

УДК 556.18.004.14:551.588.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, УЯЗВИМОСТЬ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ
АДАПТАЦИИ РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
БАСЕЙНА ИШИМА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

Канд. геогр. наук	И.И. Скоцеляс
Канд. геогр. наук	В.В. Голубцов
Канд. техн. наук	В.И. Ли

Дана краткая характеристика водопотребления в бассейне р. Ишим. Приведены результаты определения уязвимости ресурсов поверхностных вод по модели формирования стока с использованием антропогенных изменений климата, полученных по моделям ОЦА, а также инкрементальных сценариев. Рассмотрены возможности ее ослабления путем водосбережения, увеличения забора подземных вод и осуществления других мер адаптации.

Бассейн р. Ишим занимает часть территории Северного Казахстана и Тюменской области Российской Федерации (РФ). Площадь водосбора реки в пределах Казахстана 124600 км². Рельеф в основном равнинный. Климат резко континентальный, засушливый. Ресурсы поверхностных вод небольшие. В среднем, по данным Казгипроводхоза, они составляют 2308 млн м³, из них 77,9 млн м³ формируется в бессточных районах с площадью 16260 км². Средний многолетний расход воды на границе с Российской Федерацией равен 70,7 м³/с. Основными притоками р. Ишим являются Колутон, Жабай, Терсаккан, Акканбурлук, Иманбурлук, Каракол, Жаманкайрақты. В бассейне много озер, водохранилищ, прудов. Наиболее крупные водохранилища - Сергеевское и Вячеславское. Их емкости соответственно равны 693 и 411 млн м³.

Ресурсы поверхностных вод бассейна играют важную роль в хозяйственной деятельности. Они широко используются для удовлетворения потребности в воде населения, промышленности, энергетики, сельского и рыбного хозяйства. В значительной зависимости от них находятся степень освоения отдельных районов, возможности дальнейшего развития производительных сил, биоразнообразие, равновесие природных экосистем. По валовому водопотреблению первое место занимает энергетика (1086 млн м³), второе - промышленность (259 млн м³). В этих отраслях хозяйства применяются системы

оборотного водоснабжения, что позволяет существенно экономить ресурсы поверхностных вод. Так, на долю оборотного водопотребления в энергетике приходится 96,4 % (1047 млн м³); в промышленности 73,6 % (191 млн м³) потребляемой воды. В целом по казахстанской части бассейна р. Ишим валовое водопотребление всеми секторами экономики составляет 1991 млн м³.

Водопотребление свежей воды, т.е. забираемой из поверхностных и подземных источников, наиболее значительно в орошаемом земледелии (табл.1). На его долю приходится 50,9 % (377 млн м³) всего водопотребления (741 млн м³), или 48 % общего водозабора в бассейне (786 млн м³). Регулярное орошение осуществляется на площади 53,0 тыс. га, лиманное используется на 56,4 тыс. га. При этом соответственно расходуется 201 и 176 млн м³ воды. Мелиоративное состояние 79,2 % площадей регулярно орошаемых земель хорошее, 16,2 % - удовлетворительное, 4,6 % - неудовлетворительное. На 78,8 % этих земель имеются инженерные системы, на 10,0 % - полунинженерные, на 11,2 % - неинженерные. Коэффициент полезного действия (КПД) инженерных систем в среднем равен 0,83. В лиманном орошении преобладают полунинженерные системы (75,4 %).

В коммунальном хозяйстве при суммарном водопотреблении 85,3 млн м³ используется 79,2 млн м³ питьевой воды, из них 3,79 млн м³ для производственных целей. На сельскохозяйственное водоснабжение расходуется 83,1 млн м³ свежей воды. Между потребителями этот объем распределяется следующим образом: 30,0 млн м³ приходится на коммунальный сектор, 36,4 млн м³ - на животноводство, 3,62 млн м³ - на производственные нужды и 9,07 млн м³ - на обводнение пастбищ. Централизованные системы водоснабжения имеются только в 56 % сельских населенных пунктов, а канализационные сети - лишь в 6 городах.

Транспортные потери свежей воды составляют около 2 % (16,6 млн м³) общего водозабора. Примерно половина этих потерь допускается в сельском хозяйстве, в частности 5,09 млн м³ при сельскохозяйственном водоснабжении.

