https://doi.org/10.55764/2957-9856/2026-3-106-117.38

МРНТИ 70.03.21; 70.94.15
УДК 556.5.04; 556.048; 327.5

А. Р. Загидуллина[*1], А. Ж. Достаева[2], Л. М. Биримбаева[3], Г. Р. Баспакова[4], Д. Н. Нурланова[5]

[1] [*]Научный сотрудник (АО «Институт географии и водной безопасности»,
Алматы, Казахстан; ***zagidullina_a_88@mail.ru***)
[2] Научный сотрудник (АО «Институт географии и водной безопасности»,
Алматы, Казахстан; *aigerim.dostaeva@gmail.com*)
[3] PhD, старший научный сотрудник (АО «Институт географии и водной безопасности»,
Алматы, Казахстан; *birimbayeva_l@mail.ru*)
[4] PhD, старший научный сотрудник (АО «Институт географии и водной безопасности»,
Алматы, Казахстан; *sharafedenova@mail.ru*)
[5] Ведущий инженер, магистрант (АО «Институт географии и водной безопасности»,
КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; *nurlanovadilnaz08@gmail.com*)

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА РЕЧНОЙ СТОК В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. Исследование влияния антропогенной деятельности на изменение речного стока имеет важное значение для устойчивого водообеспечения и рационального управления водными ресурсами. Проводится оценка антропогенной нагрузки на речной сток в 17 административных областях Республики Казахстан в целях выявления вододефицитных регионов с последующей разработкой рекомендаций по совершенствованию механизмов экономического управления водопользованием. Такой подход к оценке речного стока, формируемого в водосборных бассейнах, обусловлен системным противоречием в структуре водопользования, регулируемого по административным территориям. Проведен анализ данных о водопотреблении по отраслям экономики, определена антропогенная нагрузка на местные естественные и имеющиеся водные ресурсы (сумма местных естественных ресурсов и фактического притока в область) за среднемноголетний и маловодный год (при 75 % обеспеченности). В качестве показателя уровня антропогенной нагрузки использован преобразованный индекс Фалькенмарка – так называемый коэффициент использования ($К_{исп}$). Отмечается пространственная неоднородность распределения и использования речного стока. Местные ресурсы весьма ограничены, спрос на воду удовлетворяется преимущественно за счет трансграничного притока либо межбассейновой переброски стока. Дефицит воды сдерживает экономический рост и развитие некоторых областей. Полученные результаты представляют прикладной интерес при разработке управленческих решений в водохозяйственной отрасли.

Ключевые слова: водные ресурсы, водное хозяйство, водопотребление, водохозяйственная деятельность, антропогенная нагрузка, дефицит воды.

Введение. Процесс формирования речного стока, изначально обусловленный физико-географическими и климатическими факторами, в настоящее время претерпевает значительную трансформацию под воздействием антропогенной деятельности, что в ряде случаев приводит к истощению водных ресурсов. В значительной степени этому способствовало резкое увеличение водопотребления в мире, начавшееся в середине XX столетия в связи с интенсивным развитием всех отраслей экономики и созданием крупных водохранилищ. Исследования влияния антропогенной деятельности на изменение речного стока имеют важное значение для устойчивого водообеспечения и рационального управления водными ресурсами.

Для Казахстана эта проблема имеет особую значимость в связи с ограниченностью местных формирующихся водных ресурсов, высокой зависимостью от трансграничного притока и недостаточной эффективностью использования воды (сырьевой характер водопотребления, изношенность водохозяйственной инфраструктуры) [1-5]. Серьезным препятствием к оптимизации механизмов устойчивого управления водными ресурсами является системное противоречие: изучение и оценка речного стока проводятся в пределах естественных (природных) пространственных границ водосборов в соответствии с фундаментальным научным подходом, тогда как

экономическое управление хозяйственной деятельностью реализуется по административным территориям, границы эти редко совпадают. Неравномерное пространственное распределение водных ресурсов Казахстана в условиях различной интенсивности их использования на административных территориях увеличивает экологические и экономические риски.

Такая проблема существует во всех странах, где управление водными ресурсами проводится в разрезе административно-водохозяйственных территорий. В таких условиях большее внимание обращается на нормирование антропогенной нагрузки как инструмент управления спросом. В настоящее время в Казахстане недостаточно разработан вопрос нормирования предельной антропогенной нагрузки на водные ресурсы.

Под антропогенной нагрузкой понимается величина прямого или косвенного воздействия хозяйственной деятельности на природные комплексы в целом или их отдельные компоненты. Большинство специалистов рассматривают антропогенную нагрузку на водные ресурсы с точки зрения изменения качества воды [6-10]. Казахстанский ученый М. Ж. Бурлибаев предлагает нормирование антропогенной нагрузки с позиции определения экологического стока [11]. Зарубежные исследователи в целях оценки антропогенной нагрузки на водные ресурсы применяют различные критерии – индексы дефицита воды. В современной научной литературе используются четыре подхода с соответствующими критериями дефицита [12]:

– индекс Фалькенмарка (IF), также известный как индекс водного стресса (water stress);

– коэффициент критичности (CR), также известный как индикатор ООН;

– индекс Международного института управления водными ресурсами (IWMI);

– индекс водной бедности (WPI).

Широкую популярность в последнее время приобретает понятие «водный след» (Water Foot Print): доля (в %) «голубой» (испарившейся с поверхности искусственного водоема в процессе производства), «зеленой» (дождевой, снеговой, испарившейся с листьев растений), «серой» (использованной ранее на другие цели и очищенной воды для повторного применения) и «виртуальной» (поглощенной в промышленных товарах и продуктах питания) воды. Водный след больше подходит для оценки эффективности использования водных ресурсов [13, 14].

Из названных критериев индекс Фалькенмарка (индекс водного стресса) является наиболее широко используемым главным образом из-за его простоты и ясности. IF показывает отношение между водоснабжением (возобновляемыми водными ресурсами) и спросом на воду (забор воды), а также водой, необходимой для поддержания экологического баланса. Уровень потребления водных ресурсов, в свою очередь, зависит от социально-экономического развития страны или региона, численности населения и физико-географических условий водосбора. Таким образом, понятие «антропогенная нагрузка на водные ресурсы» является эколого-экономической и включает в себя показатели как водообеспеченности территории и населения, так и экологического стока.

Оценки уровня антропогенной нагрузки на водные ресурсы с использованием IF апробированы как зарубежными, так и отечественными специалистами [4, 15-18]. Более того, этот индекс используется в качестве показателя ЦУР ООН 6.4.2. По данным FAO (Food and Agriculture Organization) [19], среднемировой уровень нагрузки на водные ресурсы составляет 13 %, однако в 32 странах уровень нагрузки на водные ресурсы колеблется от 25 % (когда начинает ощущаться нехватка воды) до 70 %, а в 22 странах превышает 70 %, что свидетельствует о серьезной нехватке воды. В Казахстане средний уровень нагрузки на водные ресурсы, согласно данным [20], составляет 30 %, что соответствует высоким значениям показателя.

