006</td><td>36</td></tr><tr><td>2007</td><td>39</td></tr><tr><td>2008</td><td>40</td></tr><tr><td>2009</td><td>60</td></tr><tr><td>2010</td><td>92</td></tr><tr><td>2011</td><td>137</td></tr><tr><td>2012</td><td>185</td></tr><tr><td>2013</td><td>269</td></tr><tr><td>2014</td><td>295</td></tr><tr><td>2015</td><td>526</td></tr></tbody></table>	Жыл	Дәйексөздер саны	2006	36	2007	39	2008	40	2009	60	2010	92	2011	137	2012	185	2013	269	2014	295	2015	526
Жыл	Дәйексөздер саны																									
2006	36																									
2007	39																									
2008	40																									
2009	60																									
2010	92																									
2011	137																									
2012	185																									
2013	269																									
2014	295																									
2015	526																									
2014	23	295	2.53																							
2013	21	269	2.31																							
2012	11	185	1.21																							
2011	12	137	1.32																							
2010	15	92	1.65																							
2009	2	60	0.22																							
2008	12	40	1.32																							
2007	7	39	0.77																							
2006	2	36	0.22																							
Σ	127	1679	14.0																							
2005	2	23	0.22	Дәйексөздер саны <table><caption>Дәйексөздер саны (2001-2005)</caption><thead><tr><th>Жыл</th><th>Дәйексөздер саны</th></tr></thead><tbody><tr><td>2001</td><td>0</td></tr><tr><td>2002</td><td>2</td></tr><tr><td>2003</td><td>4</td></tr><tr><td>2004</td><td>8</td></tr><tr><td>2005</td><td>23</td></tr></tbody></table>	Жыл	Дәйексөздер саны	2001	0	2002	2	2003	4	2004	8	2005	23										
Жыл	Дәйексөздер саны																									
2001	0																									
2002	2																									
2003	4																									
2004	8																									
2005	23																									
2004	6	8	0.66																							
2003	5	1	0.55																							
2002	4	2	0.44																							
2001	3	0	0.33																							
Σ	20	34	2.20																							

Гидрологиялық құрғақшылық мәселесі бойынша жарияланымдардың дәйексөз келтіру көрсеткіштерін талдау бұл саладағы негізгі бағыттарға, атап айтқанда құрғақшылықты бағалау мен мониторинг жүргізуге арналған индекстерді әзірлеу (Vicente-Serrano, 2012; Nalbantis, 2009), гидрологиялық құрғақшылықтың климаттық және алаптық детерминанттарын (не-

лау мен мониторинг жүргізуге арналған индекстерді әзірлеу (Vicente-Serrano, 2012; Nalbantis, 2009), гидрологиялық құрғақшылықтың климаттық және алаптық детерминанттарын (не-

гізгі факторларын) зерттеу (Van Loon, 2015), жаһандық жылындың салдарын талдау (Seager, 2010), сондай-ақ спутниктік мәліметтер мен климаттық модельдер негізінде мониторинг пен болжау жүргізу (Thomas, 2014; Hao, 2018) қызығушылық артқан. Зерттеулердің жоғары орташа жылдық дәйексөз келтіру деңгейі (Zhang, 2022) гидрологиялық құрғақшылықты зерттеудегі климаттық сценарийлерді, қашықтықтан зондтау әдістерін және жасанды интеллект технологияларын интеграциялау үрдісіне деген қызығушылықтың артып келе жатқанын көрсетеді.

Жарияланымдардың жоғары дәйексөзге ие болуы олардың тек тақырыбына ғана емес, авторлардың жетекші халықаралық ғылыми орталықтарға тиесілі болуына да байланысты. Негізгі еңбектердің көпшілігі Еуропа елдері (Испания, Ұлыбритания, Нидерланд), Қытай Халық Республикасы және АҚШ зерттеушілерімен дайындалған, бұл гидрологиялық құрғақшылық мәселесіне жаһандық қызығушылықтың бар екенін дәлелдейді. 4-кестеде дәйексөз саны бойынша көшбасшы ғылыми еңбектер келтірілген.