Водоотведение использованных вод во всех секторах экономики составляет 17 % водозабора. Основная часть сточных вод формируется в коммунальном хозяйстве (40 %) и промышленности (28 %). Они сбрасываются в реки, водоемы, понижения рельефа. Очистку проходят лишь воды, поступающие в поверхностные водные объекты. Практическое применение сточных вод пока весьма ограничено.

Использование свежей воды отраслями хозяйства на конец базисного периода
(по "Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Ишим",
разработанной Казгипроводхозом в 1990 году), млн м³

Отрасль хозяйства	Водозабор из источников			Водопо- требление	Транспортные потери	Водоотведение
	поверхностных	подземных	всего			
Промышленность	64,6	7,13	71,8	68,4	3,41	38,7
Энергетика	40,1	1,38	41,5	39,6	1,90	0,76
Коммунальное хозяйство	83,2	4,87	88,1	85,3	2,78	54,6
Сельхозводоснабжение	75,1	42,0	117	83,1	5,09	16,1
Орошаемое земледелие	380	0,95	381	377	3,42	22,0
Рыбное хозяйство	9,00		9,00	9,00		4,00
Санитарные попуски	31,6		31,6	31,6		
Подпитка обводнительной системы Иманбурлук-Тарангул	46,4		46,4	46,4		
Всего	730	56,3	786	741	16,6	136

Хозяйственная деятельность в бассейне р. Ишим уже в настоящее время не обходится без привлечения стока извне. Переброска стока производится из рек Нура (по каналу Нура-Ишим), Тобол (по Пресновскому водоводу) и Селетинского водохранилища. В свою очередь, часть ишимского стока по групповым водопроводам направляется на сельскохозяйственное водоснабжение и регулярное орошение за пределы бассейна. При дальнейшем развитии хозяйственной деятельности, как показали проработки Казгипроводхоза в "Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Ишим", дефицит свежей воды будет нарастать. Кроме того, в отдаленной перспективе на ресурсы поверхностных вод определенное влияние могут оказать антропогенные изменения климата, связанные с ростом концентрации парниковых газов в земной атмосфере. На такую возможность указывают приведенные ниже результаты оценки уязвимости рассматриваемых ресурсов. Подтверждается она и исследованиями для других бассейнов. Так, на 20-30 % может уменьшится сток рек Тобол, Уба и Ульба [1, 3].

Для оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод бассейна р. Ишим использована модель формирования стока равнинных рек, разработанная в КазНИИМОСК в 1996 году. Антропогенные изменения климата были приняты в виде сценариев, полученных с помощью равновесных моделей общей циркуляции атмосферы (ОЦА) при условии увеличения содержания углекислого газа в земной атмосфере в два раза. Это модели GFDL, GISS, UKMO. Первая из них создана в Геофизической лаборатории динамики жидкости (США), вторая - в Годдарском институте космических исследований (США), третья - в Метеорологическом агентстве Соединенного Королевства (Англия). Кроме того, дополнительно использованы так называемые инкрементальные сценарии, с заданными изменениями средней годовой температуры воздуха (Δt) и годовых сумм атмосферных осадков (Δx): температура воздуха увеличится на 3°C , атмосферные осадки уменьшатся на 20 %; температура воздуха повысится на 2°C , осадки на 20 %; температура воздуха останется без изменения, осадки возрастут на 20 %. Это сделано с целью более широкого охвата диапазона возможных антропогенных изменений климата. Так, самый жесткий сценарий, характеризующий наибольшую аридизацию климата, получен по модели UKMO. По этой модели при удвоении концентрации CO_2 повышение среднегодовой температуры воздуха составит $7,5 - 7,6^{\circ}\text{C}$, атмосферные осадки на большей части территории будут такими же, как и в современных условиях, или немного меньше. Другая крайность возможного состояния климата в рассматриваемом диапазоне представлена вариантом увеличения осадков на 20 % при неизменном температурном режиме.