В данной работе проводится оценка антропогенной нагрузки на речной сток в 17 административных областях Республики Казахстан в целях выявления вододефицитных регионов с последующей разработкой рекомендаций по совершенствованию механизмов экономического управления водопользованием.

Материалы и методы. В качестве показателя уровня антропогенной нагрузки на водные ресурсы использован преобразованный индекс Фалькенмарка – так называемый коэффициент использования ($К_{исп}$), который равен процентному отношению величины водозабора к возобновляемым водным ресурсам. В зависимости от значения коэффициента использования региону присваивается та или иная категория (уровень, степень) антропогенной нагрузки (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация степени антропогенной нагрузки на водные ресурсы

Table 1 – Classification of the degree of anthropogenic load on water resources

Категория	$К_{исп}$, %	Характеристика
I	<10	Низкая нагрузка на водные ресурсы – регионы не испытывают серьезных проблем с водообеспечением
II	10-20	Умеренная нагрузка на водные ресурсы – уровень водообеспечения становится фактором, ограничивающим развитие региона
III	20-40	Высокая нагрузка на водные ресурсы – для устойчивости развития необходимо регулировать спрос и предложение на воду
IV	40-60	Очень высокая нагрузка на водные ресурсы – имеет место серьезный дефицит воды и настоятельная необходимость регулирования и ограничения водопотребления, привлечения дополнительных источников водообеспечения. Дефицит водных ресурсов становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение уровня благосостояния населения
V	>60	Критически высокая нагрузка – дефицит водных ресурсов становится критическим фактором развития экономики и жизнедеятельности

Оценка возобновляемых ресурсов речного стока проводилась по методике, разработанной Институтом географии и водной безопасности [21], согласно которой в административной области определялись:

– естественные местные ресурсы, формирующиеся на данной территории;

– фактический приток из сопредельных областей и из-за рубежа на данную территорию (суммарный объем стока рек и водотоков, поступающих в ее пределы извне);

– фактический отток за пределы исследуемой территории (суммарный объем стока рек и водотоков, вытекающий за ее пределы);

– суммарные ресурсы (суммарное значение объемов вод местного формирования и притока из сопредельных районов).

Для оценки речного стока использовались данные стационарных наблюдений сети РГП «Казгидромет» и справочных изданий «Многолетние данные о режиме поверхностных вод суши» (МДС), «Ежегодные данные о режиме поверхностных вод суши» (ЕДС), подготавливаемые и публикуемые УГМС КазССР.

Оценка заборов и использования воды отраслями экономики проводилась на основе данных статистической формы ведомственного статистического наблюдения 2-ТП (водхоз) и отчетов о деятельности бассейновых инспекций по регулированию использования и охране водных ресурсов.

Результаты. Суммарные водные ресурсы рек Казахстана составляют 107 км^3 в средний по водности год, из них 60,0 км^3 формируется в республике, остальной объем притекает из сопредельных стран (Китая, России, Узбекистана, Кыргызстана). Среднегодовое водопотребление отраслей экономики составляет 20,3 км^3, к основным группам водопотребителей относятся сельское хозяйство, промышленность и коммунально-бытовое хозяйство. Сельское хозяйство, куда входят орошение регулярное, орошение лиманное, сельхозводоснабжение и обводнение пастбищ, потребляет 70 % от общего водозабора – 14,4 км^3, из которых порядка 10,0 км^3 составляет забор воды на орошение. На промышленность приходится 21,4 % водозабора – около 5,0 км^3. На коммунально-бытовые и хозяйственно-питьевые нужды в среднем расходуется 800 млн м^3 в год, что составляет 4 % от общего водозабора. На рисунке 1 представлена карта-схема с долями использования водных ресурсов отраслями экономики.

В южных регионах Казахстана ведущую роль играет аграрный сектор экономики, который выступает главным потребителем пресной воды. В Кызылординский, Туркестанской и Жамбылской областях на долю орошаемого земледелия приходится около 90 % от общего водопотребления, в Алматинской и Жетысуской областях – около 50 %. В Кызылординской области в среднем расходуется 3,0 млрд м^3 воды (81 % от общего объема водопотребления области) на регулярное орошение рисовых полей, в Туркестанской области – 2,7 млрд м^3 воды (85 % от общего объема водопотребления области) на регулярное орошение хлопковых полей. В Жамбылской области 867 млн м^3 (74 %) забираемого речного стока используется на регулярное орошение, 222 млн м^3 (19 %) – на лиманное орошение (залив сенокосов); выращивают зерновые, кормовые, овощные и бахчевые культуры.