4-кесте – Гидрологиялық құрғақшылық бойынша ең көп дәйексөз келтірілген 10 ғылыми жұмыс

Жарияланым атауы	Авторлар (жылы)	Дәйексөз саны	Тақырыбы
Performance of Drought Indices for Ecological, Agricultural, and Hydrological Applications	Vicente-Serrano et al. (2012)	645	SPEI индексінің әмбебап индекс ретінде орнығуын қамтамасыз еткен зерттеу
Assessment of Hydrological Drought Revisited	Nalbantis & Tsakiris (2009)	633	Гидрологиялық қуаңшылықты бағалау әдістемесі
Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics	Van Loon & Laaha (2015)	444	Климаттық факторлардың рөлін түсіндіруге елеулі үлес қосқан
Greenhouse warming and the 21st century hydroclimate of southwestern North America	Seager & Vecchi (2010)	432	Жаһандық жылындың құрғақ аймақтардағы гидроклиматына әсері
Seasonal Drought Prediction: Advances, Challenges, and Future Prospects	Hao, Singh & Xia (2018)	417	Құрғақшылықты болжау жөніндегі негізгі шолу жұмыстарының бірі
Accurate Computation of a Streamflow Drought Index	Vicente-Serrano et al. (2012)	407	Өзен ағындысының құрғақшылық индексі (SDI) есептеу әдістерінің дамуы
A GRACE-based water storage deficit approach for hydrological drought characterization	Thomas et al. (2014)	392	Жасанды жер серігі мәліметтерін қолданған алғашқы зерттеулердің бірі
The propagation from meteorological to hydrological drought	Huang et al. (2017)	383	Метеорологиялық құрғақшылықтың гидрологиялық құрғақшылыққа өтуін факторларын айқындаған
Remote sensing for drought monitoring & impact assessment	West, Quinn & Horswell (2019)	366	Қашықтықтан зондтауды алғашқылардың бірі болып қолданған зерттеу
Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios	Tramblay et al. (2020)	365	Болашақ климаттық сценарийлер мен аймақтық мәселелерге арналған шолу

Ең көп дәйексөз келтірілген ғылыми еңбектердің мазмұнын талдау нәтижесінде бұл жарияланымдардың бірнеше негізгі зерттеу бағыттары төңірегінде шоғырланғаны анықталды:

1. Құрғақшылықты бағалау индекстері мен әдістерін әзірлеу. Vicente-Serrano және авторлар тобының (2010, 2012) еңбектері Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

(SPEI) – стандартталған жауын-шашын және булану индексіні ұсыну арқылы классикалық зерттеулер қатарына енді. Аталған әдіс қазіргі уақытта әлемдік тәжірибеде кеңінен қолданылып келеді. Бұл мақалалар ең көп дәйексөз келтірілген жұмыстардың қатарына жатады және қазіргі заманғы құрғақшылық мониторингінің теориялық және әдістемелік негізін қалыптастырды.

2. Құрғақшылықтың климаттық детерминанттары және өңірлік ерекшеліктері. Van Loon (2015) және Seager (2010) ғылыми зерттеулері құрғақшылық пен атмосфералық циркуляция өзгерістері және жаһандық климаттық үдерістер арасындағы өзара байланысқа бағытталған. Бұл еңбектер құрғақшылық құбылыстарының табиғи климаттық факторлармен байланысын және олардың аймақтық сипаттамаларын терең түсінуге мүмкіндік береді.

3. Құрғақшылықты модельдеу және болжау. Соңғы жылдары зерттеушілер климаттық сценарийлер мен су пайдалануға қатысты факторларды қамтитын гидрологиялық модельдерді құруға және жетілдіруге ерекше назар аударуда. Бұл бағыттағы маңызды зерттеулердің мысалы ретінде Нео (2018) және Zhang (2022) еңбектерін атап өтуге болады. Аталған зерттеулерде құрғақшылықтың келешектегі ықтималдығы мен салдарын бағалау үшін кешенді модельдер қолданылған.

4. Спутниктік технологиялар мен қашықтықтан зондтауды қолдану. Осы бағыттың дамуына Thomas (2014) және West (2019) зерттеулері маңызды үлес қосты.