Результаты оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод в бассейнах Ишима и его притоков приведены в табл. 2 и 3. По ним

отчетливо прослеживается сокращение объема поверхностных вод по мере роста аридности климата. Наиболее неблагоприятная ситуация может сложиться, если изменение климата будет развиваться по модели UKMO. В этом случае ресурсы поверхностных вод бассейна Ишима уменьшатся на 73 %. Большое сокращение ресурсов, на 60 %, произойдет также при повышении температуры воздуха на 3 °С и снижении осадков на 20 %. До 34 - 37 % их убыль возможна при осуществлении сценариев, полученных по моделям GISS и GFDL. Наиболее уязвимыми, по-видимому, окажутся реки с малой водоносностью (см. табл. 2 и данные по соседней р. Тобол [1]). Эта тенденция особенно четко выражена при UKMO - и GFDL - сценариях. Ресурсы поверхностных вод не уменьшатся лишь при возрастании температуры воздуха в пределах 2 °С при условии одновременного увеличения осадков на 20 %.

Во внутригодовом ходе стока рек почти по всем сценариям следует ожидать уменьшения водности в самые многоводные месяцы (апрель, май). С повышением засушливости климата (сценарии GFDL, GISS, UKMO) будет наблюдаться сдвигка во времени весеннего половодья и небольшое выравнивание относительного (в процентах от годового) распределения стока. Самым многоводным месяцем станет март. Это, в частности, видно по данным, приведенным в табл. 4 для р. Ишим у г. Акмола.

По исследованиям климатологов КазНИИМОСК [2], из использованных моделей общей циркуляции атмосферы для условий Казахстана лучше подходит модель GFDL. Уменьшение ресурсов поверхностных вод бассейна Ишима по сценарию изменения климата, соответствующему этой модели, составит 37 %. То есть даже не по самому худшему сценарию уязвимость рассматриваемых ресурсов может оказаться значительной. В связи с этим во всех отраслях хозяйства необходимо будет предпринять меры для ослабления негативных последствий уязвимости ресурсов поверхностных вод, а также для поддержки дальнейшего развития хозяйственной деятельности, охраны окружающей среды, сокращения социальных потерь, повышения оперативности принятия решений.

Оценку некоторых адаптационных мер можно дать, основываясь на расчетных данных, полученных Казгипроводхозом при разработке "Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Ишим". Схема предусматривает дальнейшее развитие хозяйственной деятельности на период до 2005 года. Однако из-за экономических трудностей, переживаемых Казахстаном в настоящее время, ее практическая реализация, по-видимому, отодвинется на более отдаленную перспективу. Поэтому данные Казгипроводхоза представляют определенный интерес и при оценке адаптационных мер в случае антропогенного изменения климата.

Изменение ресурсов поверхностных вод бассейнов Ишима и его притоков при антропогенных изменениях климата по моделям общей циркуляции атмосферы

Река-створ	Ресурсы поверхностных вод, млн м ³				Изменение ресурсов поверхностных вод, %		
	в естественных условиях	при изменении климата по модели			GFDL	GISS	UKMO
		GFDL	GISS	UKMO			
р. Ишим - г. Акмола	183	107	89,6	45,4	-41	-51	-75
р. Жабай - г. Атбасар	189	129	134	60,9	-32	-29	-68
р. Колутон - с. Колутон	189	125	153	50,9	-34	-19	-73
р. Иманбурлук - с. Соколовка	74,7	38,5	42,6	13,9	-48	-43	81
р. Ишим - граница с РФ	2308	1454	1523	623	-37	-34	73

Изменение ресурсов поверхностных вод бассейнов Ишима и его притоков при заданных приращениях температуры воздуха (Δt) и атмосферных осадков (Δx)

Река-створ	Ресурсы поверхностных вод, млн м ³			Изменение ресурсов поверхностных вод, %			
	в естественных условиях	при изменении климата			$\Delta t=0^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=-20\%$
		$\Delta t=0^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=-20\%$			
р. Ишим - г. Акмола	183	251	196	67,7	37	7	-63
р. Жабай - г. Атбасар	189	259	212	83,3	37	12	-56
р. Колутон - с. Колутон	189	271	223	68,1	43	18	-64
р. Иманбурлук - с. Соколовка	74,7	125	103	33,6	67	38	-55
р. Ишим - граница с РФ	2308	3300	2654	923	43	15	-60

Внутригодовое распределение стока р. Ишим у г. Акмола, (в процентах годового стока)