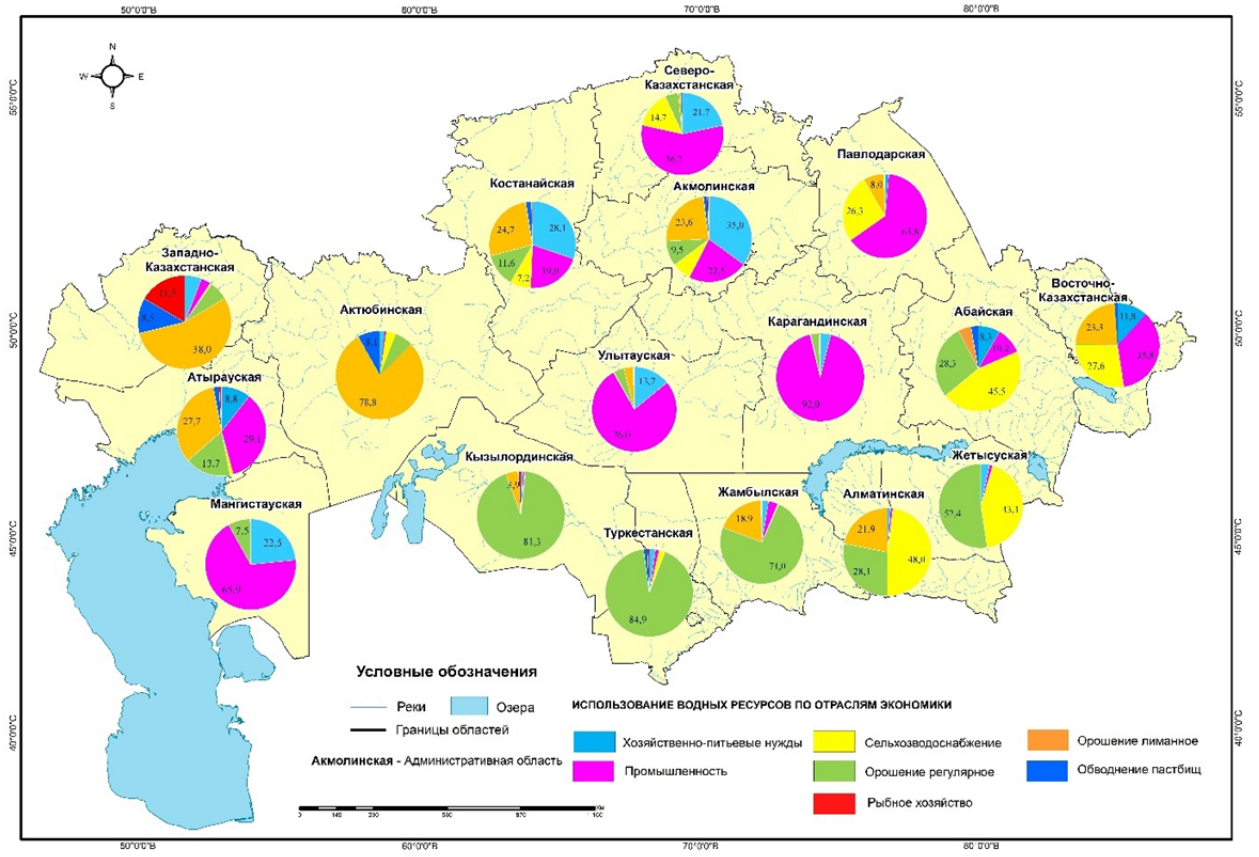


Рисунок 1 – Доли использования водных ресурсов отраслями экономики

Figure 1 – Shares of water resource use by economic sectors

Западный регион имеет индустриально-аграрную направленность экономики. Нефтегазовый сектор является основой экономики, но по использованию воды преобладает лиманное орошение – однократное увлажнение земель весенним стоком, что крайне характерно для засушливых степных и полупустынных зон Актюбинской (79 %), Западно-Казахстанской (38 %) и Атырауской (28 %) областей, где развито кормопроизводство для скота, также в регионе высокая доля использования воды для обводнения пастбищ (около 8 %). В Западно-Казахстанской области самая высокая в стране доля использования воды для рыбного хозяйства – 11,5 %. Помимо главной артерии реки Жайык, ключевое значение для воспроизводства рыбы имеют Жайык-Кошимская оросительно-обводнительная система и Камыш-Самарская система мелководных озер и болот, которые служат идеальным природным нерестилищем и местом нагула для множества видов рыб. Для западного региона также высока доля использования речного стока для питьевых нужд населения, за исключением Актюбинской области, где для этих целей используются подземные воды. В Мангистауской области, где речной сток практически не формируется, потребности в воде нефтяных месторождений и прилегающих к ним населенных пунктов обеспечиваются в основном за счет подачи волжской воды (забор производится из протоки Кигаш – дельты реки Волги) по магистральному водоводу «Астрахань–Мангышлак», а также опреснения морской воды Каспия.

В восточном регионе развит индустриально-энергетический комплекс. Гидроэнергетика (каскад Ертисской ГЭС) является водопользователем и функционирует без изъятия воды из оборота. Главным водопотребителем в Восточном Казахстане являются горно-обогатительные и металлургические производства. Доля использования воды промышленными гигантами Усть-Каменогорска, Риддера и Алтая составляет 36 % от общего объема водопотребления области. Также в регионе развито богарное (неполивное) растениеводство, выращивают подсолнечник и зерновые; развито животноводство, поэтому высока доля использования воды для сельхозводоснабжения – 28 % в ВКО, 46 % в Абайской области.

Экономика Павлодарской, Карагандинской и Улытауской областей базируется на водоемких и энергоемких отраслях: угольной промышленности (Экибастуз, Караганда), черной (Темиртау) и цветной (Жезказган) металлургии. Доля водопотребления на производственные нужды достигает 76 % в Улытауской и 92 % в Карагандинской областях. Объем изъятия воды в Карагандинской области в среднем составляет 1,3 млрд м^3 в год – это огромная цифра, сопоставимая с потреблением Жамбылской области на сельское хозяйство.

Северный регион специализируется на богарном (неполивном) земледелии, ключевым направлением является возделывание зерновых культур, прежде всего яровой пшеницы. Так как богарное земледелие не требует искусственного орошения, половина используемого речного стока расходуется на нужды животноводства и обеспечение населенных пунктов, в том числе столицы г. Астаны. Исключением является Северо-Казахстанской область, где наибольшая доля потребления воды – 57 % приходится на промышленность, представленную машиностроением и обработкой сельхозсырья. В Акмолинской и Костанайской областях доля промышленности в использовании воды составляет порядка 20% от общего водозабора.

Оценка антропогенной нагрузки на речной сток в административных областях Республики Казахстан определялась отдельно для ежегодно возобновляемых местных естественных ресурсов, формирующихся в области, и имеющихся водных ресурсов (сумма местных естественных ресурсов и фактического притока в область) за средний по водности год и маловодный год (при 75 % обеспеченности). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Антропогенная нагрузка на водные ресурсы относительно суммарных и местных водных ресурсов в различные по водности годы по административным областям

Table 2 – Anthropogenic pressure on water resources relative to total and local water resources during years of varying water availability, by administrative region

Область	Водные ресурсы, млн м^3/год				Нагрузка на водные ресурсы							
	в средний по водности год (Р=50 %)		в маловодный год (Р=75 %)		в средний по водности год				в маловодный год (Р=75 %)			
					на местные ресурсы		на суммарные ресурсы		на местные ресурсы		на суммарные ресурсы	
	$W_{мест.}$	$W_{сум.}$	$W_{мест.}$	$W_{сум.}$	%	категория	%	категория	%	категория	%	категория
Абайская	4766	2709	3573	24666	3,34	I	5,87	I	4,45	I	0,64	I
Акмолинская	1411	2184	912	1412	10,3	II	6,67	I	16,0	II	10,3	II
Актюбинская	2209	2450	1664	1745	12,9	II	11,7	II	17,2	II	16,4	II
Алматинская	5211	10772	4648	9445	45,7	IV	22,1	II	51,2	IV	25,2	II
Атырауская	32,3	7 823	24,5	6 277	651	V	2,69	I	858	V	3,35	I
Восточно-Казахстанская	23398	30103	19253	24876	1,61	I	1,25	I	1,96	I	1,52	I
Жамбылская	1645	4916	1 302	3933	141	V	47,1	IV	178	V	58,9	IV
Жетысуская	10116	16420	8661	14089	14,7	II	9,0	I	17,1	II	10,5	II
Западно-Казахстанская	1530	9585	1097	7301	31,2	IV	4,98	I	43,5	IV	6,54	I
Карагандинская	1049	1084	683	719	155	V	150	V	238	V	226	V
Костанайская	1086	1925	799	1331	19,7	II	11,1	II	26,8	III	16,1	II
Кызылординская	126	4403	93,7	1992	2985	V	29,2	III	4261	V	39,2	III
Мангыстауская*	10,1	10,1	8,76	8,76	–	–	–	–	–	–	–	–
Павлодарская	338	27247	278	24886	860	V	10,7	II	1046	V	11,7	II
Северо-Казахстанская	465	1551	319	985	18,6	II	5,6	I	27,1	II	8,77	I
Туркестанская	2796	17340	2368	13516	106	V	17,0	II	129	V	22,6	III
Улытауская	788	788	496	496	33,6	III	33,6	III	53,4	IV	53,4	IV

*Антропогенная нагрузка на водные ресурсы Мангыстауской области не рассматривалась, так как в регионе используется вода Каспийского моря и водовода «Астрахань-Мангышлак».