5. Антропогендік факторлар және су ресурстарын басқару. Wada (2013) және басқа зерттеушілер Alimkulov (2024), Birimbayeva (2024) және Alimkulov (2025) еңбектері құрғақшылықты зерттеуде гидрологиялық құрғақшылықтың күшеюінің негізгі антропогендік факторлары ретінде су тұтыну, ирригация және жер пайдалану өзгерістері ескерудің маңыздылығын түсіндіреді.

Гидрологиялық құрғақшылық мәселесіне арналған ең көп дәйексөз келтірілген жарияланымдар ғылыми зерттеулердің қарапайым индекстерді әзірлеуден бастап, климаттық және антропогендік факторларды ескеретін кешенді зерттеулерге дейінгі эволюциясын айқын көрсетеді. Аталған еңбектердің жоғары дәйексөз саны олардың гидрология, су ресурстарын басқару және климатология салаларындағы фундаменталды маңыздылығын дәлелдейді.

Ғылыми зерттеулердің екінші кезеңінде Web of Science индексі сияқты тағы бір маңызды көрсеткіш талданды. Гидрологиялық құрғақшылық тақырыбы бойынша жарияланымдық белсенділікті талдау тек жұмыстың саны мен дәйексөз келтіру динамикасын ғана емес, сонымен қатар Web of Science мәліметтер базасындағы индекстер бойынша жарияланымдардың таралуын да ескеруді талап етеді. Себебі ғылыми мақаланың белгілі бір индекс құрамына енуі зерттеудің

мәртебесін және халықаралық деңгейде мойындалуын білдіреді. Web of Science – бұл бірқатар мамандандырылған көрсеткіштерді (дәйексөздер индекстерін) қамтитын халықаралық ғылымиметриялық платформа. Атап айтқанда, ол келесі индекстерді қамтиды:

1. Science Citation Index Expanded (SCIE) – жаратылыстану және техникалық ғылымдар саласындағы журналдарды қамтиды (физика, математика, химия, биология, гидрология, экология, инженерия, медицина). Бұл индекс – Web of Science жүйесінің негізгі ядросы болып табылады және жоғары халықаралық беделге ие.

2. Social Sciences Citation Index (SSCI) – әлеуметтік ғылымдар саласындағы журналдарды қамтиды (экономика, социология, басқару, құқық және т.б.). Бұл да негізгі ядроға жатады және әлеуметтік-гуманитарлық бағыттар үшін жоғары ғылыми салмаққа ие.

3. Arts & Humanities Citation Index (AHCI) – гуманитарлық ғылымдар саласындағы журналдарды қамтиды (тарих, философия, өнер және т.б.). SCIE мен SSCI индекстерінен айырмашылығы, AHCI индексіндегі журналдарда импакт-факторлар есептелмейді, алайда бұл индекс гуманитарлық ғылым саласындағы басылымдардың халықаралық деңгейде танылуы мен ғылыми сапасын айқындайды.

4. Emerging Sources Citation Index (ESCI) – географиялық және тақырыптық ауқымды кеңейту мақсатында Web of Science базасына енгізілген жаңа және перспективалы журналдарды қамтитын индекс. ESCI – «бастапқы деңгей» ретінде қызмет етеді және SCIE, SSCI және AHCI-ге енгізілгенге дейінгі өтпелі кезең болып саналады. Бұл аралық көрсеткіш ғылыми жарияланымдардың көрінуін арттырып, олардың халықаралық ғылыми кеңістікте таралуына ықпал етеді.

Гидрологиялық құрғақшылық мәселесі бойынша жүргізілген зерттеулердің ғылыми деңгейін бағалауда Web of Science индекстері бойынша жарияланымдардың таралуы маңызды көрсеткіш болып табылады (5-кесте). Мәліметтерді салыстыру гидрологиялық құрғақшылыққа қатысты зерттеулердің қай салаларда көбірек көрініс тапқанын және осы тақырыптағы жарияланымдардың халықаралық ғылымиметриялық жүйедегі салмағын анықтауға мүмкіндік береді.