Месяц	Сценарий изменения климата						
	Фактический	$\Delta t=0^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=-20\%$	GFDL	GISS	УКМО
01	0,02	0,03	0,4	2,1	1,6	7,8	9,2
02	0,02	0,03	0,02	1,1	0,8	17,7	9,2
03	1,6	1,2	8,4	26,2	47,5	21,0	43,0
04	75,2	72,9	71,3	45,5	24,5	6,9	14,3
05	14,4	17,6	7,9	8,3	4,9	13,4	7,0
06	3,2	2,9	3,7	6,2	6,6	11,2	5,7
07	2,8	2,7	3,5	5,0	8,3	10,0	3,4
08	1,0	1,0	1,3	1,7	1,2	3,2	0,4
09	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	1,3	0,7
10	0,4	0,4	0,5	0,6	1,2	1,2	0,4
11	0,4	0,4	0,6	0,9	0,9	1,4	1,6
12	0,5	0,4	1,9	1,8	1,7	4,9	5,1

В связи с ограниченностью и уязвимостью ресурсов поверхностных вод бассейна р. Ишим адаптация хозяйственной деятельности к новым условиям обязательно, и в первую очередь должна включать водосбережение. Для этого потребуются повысить КПД мелиоративных систем, более рационально использовать площади орошаемых земель, ликвидировать утечки воды в водопроводных и канализационных сетях, снизить нормы водопотребления путем широкого внедрения безводных и маловодных технологий, оборотных циклов, повторно-последовательного водоснабжения.

Осуществление перечисленных мер позволит сэкономить 132 млн м³ свежей воды (5,7 % располагаемых в настоящее время ресурсов поверхностных вод): 11,9 млн м³ на повышение КПД мелиоративных систем, 43,3 млн м³ на рациональное использование площадей орошаемых земель, 24,4 млн м³ на устранение утечек воды в водопроводно-канализационных сетях и оборудовании, 7,58 млн м³ на снижение удельного водопотребления в промышленности, 45,2 млн м³ на использование возвратных вод, промышленно-бытовых и коллекторно-дренажных стоков. При этом капитальные вложения в водосбережение составят примерно 8,1 млрд тенге (107 млн долларов США). Наибольшие затраты будут связаны с мерами, направленными на снижение норм водопотребления. По оценке Казгипроводхоза, они составят 3287 млн тенге (43,5 млн долларов).

Водосбережение позволит почти полностью покрыть уменьшение ресурсов поверхностных вод в тех случаях, когда увеличение среднегодовой температуры воздуха не превысит 2 °С, а атмосферные осадки возрастут не менее, чем на 20 %. Однако для дальнейшего развития хозяйственной деятельности сэкономленной воды и в этом случае будет недостаточно, в связи с чем представляют интерес также рассмотренные в упоминавшейся "Схеме" возможности увеличения располагаемых водных ресурсов путем наращивания межбассейновых перебросок стока, дополнительного его регулирования, повышения отбора подземных вод. Для достижения этой цели должны быть построены новые водоводы, в частности из канала Иртыш-Караганда, Бузулукское водохранилище (выше г. Есиль), водозаборные сооружения.

Переброска стока в бассейн Ишима предусматривается в объеме 232 млн м³, в том числе 229 млн м³ из канала Иртыш-Караганда для удовлетворения потребностей Акмолинского промышленного района (65,0 млн м³) и планируемой к строительству Торгайской ГРЭС (133 млн м³). При этом дополнительное привлечение стока извне по сравнению с современным этапом должно составить 213 млн м³. В то же время намечается изъять из бассейна Ишима для хозяйственных нужд за его пределами 139 млн м³ воды, или на 108 млн м³ больше, чем в базисный период. Следовательно, в результате всех межбассейновых перебросок стока ресурсы поверхностных вод бассейна р. Ишим возрастут только на 105 млн м³. Регулирование стока р. Ишим Бузулукским

водохранилищем повысит располагаемые для использования ресурсы на 135 млн м³. Отбор подземных вод увеличится на 43,4 млн м³, что составит около 49 % их разведанных и утвержденных запасов (87,8 млн м³/год).

