

УДК 556.16.013:551.588.7

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ДЛЯ
ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Канд. геогр. наук В. В. Голубцов

Канд. техн. наук В. И. Ли

Канд. геогр. наук И. И. Скоцеляс

Приведена оценка влияния возможных антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод бассейнов рек Тобол, Уба и Ульба с использованием моделей формирования стока и общей циркуляции атмосферы.

В процессе хозяйственной деятельности, в частности при сжигании углеводородного топлива, в земную атмосферу выделяются углекислый газ, окись углерода, метан, закись азота и другие так называемые парниковые газы. В связи с этим в научных кругах растет беспокойство, что в случае дальнейшего увеличения содержания парниковых газов в атмосфере может наступить значительное потепление климата, обусловленное парниковым эффектом, с многими нежелательными последствиями для проживания людей.

По мнению ряда ученых, глобальные изменения климата в определенной мере уже произошли. Так, по оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), за последние сто лет количество углекислого газа возросло на 25-27 %, а глобальная температура воздуха увеличилась на 0,53 °С. Если выбросы парниковых газов в атмосферу не уменьшатся, то к середине следующего столетия, когда ожидается удвоение концентрации углекислого газа, среднеглобальная температура воздуха будет выше, чем за последние 150 тысяч лет.

Имеются также данные, свидетельствующие о тенденции роста температуры воздуха на территории Казахстана - на $0,2^{\circ}\text{C}$ за каждые 10 лет. Учитывая это и мнение экспертов МГЭИК, значительный научный и практический интерес представляет оценка возможного влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод. Для территории Казахстана необходимость таких исследований особенно важна в связи с ограниченностью этих ресурсов.

Оценка уязвимости ресурсов поверхностных вод вследствие возможных антропогенных изменений климата производилась для двух речных бассейнов. Один из них равнинный - бассейн р.Тобол, второй горный - бассейн рек Уба и Ульба. По условиям формирования стока бассейн р.Тобол является достаточно типичным для Северного Казахстана, бассейн рек Уба и Ульба - для Рудного Алтая. Расположены эти бассейны соответственно в сухостепной и горнолесной зонах. Для степной зоны из-за преобладания плоского рельефа и небольшого диапазона высот местности характерны относительно слабое изменение по территории климатических факторов формирования стока, большие площади одновременного снеготаяния, наличие бессточных понижений на водосбора рек. Основная доля стока приходится на короткий период весеннего половодья. В горных районах велика роль высотной зональности термического режима и распределения осадков, а условия стекания воды с поверхности водосборов более благоприятны, чем в степной зоне равнинного Казахстана. Половодье растягивается на несколько месяцев.

В качестве методической основы для оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод указанных бассейнов рек использовались усовершенствованная концептуальная математическая модель формирования стока горных рек, разработанная в КазНИГМИ (ныне КазНИИМОСК) под руководством В.В.Голубцова [1], и модели общей циркуляции атмосферы - американские (GFDL-T, GFDL R30, GISS) и канадская (CCCМ).

В модели КазНИГМИ речной бассейн представлен в виде трех последовательно соединенных регулиру-

ющих емкостей, расположенных одна над другой и отождествляемых с поверхностным, почвенногрунтовым и грунтовым стокообразованием, а также емкости, характеризующей стокообразование в пределах гидрографической сети. Модель включает описание отдельных элементарных воднобалансовых процессов: формирования снеготазов и поступления воды на поверхность бассейна, изменения влагозапасов, промерзания и оттаивания почвогрунтов, суммарного испарения, поверхностного, почвенногрунтового и грунтового стокообразования, формирования притока к русловой сети и гидрографа стока в замыкающем створе. То есть она состоит из нескольких частных моделей.

Модель формирования стока позволяет получать его гидрографы и объемы за различные календарные периоды. Основными входными данными являются суточные суммы осадков и средние суточные температуры воздуха на метеорологических станциях, расположенных в пределах бассейна или вблизи от него. Параметры модели принимаются изменяющимися в зависимости от высоты местности, уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.). При использовании модели для равнинной реки Тобол в нее был внесен ряд дополнений, позволивших моделировать процесс формирования стока с учетом не только высотной зональности физико-географических условий, но и их изменения в широтном и меридиональном направлениях.

Моделирование гидрографов стока и ресурсов поверхностных вод для бассейна рек Уба и Ульба производилось по данным наблюдений на метеорологических станциях Усть-Каменегорск, Лениногорск, Шемонаиха, а для бассейна р.Тобол - на станциях Бреды и Джетыгара. В эти данные вводились поправки на антропогенные изменения климата, полученные в результате использования сценариев изменения климата по моделям общей циркуляции атмосферы при двукратном увеличении содержания углекислого газа в атмосфере.