Web of Science индекстері бойынша жарияланымдардың таралуын талдау келесі нәтижелерді көрсетті: Web of Science мәліметтер базасында гидрологиялық құрғақшылықты зерттеуге ар-

налған 964 жарияланым тіркелген (оның ішінде 909 жарияланым индекстелген). Бұл жарияланымдардың индекстер бойынша таралуы зерт-

теу бағытының ғылыми қызығушылыққа ие салаларын және оның халықаралық деңгейдегі маңыздылық дәрежесін айқын көрсетеді.

5-кесте – Дәйексөздер индекстері (ДИ) бойынша жарияланымдардың таралуы

№	Web of Science көрсеткіші	Жарияланымдар саны	%
1	Кітаптар ДИ – әлеуметтік және гуманитарлық ғылымдар (BKCI-SSH)	1	0.10
2	Кітаптар ДИ – жаратылыстану ғылымдары (BKCI-S)	4	0.41
3	Жаңа дереккөздер ДИ (ESCI)	50	5.19
4	Конференция материалдарының ДИ – әлеуметтік және гуманитарлық ғылымдар	3	0.31
5	Конференция материалдарының ДИ – жаратылыстану ғылымдары	62	6.43
6	Кеңейтілген ғылыми мақалалар ДИ (SCIE)	795	82.5
7	Әлеуметтік ғылымдар ДИ (SSCI)	49	5.08

Ескерту: ДИ – дәйексөз индексі

Жарияланымдардың көпшілігі ғылыми мақалалардың кеңейтілген дәйексөз индексінде (SCIE) шоғырланған – 795 мақала (82,5 %), бұл гидрологиялық құрғақшылық зерттеулерінің ең алдымен жаратылыстану ғылымдарына қатысты екендігімен байланысты. SCIE индексіндегі журналдарда жарияланған ғылыми жұмыстардың басым болуы зерттеулердің жоғары халықаралық мәртебесін және олардың ғылыми қауымдастықта кеңінен сұранысқа ие екенін растайды.

Екінші орында маңыздылығы бойынша жаратылыстану ғылымдарының конференция материалдарының дәйексөз индексі түр – 62 жарияланым (6,43 %), бұл халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялардың аталмыш тақырып бойынша нәтижелер алмасуда, гидрологиялық құрғақшылықтың болжау, мониторинг және салдарын бағалау жаңа әдістері саласында маңызды рөл атқаратынын көрсетеді.

Жаңа дереккөздер дәйексөз индексіндегі (ESCI) жарияланымдардың үлесі де айтарлықтай – 50 мақала (5,19 %), бұл жаңа және өңірлік журналдарда аталған тақырыпқа қызығушылықтың өсіп келе жатқанын және осы басылымдардың кейін Web of Science негізгі индекстеріне қосылуы мүмкін екендігін білдіреді.

Әлеуметтік ғылымдар дәйексөз индексіндегі (SSCI) жарияланымдар саны – 49 ғылыми мақала (5,08 %), бұл гидрологиялық құрғақшылықтың әлеуметтік-экономикалық аспектілері-

не – тәуекелдерді басқару, экономикалық шығындар және тұрақты даму мәселелеріне деген қызығушылықтың барын сипаттайды.

Гидрологиялық құрғақшылық саласындағы зерттеулер жаратылыстану ғылымдарына бағытталған, бұл ғылыми мақалалардың кеңейтілген дәйексөз индексі (SCIE) бойынша жарияланымдардың басым болуымен расталады. Сондай-ақ, жарияланымдық белсенділіктің басқа да салаларда көбею тенденциясы байқалады, бұл мәселені зерттеуде әлеуметтік, экономикалық және басқарушылық аспектілерді қосқан междисциплинарлық өсуді көрсетеді.

Зерттеулердің келесі кезеңі гидрологиялық құрғақшылық тақырыбында жарияланымдар шығаратын жетекші ғылыми журналдарды анықтауға бағытталған. Жалпы 263 ғылыми дереккөз талданып, 6-кестеде жарияланым белсенділігіне ең үлкен үлес қосқан алғашқы 25 дереккөз көрсетілген. Бұл басылымдарға 549 мақала тиесілі, оның жартысынан көбі 10 жетекші журналға шоғырланған. Осындай тәсіл гидрологиялық құрғақшылық саласындағы ғылыми нәтижелердің негізгі тарату арналарын анықтауға мүмкіндік береді. Журналдарды талдау зерттеу нәтижелерінің қай жерде ең белсенді жарияланатынын, авторлар үшін қай бағыттардың басым екенін және осы саладағы ғылыми қауымдастықтардың негізгі топтарын айқындауға септігін тигізеді.