В административном разрезе достаточным объемом местных ресурсов обладают Восточно-Казахстанская и Абайская области. Уровень антропогенной нагрузки является низким (I категория), коэффициент использования не превышает 10 % даже в маловодные годы.

Умеренную нагрузку (до 20 %) испытывают местные и суммарные ресурсы Северо-Казахстанской, Акмолинской, Жетысуской, Актюбинской и Костанайской областей (II категория).

В Улытауской области отмечается высокая антропогенная нагрузка (III категория) как для местных, так и для суммарных ресурсов, которая в маловодные годы становится очень высокой (IV категория). Дефицит воды сдерживает экономический рост и развитие области.

В Западно-Казахстанской, Атырауской, Алматинской и Павлодарской областях нагрузка на местные ресурсы очень высокая (IV-V категории), имеет место серьезный дефицит воды, однако при сохранении притока воды в эти области с соседних территорий сохраняется возможность использования суммарных водных ресурсов: для ЗКО благодаря трансграничному притоку по р. Жайык, для Атырауской области благодаря трансграничному притоку по р. Жайык и рукаву Кигаш, в Алматинской области благодаря трансграничному притоку по р. Иле, в Павлодарской области благодаря притоку по р. Ертис из Абайской области.

В Туркестанской и Кызылординской областях антропогенная нагрузка на местные ресурсы является критически высокой (V категория). Спрос на воду удовлетворяется только за счет трансграничного притока по р. Сырдария, при этом нагрузка на суммарные ресурсы является высокой (III категория). Аналогичная ситуация сложилась и в Жамбылской области, однако, несмотря на трансграничный приток по рекам Шу и Талас, нагрузка на суммарные ресурсы является очень высокой (IV категория), коэффициент использования достигает 47 % в средние по водности годы, 59 % в маловодные годы.

В Карагандинской области отмечается критически высокая антропогенная нагрузка как на местные, так и на суммарные водные ресурсы (с учетом переброски стока по каналу им. К. Сатпаева). Здесь самый высокий коэффициент использования по республике – 150 % в средние по водности годы, 226 % в маловодные годы.

В Мангистауской области речной сток практически не формируется, поэтому антропогенная нагрузка для него не рассчитывалась. В регионе используется опресненная вода Каспийского моря и волжская вода, переброшенная водоводом «Астрахань-Мангышлак».

Для наглядного изображения на рисунках 2-5 представлены карты-схемы антропогенной нагрузки на водные ресурсы Республики Казахстан по административным областям в средний по водности год и в маловодный год.

Карты-схемы отражают степень вовлечения водных ресурсов в хозяйственное использование в административных областях Республики Казахстан и позволяют оценить территориальные различия интенсивности водопользования.

Анализ картографических материалов показывает, что в средний по водности год наибольшая антропогенная нагрузка наблюдается в Карагандинской, Улытауской, Жамбылской, Кызылординской областях, где уровень нагрузки оценивается как высокий и очень высокий. В условиях маловодного года наблюдается существенное усиление антропогенной нагрузки практически по всей территории Казахстана. Для большинства административных областей уровень нагрузки возрастает до категории «очень высокая», что свидетельствует о значительном увеличении доли используемых водных ресурсов в условиях дефицита стока.

Обсуждение. Полученные результаты демонстрируют пространственную неравномерность распределения и использования поверхностных водных ресурсов в Республике Казахстан и выявляют регионы с очень высокой и критической антропогенной нагрузкой. Структурный анализ водопотребления подтверждает, что характер антропогенной нагрузки обусловлен отраслевой специализацией регионов. Выявлен водохозяйственный дисбаланс между зонами формирования и потребления водных ресурсов: наиболее водообеспеченным является восточный регион (Восточно-Казахстанская область), но отраслями экономики используется не более 10 % речного стока. Южные регионы страны являются главными водопотребителями, на три из 17 областей: Кызылординскую, Туркестанскую и Жамбылскую приходится половина общереспубликанского водозабора, при этом их местные ресурсы весьма ограничены. Покрытие колоссального спроса регулярным орошением осуществляется преимущественно за счет трансграничного притока, что обусловливает

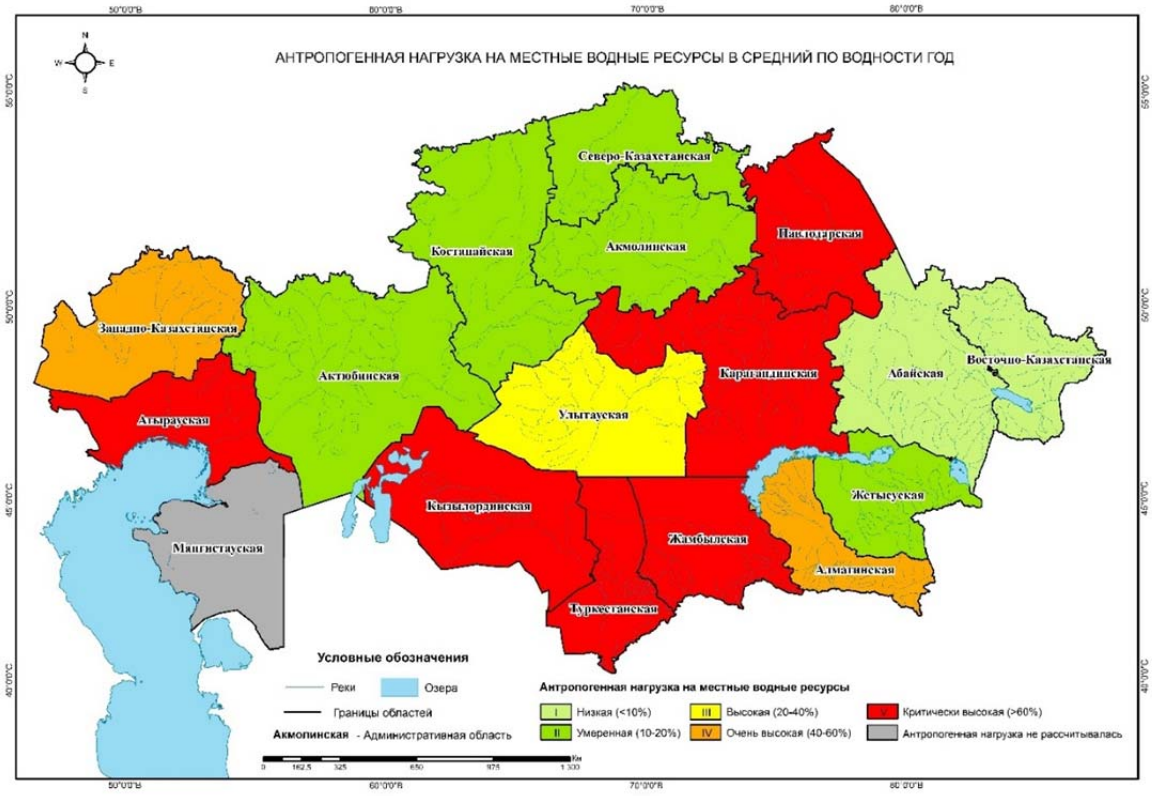


Рисунок 2 – Антропогенная нагрузка на местные водные ресурсы в средний по водности год