Результаты оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод в рассматриваемых бассейнах, при-

веденные в таблице, показывают, что если изменения климата будут совпадать со сценариями, полученными по модели GFDL-T, то ресурсы в бассейне Убы и Ульбы при двукратном увеличении содержания углекислого газа практически останутся такими же, как и в настоящее время. При изменении климата по модели GISS ресурсы этого бассейна возрастут на 6 %, а в случае развития ситуации по моделям CCCM и GFDL R30 возможно уменьшение ресурсов на 20-30 %.

Таблица

Моделированные ресурсы поверхностных вод при естественных условиях и при антропогенных изменениях климата

Модель общей циркуляции атмосферы	Ресурсы поверхностных вод, млн м ³		Изменение ресурсов	
	при естественных условиях	при изменении климата	млн м ³	%
Бассейн рек Уба и Ульба				
GFDL-T	8889	8782	- 107	- 1
GFDL R30	8889	6290	-2599	-29
CCCM	8889	6876	-2013	-23
GISS	8889	9434	545	6
Бассейн р.Тобол				
GFDL-T	257	183	-74	-29
GFDL R30	257	190	-67	-26
CCCM	257	197	-60	-24
GISS	257	322	65	25

Порядка 20-30 %, и то же в сторону понижения, возможно изменение ресурсов поверхностных вод бассейна р.Тобол. Причем к такому выводу приводят результаты оценки уязвимости ресурсов р.Тобол с использованием сценариев изменения климата по трем моделям общей циркуляции атмосферы (CCCM, GFDL R30, GFDL-T). Однако при сценариях, полученных по модели GISS, ресурсы этого бассейна могут возрасти на 25 %.

Для разных по водности лет результаты оценки уязвимости ресурсы поверхностных вод оказались следующими. По сценариям изменения климата, полученным на основе моделей CCCM и GFDL R30, независимо от водности года ресурсы уменьшатся. В многоводные годы их убыль составит в среднем 30-35 %, в маловодные - 20-25 %. Тенденцию снижения ресурсов в многоводные годы, если содержание углекислого газа в атмосфере превысит современный уровень в два раза, подтверждают и их оценки с использованием модели GFDL-T (в среднем на 14 % для горного бассейна). Во всех остальных случаях они окажутся близкими или превышающими естественные значения.

В обоих бассейнах при удвоении содержания углекислого газа в атмосфере можно ожидать значительного уменьшения стока в период половодья и некоторого увеличения его в меженный период. Это следует из результатов расчетов с использованием всех моделей общей циркуляции атмосферы. Такие изменения во внутригодовом распределении стока, по-видимому, можно объяснить большим, чем в настоящее время, влиянием зимних оттепелей, увеличением потерь талых вод в процессе снеготаяния и возрастанием почвенногрунтового и грунтового питания рек в межень.

По мнению климатологов КазНИИМОСК [2], апробировавших модели общей циркуляции атмосферы в условиях Казахстана, лучше других для его территории подходит модель GFDL R30. Учитывая это, вероятно, можно полагать, что под влиянием антропогенных изменений климата произойдет существенное уменьшение ресурсов поверхностных вод Казахстана. Наиболее ощутимым оно окажется в многоводные годы, что, в свою очередь, может обусловить снижение повторяемости таких лет.

Исследования влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод Казахстана необходимо продолжать, распространяя их на водные объекты с различными условиями формирования стока, так как последние значительно разнообразнее, чем в бассейнах Тобола, Убы и Ульбы. В частности, в число исследуемых следует включать бассейны рек

с ледниковым питанием. На основе таких исследований может быть своевременно скорректирована система управления водными ресурсами республики путем разработки и осуществления мер, направленных на предотвращение или ослабление в будущем негативного влияния антропогенных изменений климата на природную среду и развитие экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока горных рек в условиях ограниченной информации // Труды 5-го Всесоюзного гидрологического съезда: Л, 1989. - Т.6. - С.374-382.
2. Vulnerability and Adaptation Assessment for Kazakhstan. O.V.Pilifosova, I.B.Eserkepova, S.A.Mizina, G.N.Chichasov et.al. / Stephanie Lenhart et.al.(Ed.) // Vulnerability and adaptation to climate change. A synthesis of results from the US Country Studies Program, 1996. - P. 161-181.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

КЛИМАТТЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРІСІНІҢ ЫҚПАЛЫН БАҒАЛАУ ҮШІН ЖЕР БЕТІ СУ ҚОРЛАРЫНЫҢ АҒЫС ҮЛГІСІН ПАЙДАЛАҢУ ТУРАЛЫ

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

Жалпы атмосфера айналымын және ағыстың қалыптасу үлгісін пайдалана отырып Тобол, Үбі және Үлбі өзендерінің жер беті суларының қорына климаттың антропогендік өзгерісінің ықпалын бағалау келтірілген.