6-кесте – Гидрологиялық құрғақшылық мәселесі бойынша жарияланымдардың топ-25 дереккөзі

№	Дереккөз атауы	Жарияланымдар саны	%	Квартиль
1	Journal of Hydrology	92	16.8	Q1
2	Water	75	13.7	Q2
3	Science of the Total Environment	38	6.92	Q1
4	Journal of Hydrology Regional Studies	35	6.38	Q1
5	Water Resources Management	31	5.65	Q1
6	Hydrological Processes	29	5.28	Q2
7	Natural Hazards	27	4.92	Q1
8	Water Resources Research	23	4.19	Q1
9	IAHS Publication	20	3.64	Q1
10	Sustainability	18	3.28	Q2
11	Remote Sensing	15	2.73	Q2
12	Hydrological Sciences Journal	14	2.55	Q2
13	International Journal of Climatology	14	2.55	Q3
14	Environmental Research Letters	13	2.37	Q1
15	Stochastic Environmental Research and Risk Assessment	13	2.37	Q2
16	Hydrology Research	12	2.19	Q2
17	Atmosphere	11	2.00	Q3
18	Atmospheric Research	11	2.00	Q2
19	Journal of Water and Climate Change	11	2.00	Q2
20	Journal of Environmental Management	9	1.64	Q1
21	Ecological Indicators	8	1.46	Q1
22	Geophysical Research Letters	8	1.46	Q1
23	Hydrological Sciences Journal	8	1.46	Q2
24	Advances in Water Resources	7	1.28	Q1
25	Agricultural Water Management	7	1.28	Q1

Гидрология және су ресурстары бойынша мамандандырылған журналдарда жарияланымдар саны ең жоғары көрсеткішке ие. Рейтингтің көшбасшысы – Journal of Hydrology журналы, ол су ресурстары мен гидрологиялық құрғақшылық мәселелері бойынша халықаралық ғылыми күн тәртібін қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Екінші орында – ашық қолжетімділігімен және гидрология, су ресурстарын басқару мен климаттық өзгерістерге бейімделу мәселелері бойынша кең ауқымды зерттеушілерді қамтуымен ерекшеленетін Water журналы тұр. Айтарлықтай көп мақалалар Science of the Total Environment сияқты пәнаралық журналдарда жарияланған, бұл гидрологиялық, экологиялық және климаттық зерттеулердің интеграциясына деген қызығушылықты сипаттайды. Сонымен қатар, Journal of Hydrology: Regional Studies,

Water Resources Management, Hydrological Processes сияқты гидрологияға бағытталған журналдар да елеулі үлес қосып отыр.

Ғылыми дереккөздердің құрылымы гидрология және су ресурстары мәселелері бойынша жетекші журналдарда жарияланымдардың шоғырланғанын айқындайды. Сонымен қатар, зерттеулердің басым бөлігі пәнаралық басылымдарда жарияланатыны – гидрологиялық құрғақшылық тақырыбының климаттық өзгерістер, табиғи қауіптер және тұрақты даму сияқты кеңірек контексте қарастырылатынын көрсетеді.

Қорытынды

Гидрологиялық құрғақшылық мәселесі бойынша ғылыми жарияланымдардың хронологиялық динамикасы мен құрылымын талдау

ғылыми қызығушылықтың тұрақты өсуін және халықаралық дискурстың (ғылыми теориялар, тұжырымдамалар, әдістер мен зерттеу нәтижелерінің жиынтығы) едәуір кеңейгенін дәлелдейді.