Figure 2 – Anthropogenic pressure on local water resources in an average water year

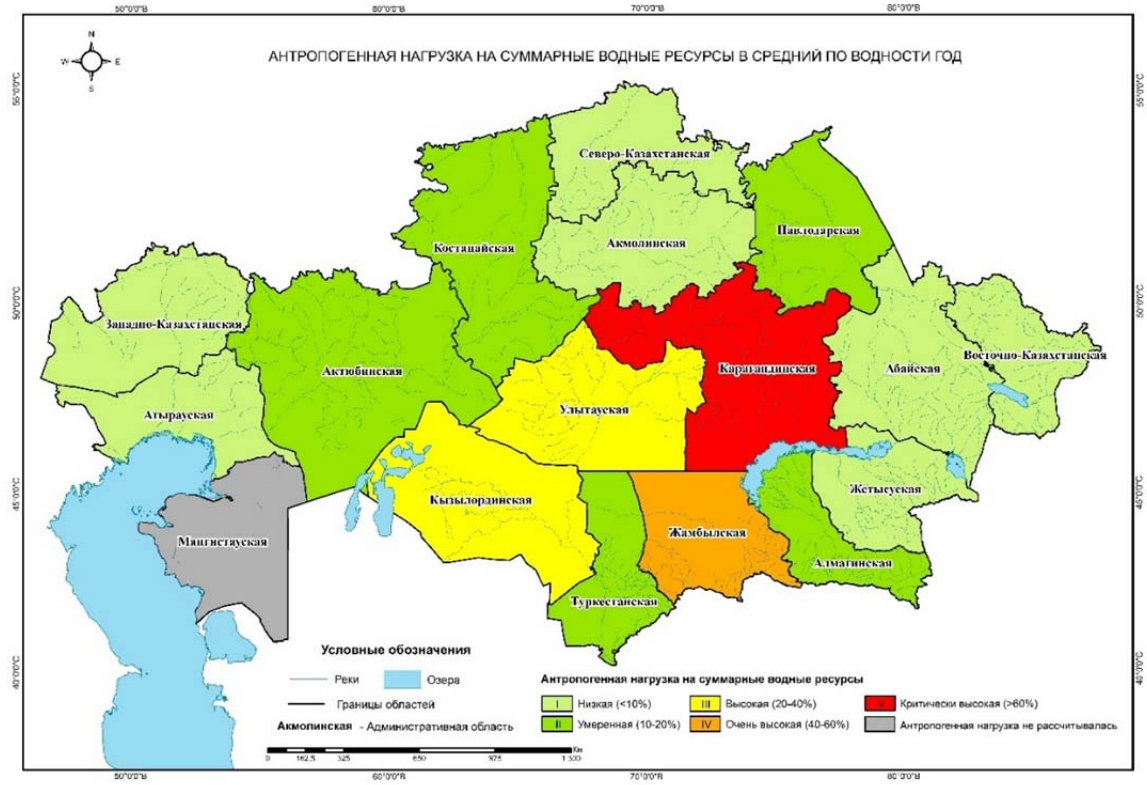


Рисунок 3 – Антропогенная нагрузка на суммарные водные ресурсы в средний по водности год