Таким образом, в перспективе в результате мероприятий по увеличению отбора подземных вод, переброски и регулирования стока на развитие хозяйственной деятельности предполагается дополнительно расходовать 391,7 млн м³, в том числе непосредственно в бассейне Ишима 283 млн м³. Это составит соответственно 17,0 и 12,3 % современных ресурсов поверхностных вод. На осуществление намеченных проектов, без учета стоимости переброски стока в другие бассейны, потребуется около 39,7 млрд тенге (525 млн долларов) капитальных вложений, из них 23,4 млрд тенге (309 млн долларов) на прирост водозаборов подземных вод, 9,5 млрд тенге (126 млн долларов) на переброски иртышского стока, 6,8 млрд тенге (89,9 млн долларов) на регулирование стока Бузулукским водохранилищем.

При изменении климата по модели GFDL увеличения водных ресурсов в результате предусматриваемых перебросок стока, его регулирования и повышения объемов водозаборов подземных вод также будет недостаточно не только для развития хозяйственной деятельности, но и даже для покрытия уязвимости ресурсов поверхностных вод. Коренным образом ситуация не улучшится и при прекращении водоподачи в другие бассейны. В этом случае, даже с учетом экономии воды, покрытие уязвимости ресурсов поверхностных вод составит 18 % (415 млн м³) при необходимых 37 %. Для полной компенсации очевидно потребуется привлечение значительно большего объема иртышского стока. При этом реальная возможность увеличения переброски стока во многом будет определяться изменениями в будущем ресурсов поверхностных вод в бассейне р. Иртыш.

Приведенные данные об использовании, уязвимости ресурсов поверхностных вод и мерах адаптации позволяют сделать следующие выводы:

- в бассейне р. Ишим из-за ограниченности собственных ресурсов поверхностных вод уже на современном этапе для использования в процессе хозяйственной деятельности привлекается часть стока извне;
- ресурсы поверхностных вод бассейна р. Ишим могут значительно уменьшиться под влиянием антропогенных изменений климата, в частности по GFDL-сценарию на 37 %;
- вследствие уязвимости ресурсов поверхностных вод дальнейшее развитие хозяйственной деятельности в бассейне будет возможно только при относительно небольших антропогенных изменениях климата, поэтому важное значение имеет сокращение эмиссии парниковых газов;
- существенно ослабить последствия уязвимости ресурсов поверхностных вод могут такие меры, как водосбережение во всех

отраслях экономики, переброска стока из канала Иртыш-Караганда, дополнительное регулирование стока в бассейне р. Ишим, увеличение отбора подземных вод;

- при использовании ресурсов поверхностных вод в условиях антропогенных изменений климата значительно больше внимания придется уделять водоохранным мероприятиям, регулированию взаимоотношений между водопользователями, созданию специальных компенсационных фондов, экологической экспертизе новых проектов.

В связи с изложенным во избежание кризисных ситуаций в бассейне р. Ишим при долгосрочном планировании хозяйственной деятельности необходимо учитывать уязвимость ресурсов поверхностных вод и ограниченность возможных адаптационных мер в условиях антропогенного изменения климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Скоцеляс И.И. Об использовании модели формирования стока для оценки влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод // Гидрометеорология и экология. - 1996. - №4. - С. 132-137.
2. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 94-109.
3. Golubtsov V.V., Lee V.I., Skotselyas I.I. Vulnerability Assessment of Kazakhstan to Anthropogenic Climate Change and the Structure of Adaptation Measures // Water Resource Development. - 1996. - Vol. 12, № 2. - P. 193-208.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

КЛИМАТТЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРУ ЖАҒДАЙЫНДА ЕСІЛ АЛҚАБЫНДАҒЫ ЖЕР БЕТІ СУ ҚОРЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ, ОЛАРДЫҢ ТӘУЕЛДІЛІГІ ЖӘНЕ МҮМКІНДІК ЖОЛДАРЫ

Геогр. ғ. канд. И.И. Скоцеляс
Геогр. ғ. канд. В.В. Голубцов
Техн. ғ. канд. В.И. Ли

Есіл өзенінің алқабында суды пайдаланудың қысқаша сипаттамасы берілген. Берілген сценарий бойынша атмосфераның жалпы айналым үлгісі арқылы алынған климаттың антропогендік өзгеруін пайдалана отырып ағынның қалыптасу үлгісімен жер беті су қорларының тәуелділігін анықтау қорытындысы келтірілген. Бұл тәуелділікті төмендету үшін суды сақтау, жер асты суларын алуды көбейту және басқа да бейімдеу шаралары қарастырылған.