Соңғы екі онжылдықта зерттеулер қалыптасу кезеңінен жетекші рецензияланатын журналдарда жарияланымдардың шоғырлануы мен жоғары дәйексөз алу деңгейімен сипатталатын белсенді фазаға өтті. Ғылыми жұмыстардың негізгі бағыттарына құрғақшылықты мониторингтеу индекстерін әзірлеу, климаттық факторларды зерттеу, модельдеу және болжау, спутниктік технологияларды қолдану, сондай-ақ антропогендік әсерлерді бағалау жатады. Гидрологиялық құрғақшылықтың айқындалған тенденциялары Қазақстан жағдайында аса өзекті, себебі бұл құбылыс тұрақты дамуға елеулі қатер төндіреді. Әлемдік ғылымда жарияланымдық белсенділіктің өсуі және жаңа әдістердің (қашықтықтан зондау, климаттық модельдеу, жасанды

интеллектіні қолдану) интеграциясы су ресурстарын ұлттық деңгейде мониторингтеу және болжау жүйелерін жетілдіруге мүмкіндік береді. Халықаралық ғылыми ортаға қазақстандық зерттеулерді енгізу елдің ғылыми көрінісін күшейтіп қана қоймай, гидрологиялық құрғақшылықтың динамикалық сипаттағы жағдайларына бейімделу мен тәуекелдерді басқару стратегияларын жасауға ғылыми-әдістемелік тірек болады.

Қаржыландыру

Ғылыми зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім Министрлігі Ғылым комитетінің АР26101177 «Климаттың және ағындының тұрақсыздығы жағдайында Балқаш-Алакөл сушаруашылық алабындағы гидрологиялық құрғақшылықтың таралу ерекшеліктерін бағалау және сценарлық болжау» гранттық қаржыландыру бағдарламасы негізінде жасалынды.

Әдебиеттер

- Alimkulov, S., Makhmudova, L., Talipova, E., Baspakova, G., & Monkayeva, G. (2025). Assessment of the impacts of climate change on drought intensity and frequency using SPI and SPEI in the Southern Pre-Balkash Region, Kazakhstan. *Watershed Ecology and the Environment*, 7, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2024.12.001>.
- Alimkulov, S., Makhmudova, L., Talipova, E., Baspakova, G., Tigkas, D., & Isakan, G. (2024). Response of the water level of the Balkash Lake to the distribution of meteorological and hydrological drought under the conditions of climate change. *Journal of Water and Climate Change*, 15(7), 3395–3408. <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.271>.
- Ault, T.R. (2020). On the essentials of drought in a changing climate. *Science*, 368(6488), 256–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5492>.
- Birimbayeva, L., Makhmudova, L., Alimkulov, S., Tursunova, A., Mussina, A., Tigkas, D., Beksultanova, Z., Rodrigo-Clavero, M.-E., & Rodrigo-Ilari, J. (2024). Analysis of the spatiotemporal variability of hydrological drought regimes in the lowland rivers of Kazakhstan. *Water*, 16(16), 2316. <https://doi.org/10.3390/w16162316>.
- IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change – 2022 – URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf
- Wong, G., Van Lanen, H. A. J., & Torfs, P. J. J. F. (2013). Probabilistic analysis of hydrological drought characteristics using meteorological drought. *Hydrological Sciences Journal*, 58(2), 253–270. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.753147>.
- Hao, Z., Singh, V. P., & Xia, Y. (2018). Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects. *Reviews of Geophysics*, 56(1), 108–141. <https://doi.org/10.1002/2016RG000549>.
- West, H., Quinn, N., & Horswell, M. (2019). Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111291. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111291>.
- Mukherjee, S., Mishra, A., & Trenberth, K.E. (2018). Climate change and drought: A perspective on drought indices. *Current Climate Change Reports*, 4(2), 145–163. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0098-x>.
- Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23, 881–897. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>.
- Seager, R., & Vecchi, G.A. (2010). Greenhouse warming and the 21st century hydroclimate of Southwestern North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(50), 21277–21282. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910856107>.
- Thomas, A.C., Reager, J.T., Famiglietti, J.S., & Rodell, M. (2014). A GRACE-based water storage deficit approach for hydrological drought characterization. *Geophysical Research Letters*, 41(5), 1537–1545. <https://doi.org/10.1002/2014GL059323>.
- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S. M., Volaire, F., Boone, A., Le Page, M., Llasat, M. C., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M. Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios // *Earth-Science Reviews*. – 2020. – Vol. 210. – Article No. 103348. – DOI: 10.1016/j.earscirev.2020.103348.
- Trenberth, K.E., Dai, A., Van der Schrier, G., Jones, P.D., Barichivich, J., Briffa, K.R., & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17–22. <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>.
- Van Loon, A. F., & Laaha, G. (2015). Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology*, 526, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.059>.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., Angulo, M.E., Kenawy, A., & Coauthors. (2012). Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions*, 16(10), 1–27. <https://doi.org/10.1175/2012EI000434.1>.