Figure 3 – Anthropogenic load on total water resources in an average water year

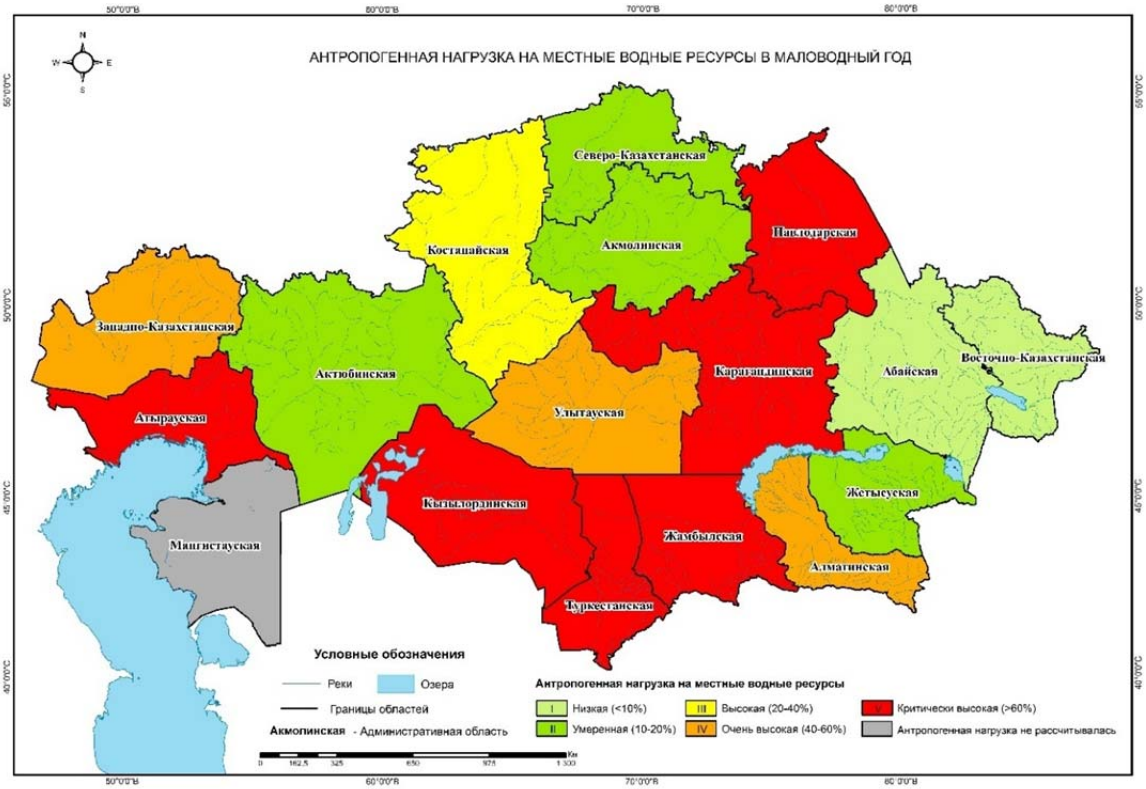


Рисунок 4 – Антропогенная нагрузка на местные водные ресурсы в маловодный год

Figure 4 – Anthropogenic pressure on local water resources in a low-water year

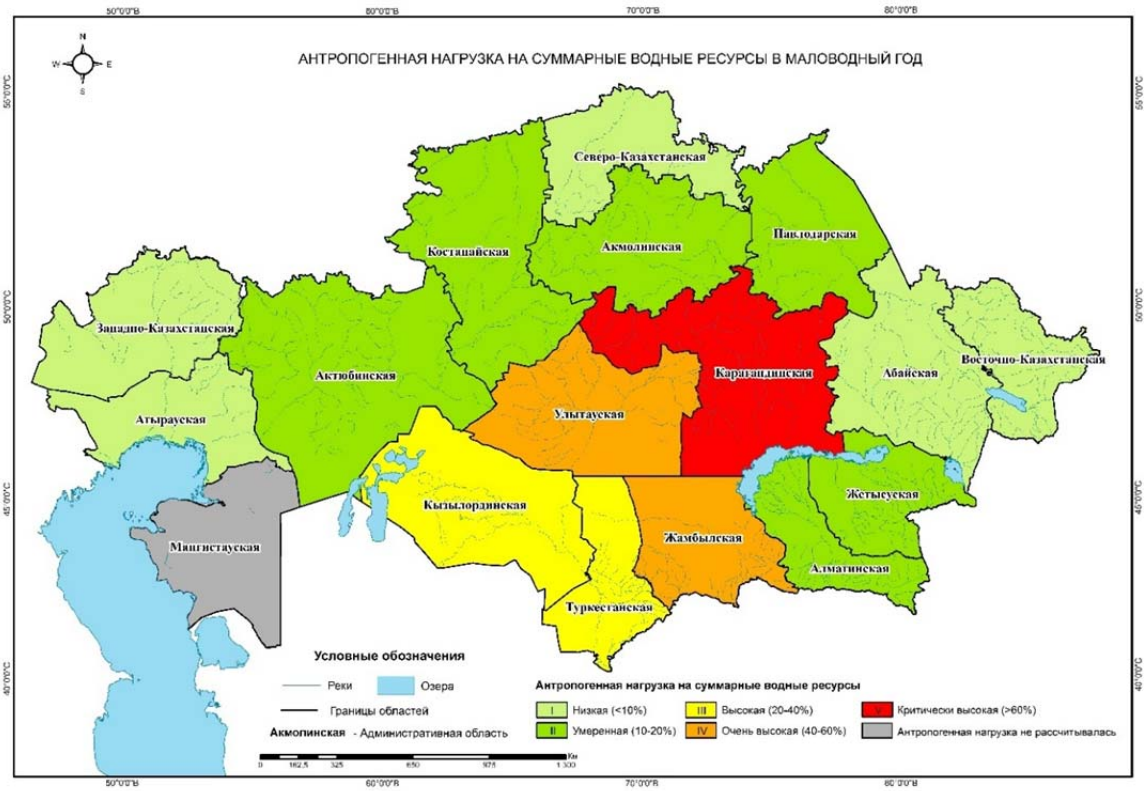


Рисунок 5 – Антропогенная нагрузка на суммарные водные ресурсы в маловодный год

Figure 5 – Anthropogenic load on total water resources in a low-water year

критическую водозависимость региональной экономики от внешних геополитических факторов, кратно увеличивая экономические и экологические риски. Очень высокая антропогенная нагрузка в условиях дефицита воды отмечается также в промышленном центральном регионе (Карагандинская и Улытауская области), что становится сдерживающим фактором развития его экономики и благосостояния населения.

Заключение. В условиях глобальных и региональных изменений климата и нарастающих антропогенных нагрузок рост дефицита воды неизбежен. Очевидна необходимость реформ в водохозяйственной отрасли, переход от экстенсивного водопользования к интенсивному способу эксплуатации, оптимизация структуры посевных земель с сокращением доли влагоемких культур, модернизация и реконструкция водохозяйственной инфраструктуры (каналов и водоводов) для минимизации потерь при транспортировке воды, внедрение водосберегающих технологий. Однако системное противоречие между бассейновой природой формирования речного стока и административно-территориальным управлением экономикой существенно снижает эффективность устойчивого водообеспечения Республики Казахстан. Поэтому результаты проведенной в работе оценки речного стока и уровня антропогенной нагрузки на него в административных областях представляют прикладной интерес при оптимизации механизмов распределения водных ресурсов, регламентировании нагрузки на водные ресурсы, корректировке лимитов водопотребления с учетом гидрологических рисков, разработке стратегий управления водными ресурсами.

Финансирование. Исследование проводилось в рамках программы BR23791322 НТП «Научно-техническое обеспечение сохранения, воспроизводства и эффективного распределения водных ресурсов для обеспечения водной безопасности РК» по мероприятию 1 «Оценка и прогноз наличия ежегодно возобновляемых поверхностных водных ресурсов по годам различной водообеспеченности по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Об утверждении Концепции развития системы управления водными ресурсами Республики Казахстан на 2024-2030 годы [Электронный ресурс] – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066 (дата обращения 11.08.2026).

[2] Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 30-ти томах. – Т. VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Кн. 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под ред. Р. И. Гальперина. – Алматы, 2012. – 684 с.

[3] Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 30-ти томах. – Т. VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Кн. 2. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана / Достай Ж. Д., Алимкулов С. К., Сапарова А. А. – Алматы, 2012. – 360 с.

[4] Medeu A. R., Alimkulov S. K., Tursunova A .A., Myrzahmetov A. B., Saparova A. A., Baspakova G. R., Kulebaev K. M. Anthropogenic load on water resources of Kazakhstan // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. – Vol. 14. – P. 301-307.

[5] Алимкулов С. К., Турсунова А. А., Сапарова А. А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатическихи антропогенных изменений // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 1. – С. 59-70. – DOI: https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69

[6] Рыбкина И. Д. Оценка антропогенной нагрузки на водные ресурсы и эффективности их использования: обзор методологических подходов // Антропогенная трансформация природной среды. – 2023. – Т. 9, № 2 – С.55-67. – DOI: https://doi.org/10.17072/2410-8553-2023-2-55-67

[7] Тунгатар Д. С., Кайпбаев Е. Т., Исмаилова Г. К., Калмашова А. Н. Өзендерге түсетін антропогендік әсерді бағалаудың әдіснамалық тәсілдерін талдау // Ізденістер, нәтижелер –Исследования, результаты. – 2025. – № 3(107). – Б. 566-574. – DOI: https://doi.org/10.37884/3-2025/55

[8] Ясинский С. В., Кашутина Е. А., Сидорова М. В., Нарыкова А. Н. Антропогенная нагрузка и влияние водосбора на диффузный сток биогенных элементов в крупный водный объект (на примере водосбора Чебоксарского водохранилища) // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 5. – С. 630-648.

[9] Стоящева Н. В. Антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна Верхней Оби в разные по водности периоды: динамика и прогноз // Водное хозяйство России. – 2020. – № 3. – С. 52-67.

[10] Решетняк О. С., Космено Л. С., Коваленко А. А. Антропогенная нагрузка и качество воды на замыкающих створах рек арктической зоны России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2022. – № 3. – С. 3-17.

[11] Бурлибаев М. Ж., Фащевский Б. В., Опп К., Бурлибаева Д. М., Кайдарова Р. К., Вагапов А. Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана – Алматы: Изд-во «Қағанат», 2014. – 408 с.

[12] Михель Д. В. Реферативная статья: Читонге Х. Урбанизация и водный кризис в Африке: картографирование порядков дефицита воды // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 9: Востоковедение и африканистика. – 2021. – № 1. – С. 74-80.

[13] Alimkulov S., Makhmudova L., Tskhay M. et. al. Assessment of Green and Blue Water Footprint Components of Agricultural Crops in the Shu-Talas River Basin, Kazakhstan // Water. – 2026. – Vol. 18, 1344. – DOI: https://doi.org/10.3390/w18111344

[14] Wu X. J., Li Y. P., Liu J., Huang G. H., Ding Y. K., Sun J., Zhang H. Identifying optimal virtual water management strategy for Kazakhstan: A factorial ecologically-extended input-output model // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 297. – 113303 – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113303

[15] Whitney K. M., Vivoni E. R., Bohn Th. J. et. al. Spatial attribution of declining Colorado River streamflow under future warming // Journal of Hydrology. – 2023. – Vol. 617. – Part C. – DOI: doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129125

[16] Zhao R., Sun H., Xing L., Li R., Li M. Effects of anthropogenic climate change on the drought characteristics in China: From frequency, duration, intensity, and affected area // Journal of Hydrology. – 2023. – Vol. 617. – Part B. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.129008

[17] Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И. А. Шикломанова. – СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008. – 600 с.

[18] Турсунова А. А., Хазирова М. Ж. Антропогенная нагрузка на водные ресурсы Нура-Сарысуского водохозяйственного бассейна Казахстана // Сборник трудов V Научно-практической конференции «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания». – Брест, 2022. – Ч. 2. – С. 203-208.

[19] ФАО. 2018. Прогресс в области определения уровня нагрузки на водные ресурсы: глобальный базисный уровень для показателя 6.4.2 ЦУР 6. 2018. Рим. ФАО / «ООН – водные ресурсы». – 58 с.

[20] Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – URL: https://stat.gov.kz/ru/ (дата обращения 02.08.2026).

[21] Алимкулов С. К., Турсунова А. А., Махмудова Л. К., Сапарова А. А., Кулебаев К. М., Базарбек А. Т. Жер беті су ресурстарын бағалаудың әдістемелік негіздері // Гидрометеорология және экология. – 2025. – № 1(116). – С. 148-162.

REFERENCES

[1] On Approval of the Concept for the Development of the Water Resources Management System of the Republic of Kazakhstan for 2024-2030 [Electronic resource]. URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066 (accessed 11.08.2026) (in Russ.).

[2] Water Resources of Kazakhstan: Assessment, Forecast, Management: in 30 volumes. Vol. VII. River Runoff Resources of Kazakhstan. Book 1. Renewable Surface Water Resources of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan / Ed. by R. I. Galperin. Almaty, 2012. 684 p. (in Russ.).

[3] Water Resources of Kazakhstan: Assessment, Forecast, Management: in 30 volumes. Vol. VII. River Runoff Resources of Kazakhstan. Book 2. Renewable Surface Water Resources of Southern and Southeastern Kazakhstan / Zh. D. Dostai, S. K. Alimkulov, A. A. Saparova. Almaty, 2012. 360 p. (in Russ.).

[4] Medeu A. R., Alimkulov S. K., Tursunova A. A., Myrzahmetov A. B., Saparova A. A., Baspakova G. R., Kulebaev K. M. Anthropogenic load on water resources of Kazakhstan // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. – Vol. 14. – P. 301-307.

[5] Alimkulov S. K., Tursunova A. A., Saparova A. A. River runoff resources of Kazakhstan under future climate and anthropogenic changes // Hydrometeorology and Ecology. 2021. No. 1. P. 59-70. DOI: https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69 (in Russ.).

[6] Rybkina I. D. Assessment of anthropogenic load on water resources and efficiency of their use: a review of methodological approaches // Anthropogenic Transformation of the Natural Environment. 2023. Vol. 9, No. 2. P. 55-67. DOI: https://doi.org/10.17072/2410-8553-2023-2-55-67 (in Russ.).

[7] Tungatar D. S., Kaipbaev E. T., Ismailova G. K., Kalmashova A. N. Analysis of methodological approaches to assessing anthropogenic impact on rivers // Izdenister, Natizheler – Research, Results. 2025. No. 3(107). P. 566-574. DOI: https://doi.org/10.37884/3-2025/55 (in Kaz.).

[8] Yasinsky S. V., Kashutina E. A., Sidorova M. V., Narykova A. N. Anthropogenic load and the influence of the catchment on diffuse runoff of biogenic elements into a large water body (a case study of the Cheboksary Reservoir catchment) // Water Resources. 2020. Vol. 47, No. 5. P. 630-648 (in Russ.).

[9] Stoyashcheva N. V. Anthropogenic load on water bodies of the Upper Ob River basin during periods of different water availability: dynamics and forecast // Water Sector of Russia. 2020. No. 3. P. 52-67 (in Russ.).

[10] Reshetnyak O. S., Kosmenko L. S., Kovalenko A. A. Anthropogenic load and water quality at closing gauging stations of rivers in the Arctic zone of Russia // Moscow University Bulletin. Series 5: Geography. 2022. No. 3. P. 3-17 (in Russ.).

[11] Burlibaev M. Zh., Fashchevsky B. V., Opp K., Burlibaeva D. M., Kaidarova R. K., Vagapov A. R. Scientific foundations for regulation of ecological river runoff in Kazakhstan. Almaty: Kaganat Publishing House, 2014. 408 p. (in Russ.).

[12] Mikhel D. V. Review article: Chitonge H. Urbanization and water crisis in Africa: mapping water scarcity levels // Social Sciences and Humanities. Domestic and Foreign Literature. Series 9: Oriental and African Studies. 2021. No. 1. P. 74-80 (in Russ.).