Wada, Y., Van Beek, L.P.H., Wanders, N., & Bierkens, M.F.P. (2013). Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide. *Environmental Research Letters*, 8(3), 034036. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034036>.

Zhang, X., Hao, Z., Singh, V.P., Zhang, Y., Feng, S., Xu, Y., & Hao, F. (2022). Drought propagation under global warming: Characteristics, approaches, processes, and controlling factors. *Science of The Total Environment*, 838(2), 156021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156021>.

References

Alimkulov, S., Makhmudova, L., Talipova, E., Baspakova, G., & Monkayeva, G. (2025). Assessment of the impacts of climate change on drought intensity and frequency using SPI and SPEI in the Southern Pre-Balkash Region, Kazakhstan. *Watershed Ecology and the Environment*, 7, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2024.12.001>.

Alimkulov, S., Makhmudova, L., Talipova, E., Baspakova, G., Tigkas, D., & Isakan, G. (2024). Response of the water level of the Balkash Lake to the distribution of meteorological and hydrological drought under the conditions of climate change. *Journal of Water and Climate Change*, 15(7), 3395–3408. <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.271>.

Ault, T.R. (2020). On the essentials of drought in a changing climate. *Science*, 368(6488), 256–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5492>.

Birimbayeva, L., Makhmudova, L., Alimkulov, S., Tursunova, A., Mussina, A., Tigkas, D., Beksultanova, Z., Rodrigo-Clavero, M.-E., & Rodrigo-Illari, J. (2024). Analysis of the spatiotemporal variability of hydrological drought regimes in the lowland rivers of Kazakhstan. *Water*, 16(16), 2316. <https://doi.org/10.3390/w16162316>.

IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change – 2022 – URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

Wong, G., Van Lanen, H. A. J., & Torfs, P. J. J. F. (2013). Probabilistic analysis of hydrological drought characteristics using meteorological drought. *Hydrological Sciences Journal*, 58(2), 253–270. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.753147>.

Hao, Z., Singh, V. P., & Xia, Y. (2018). Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects. *Reviews of Geophysics*, 56(1), 108–141. <https://doi.org/10.1002/2016RG000549>.

West, H., Quinn, N., & Horswell, M. (2019). Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111291. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111291>.

Mukherjee, S., Mishra, A., & Trenberth, K.E. (2018). Climate change and drought: A perspective on drought indices. *Current Climate Change Reports*, 4(2), 145–163. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0098-x>.

Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23, 881–897. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>.

Seager, R., & Vecchi, G.A. (2010). Greenhouse warming and the 21st century hydroclimate of Southwestern North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(50), 21277–21282. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910856107>.

Thomas, A.C., Reager, J.T., Famiglietti, J.S., & Rodell, M. (2014). A GRACE-based water storage deficit approach for hydrological drought characterization. *Geophysical Research Letters*, 41(5), 1537–1545. <https://doi.org/10.1002/2014GL059323>.

Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S. M., Volaire, F., Boone, A., Le Page, M., Llasat, M. C., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M. Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios // *Earth-Science Reviews*. – 2020. – Vol. 210. – Article No. 103348. – DOI: 10.1016/j.earscirev.2020.103348.

Trenberth, K.E., Dai, A., Van der Schrier, G., Jones, P.D., Barichivich, J., Briffa, K.R., & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17–22. <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>.

Van Loon, A. F., & Laaha, G. (2015). Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology*, 526, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.059>.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., Angulo, M.E., Kenawy, A., & Coauthors. (2012). Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions*, 16(10), 1–27. <https://doi.org/10.1175/2012EI000434.1>.