[13] Alimkulov S., Makhmudova L., Tskhay M. et al. Assessment of Green and Blue Water Footprint Components of Agricultural Crops in the Shu-Talas River Basin, Kazakhstan // Water. 2026. Vol. 18. 1344. DOI: https://doi.org/10.3390/w18111344

[14] Wu X. J., Li Y. P., Liu J., Huang G. H., Ding Y. K., Sun J., Zhang H. Identifying optimal virtual water management strategy for Kazakhstan: A factorial ecologically-extended input-output model // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 297. 113303. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113303

[15] Whitney K. M., Vivoni E. R., Bohn Th. J. et al. Spatial attribution of declining Colorado River streamflow under future warming // Journal of Hydrology. 2023. Vol. 617. Part C. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129125

[16] Zhao R., Sun H., Xing L., Li R., Li M. Effects of anthropogenic climate change on the drought characteristics in China: From frequency, duration, intensity, and affected area // Journal of Hydrology. 2023. Vol. 617. Part B. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.129008

[17] Water Resources of Russia and Their Use / Ed. by I.A. Shiklomanov. – St. Petersburg: State Hydrological Institute, 2008. 600 p. (in Russ.).

[18] Tursunova A. A., Khazirova M. Zh. Anthropogenic load on water resources of the Nura-Sarysu water management basin of Kazakhstan // Proceedings of the V Scientific and Practical Conference “Current Scientific, Technical and Environmental Problems of Habitat Preservation”. Brest, 2022. Part 2. P. 203-208 (in Russ.).

[19] FAO. 2018. Progress on the Level of Water Stress: Global Baseline for SDG Indicator 6.4.2. 2018. Rome: FAO / UN-Water. 58 p. (in Russ.).

[20] Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource]. URL: https://stat.gov.kz/ru/ (accessed 02.08.2026). (in Russ.).

[21] Alimkulov S. K., Tursunova A. A., Makhmudova L. K., Saparova A. A., Kulebaev K. M., Bazarbek A. T. Methodological foundations for assessing surface water resources // Hydrometeorology and Ecology. 2025. No. 1(116). P. 148-162 (in Kaz.).

А. Р. Загидуллина[*1], А. Ж. Достаева[2], Л. М. Биримбаева[3], Г. Р. Баспакова[4], Д. Н. Нурланова[5]

[1 *] Ғылыми қызметкері («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ,
Алматы, Қазақстан; ***zagidullina_a_88@mail.ru***)
[2] Ғылыми қызметкері («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ,
Алматы, Қазақстан; *aigerim.dostaeva@gmail.com*)
[3] PhD, аға ғылыми қызметкері («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ,
Алматы, Қазақстан; *birimbayeva_l@mail.ru*)
[4] PhD, аға ғылыми қызметкері («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ,
Алматы, Қазақстан; *sharafedenova@mail.ru*)
[5] Жетекші-инженер, магистрант («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ,
әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан; *nurlanovadilnaz08@gmail.com*)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ӘКІМШІЛІК ОБЛЫСТАРЫ БОЙЫНША ӨЗЕН АҒЫНДЫСЫНА АНТРОПОГЕНДІК ЖҮКТЕМЕ

Аннотация. Өзен ағындысының өзгеруіне адам әрекетінің әсерін зерттеу тұрақты сумен қамтамасыз ету және су ресурстарын орынды басқару үшін аса маңызды. Бұл жұмыста су тапшылығы бар өңірлерді анықтау және кейіннен су пайдалануды экономикалық басқару тетіктерін жетілдіру бойынша ұсынымдар әзірлеу мақсатында Қазақстан Республикасының 17 әкімшілік облысы шегіндегі өзен ағындысына антропогендік жүктемеге бағалау жүргізілді. Су жинау бассейндері шегінде қалыптасатын өзен ағындысын бағалаудың мұндай тәсілі әкімшілік аумақтар бойынша реттелетін су пайдалану құрылымындағы жүйелік қайшылыққа негізделген. Мақалада экономика салалары бойынша су тұтыну деректеріне талдау жүргізіліп, жергілікті табиғи және қолда бар су ресурстарына (жергілікті табиғи ресурстар мен облысқа нақты келіп түсетін ағындының қосындысы) орташа көпжылдық және суы аз жылдағы (75 % қамтамасыз етілу жағдайында) антропогендік жүктемеге баға берілді. Антропогендік жүктеме деңгейінің көрсеткіші ретінде өзгертілген Фалькенмарк индексі – пайдалану коэффициенті ($K_{пай}$) қолданылды. Өзен ағындысының таралуы мен пайдаланылуында кеңістіктік біркелкі еместік байқалады. Жергілікті су ресурстарының көлемі өте шектеулі, ал суға деген сұраныс негізінен трансшекаралық ағын немесе бассейндер арасындағы ағынды қайта бөлу есебінен қанағаттандырылады. Су тапшылығы жекелеген облыстардың экономикалық өсуі мен дамуын тежейді. Алынған нәтижелер су шаруашылығы саласында басқарушылық шешімдер әзірлеу кезінде қолданбалы маңызға ие.

Түйін сөздер: су ресурстары, су шаруашылығы, су тұтыну, су шаруашылығы қызметі, антропогендік жүктеме, су тапшылығы.

A. R. Zagidullina[*1], A. Zh. Dostayeva[2], L. M. Birimbayeva[3], G. R. Baspakova[4], D. N. Nurlanova[5]

[1] *Researcher (JSC «Institute of Geography and water security»,
Almaty, Kazakhstan; ***zagidullina_a_88@mail.ru***)
[2] Researcher (JSC «Institute of Geography and water security»,
Almaty, Kazakhstan; *aigerim.dostaeva@gmail.com*)
[3] PhD, Senior Researcher (JSC «Institute of Geography and water security»,
Almaty, Kazakhstan; *birimbayeva_l@mail.ru*)
[4] PhD, Senior Researcher (JSC «Institute of Geography and water security»,
Almaty, Kazakhstan; *sharafedenova@mail.ru*)
[5] Lead Engineer, Master's student (JSC «Institute of Geography and water security»,
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *nurlaovadilnaz08@gmail.com*)

ANTHROPOGENIC PRESSURE ON RIVER RUNOFF WITHIN THE ADMINISTRATIVE REGIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. Studying the impact of anthropogenic activities on changes in river runoff is important for sustainable water supply and rational water resources management. This study assesses anthropogenic pressure on river runoff within 17 administrative regions of the Republic of Kazakhstan in order to identify water-deficient regions and subsequently develop recommendations for improving economic water-use management mechanisms. This approach to assessing river runoff generated within river basins is by a systemic contradiction in the structure of water use, which is regulated according to administrative territories. The paper analyzes water consumption data by economic sector and assesses anthropogenic pressure on local natural and available water resources (the sum of local natural resources and actual inflow into the region) for the long-term average year and a low-water year (at 75% exceedance probability). The modified Falkenmark Index, referred to as the Water Use Coefficient (K_{use}), was used as an indicator of the level of anthropogenic pressure. The spatial distribution and utilization of river runoff are characterized by considerable heterogeneity. Local water resources are highly limited, while water demand is primarily met through transboundary inflow or inter-basin water transfers. Water scarcity constrains economic growth and development in some regions. The results obtained are of practical importance for developing management decisions in the water sector.

Keywords: water resources, water management, water consumption, water management activities, anthropogenic pressure, water scarcity.