Wada, Y., Van Beek, L.P.H., Wanders, N., & Bierkens, M.F.P. (2013). Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide. *Environmental Research Letters*, 8(3), 034036. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034036>.

Zhang, X., Hao, Z., Singh, V.P., Zhang, Y., Feng, S., Xu, Y., & Hao, F. (2022). Drought propagation under global warming: Characteristics, approaches, processes, and controlling factors. *Science of The Total Environment*, 838(2), 156021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156021>.

Авторлар туралы мәлімет:

Махмудова Лаззат Камаловна – география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, экстремалды гидрологиялық құбылыстар зертханасының жетекшісі (Алматы, Қазақстан, e-mail: mlk2002@mail.ru);

Алимқұлов Саят Құрбанбаевич – география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ басқарма төрағасының орынбасары (Алматы, Қазақстан, e-mail: sayat.alimkulov@mail.ru);

Талипова Эльмира Кайратовна – PhD, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, экстремалды гидрологиялық құбылыстар зертханасының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: elmira_280386@mail.ru);

Биримбаева Лаззат Муратбековна – «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, экстремалды гидрологиялық құбылыстар зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: birimbayeva_l@mail.ru);

Дауталиева Мақпал Естемесовна (корреспондент-автор) – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың 2-курс докторанты, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, экстремалды гидрологиялық құбылыстар зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: masimbaeva@mail.ru).

Information about authors:

Makhmudova Lyazzat Kamalovna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, JSC «Institute of Geography and Water Security», Head of the Laboratory of Extreme Hydrological Phenomena (Almaty, Kazakhstan, e-mail: mlk2002@mail.ru);

Alimkulov Sayat Kurbanbaevich – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, JSC «Institute of Geography and Water Security», Deputy Chairman of the Board (Almaty, Kazakhstan, e-mail: sayat.alimkulov@mail.ru);

Talipova Elmira Kairatovna – PhD, JSC «Institute of Geography and Water Security», Senior Researcher of the Laboratory of Extreme Hydrological Phenomena (Almaty, Kazakhstan, e-mail: elmira_280386@mail.ru);

Lyazzat Muratbekovna Birimbayeva – JSC «Institute of Geography and Water Security», Researcher of the Department of Laboratory of Extreme Hydrological Phenomena (Almaty, Kazakhstan, e-mail: birimbayeva_l@mail.ru);

Dautaliyeva Maqpal Estemesovna (corresponding author) – 2nd-year PhD student at Al-Farabi Kazakh National University, JSC «Institute of Geography and Water Security», Junior Researcher of the Department of Laboratory of Extreme Hydrological Phenomena (Almaty, Kazakhstan, e-mail: masimbaeva@mail.ru).

Сведения об авторах:

Махмудова Лаззат Камаловна – кандидат географических наук, ассоциированный профессор, АО «Институт географии и водной безопасности», руководитель лаборатории экстремальных гидрологических явлений (Алматы, Казахстан, e-mail: mlk2002@mail.ru);

Алимулов Саят Курбанбаевич – кандидат географических наук, ассоциированный профессор, АО «Институт географии и водной безопасности», заместитель председателя правления (Алматы, Казахстан, e-mail: sayat.alimkulov@mail.ru);

Талипова Эльмира Кайратовна – PhD, АО «Институт географии и водной безопасности», старший научный сотрудник лаборатории экстремальных гидрологических явлений (Алматы, Казахстан, e-mail: elmira_280386@mail.ru);

Биримбаева Лаззат Муратбековна – АО «Институт географии и водной безопасности», научный сотрудник лаборатории экстремальных гидрологических явлений (Алматы, Казахстан, e-mail: birimbayeva_l@mail.ru);

Дауталиева Мақпал Естемесовна (корреспондент-автор) – докторант 2-го курса КазНУ им. аль-Фараби, АО «Институт географии и водной безопасности», младший научный сотрудник лаборатории экстремальных гидрологических явлений (Алматы, Казахстан, e-mail: masimbaeva@mail.ru).

Поступила: 15 августа 2025 года

Принята: 20 ноября 2025 года