

В. И. БАБКИН  
И. А. ШИКЛОМАНОВ

Государственный Гидрологический  
институт, Санкт-Петербург

## *Гидрологические последствия глобального изменения климата и проблемы географии*

*Извод:* У раду су проучени антропогени утицаји на глобалне промене климе и њихов одраз на хидролошке процесе и друге појаве на Земљи и последице које би такве промене изазвале. Ове предпоставке су изведене на основу удвостручења угљендиоксида у атмосфери у односу на садашње количине. Изведени су различити сценарији повећања просечне температуре ваздуха и повећања или умањења падавина за више већих регија и река на Земљи. Примењени су модели GGI, CCC, GFDL, ИКМО. Указано је да у условима антропогених измена климе стање водних количина се у неком региону може знатно побољшати, а у другом пак погоршати. Значајно отопљење глобалног климата може проузроковати многе измене у географији Земљине коре, па се пред географском науком постављају нови научни проблеми, који се морају проучити и прогнозирати са свих аспеката. Тако се на пример могу очекивати нове природне зоне на континентима са новим површинама и границама, ново узајамно деловање између атмосфере, океана и копна и њихов утицај на социјалне, економске и демографске проблеме у географији.

*Кључне речи:* географија, хидрологија, клима, антропогене промене.

*Abstract:* The study deals with anthropogenic effects on the global changes of climate and their reflection to hydrologic processes and other phenomena on the Earth, as well as consequences caused by such changes. These assumptions have been made on the basis of doubling carbon dioxide in the atmosphere in relation to present quantities. Various scenarios were performed, raisings of average air temperature, increases and decreases of falls for several larger regions and rivers on the Earth. The models GGI, CCC, GFDL, ИКМО were applied. It was pointed out that under the conditions of anthropogenic climate changes, the condition of water quantities could be considerably improved in one region, and worsened in the geography of the Earth's crust stating new scientific problems to geographic science to be solved and forecasted from all aspects. Thus, for example, new natural zones could be expected on continents with new surface areas and borders, new reciprocal actions of the atmosphere, oceans and land, and their influence on social, economic and demographic problems in geography.

*Key words:* geography, hidrology, climate, antopogenic changes.

Длительное время географическая оболочка находилась в непрерывного эволюции под влиянием естественных колебаний климата. Антропогенные воздействия на климат из-за вырубки

лесов, развития мелиораций и роста промышленности не были обнаружены во начала 60-х годов текущего столетия. Лишь с середины 60-х годов М. И. Будыко обнаружил начало роста глобальной температуры воздуха антропогенного происхождения, вследствие сжигания в больших объёмах углеродного топлива, приводящего к увеличению концентрации углекислого газа, вручих парниковых газов и аэрозолей в атмосфере Земли.

В наследующие годы открытие М. И. Будыко подтвердилось многими учёными. В США, Канаде, Великобритании и в нашей стране были разработаны различные сценарии предстоящего изменения температуры воздуха и атмосферных осадков, на всех континентах Земного шара.

В настоящих исследованиях использованы результаты оценки возможных изменения температуры воздуха и атмосферных осадков, полученные по моделям общего циркуляции атмосферы при условии удвоения концентрации углекислого газа. В частности, не использовались данные об изменении температуры воздуха и атмосферных осадков, полученные по моделям Принстонского Университета США (GFDL), канадского климатического центра (CCC), метеорологической службы Великобритании (УКМО).

В работе не использовались также данные М. И. Будыко (ГГИ), наученные методом палеоаналогов.

В качестве исходных данных приняты средние многолетние значения и сценарие изменения температуры воздуха, атмосферных осадков, а также средние многолетние данные по стоку рек.

Для оценки влияния предположаемых изменений климата на водные ресурсы речных бассейнов и отдельных регионов не использовалась методика водного балота. Испарение оценивалось независимым способом путём предварительного определения максимального сумми испарения.

Погрешности определения речного стока по методике водного баланса для более 300 речных бассейнов Советского Союза, оценённые в 1980-85 г.г., как правило, не превышали 5-10% от нормы стока. Проверка её применимости для других физико-географических условия Земного шара выполнена на примере пяти крупных речных бассейнов, расположенных на трёх континентах.

В таб. 1. приведены данные по нормам осадков  $P$ , испарения  $E$  и стока  $Q$ , а также рассчитанные по воднобалансового методике значения стока  $Q'$  и погрешности его расчёта  $DQ$ .

Таб. 1. - Погрешности определения среднего годового стока крупных речных бассейнов Земного шара

Речны бассены	Площадь басена (Тыс $km^2$ )	Элементы баланса				Погрешность стока	
		м. м. P	E	Q	Q'	DQ мм	DQ' %
Конго	3822	1550	1168	382	394	12	3,2
Оранжевия	1020	367	340	27	26,8	- 0,2	- 0,7
Сенегал	441	510	400	110	110	0	0
Миссисипи	3220	848	668	180	190	10	5,6
Хуанхэ	745	458	369	89	82,5	- 6,5	- 7,3

Из таблицы 1 видно что погрешность определения стока не превышает 7-8% что свидетельствует о её надёжности и пригодности для оценок гидрологических наследствия глобальных изменения климата в различных физико-географических условиях.

В таб. 2 приведены оценки изменения водных ресурсов, полученные с использованием методики водного баланса для четырёх сценариев изменения климата (для условия удвоения количества углекислого газа в атмосфере).

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показывает что по всем сценариям для пяти крупных регионов Земного шара предполагается при удвоении количества углекислого газа в атмосфере рост температуры воздуха. Особенно её значительное повышение ожидается для сценария разработанного специалистами метеорологического центра Великобритании (УКМО). Менее значительным оно ожидается в соответствии со сценарием изменения климата ГГИ, то есть основанного на его палеорекострукции.

Для рассматриваемых сценариев характерен весьма значительный разброс в оценках изменения осадков при удвоении количества  $CO_2$  в атмосфере Земли. Как правило, по данным ГГИ следует ожидать значительно большего о увеличения атмосферных осадков в рассматриваемых регионах, чем по другим сценариям.

Таб. 2. - Антропогенные изменения температуры воздуха  $Dt$ , атмосферных осадков  $DP$  и речного стока  $DQ$  для пяти регионов земного шара при удвоении количества  $CO_2$  в атмосфере, оценённые по различным сценариям

Регион	Сценарии изменения климата	Изменения температуры воздуха $Dt$ °C и осадков $DP$ мм		Изменения стока	
		$Dt$	$DP$	$DQ$ мм	$DQ$ %
Центр Северной Америки	ГГИ	2,5	50	26	10
	ССС	3,0	-31	-43	-17
	GFDL	2,0	13	28	11
	УКМО	3,5	-33	-40	-16
Юго-Восточная Азия и Индия	ГГИ	0,3	200	140	16
	ССС	1,0	65	12	1,5
	GFDL	1,5	141	31	4,0
	УКМО	2,0	227	118	14
Южная Европа с Малой Азией	ГГИ	1,5	170	60	23
	ССС	2,0	-84	-80	-31
	GFDL	2,0	-13	-29	-11
	УКМО	2,5	-93	-75	-29
Сохель	ГГИ	0	250	20	62
	ССС	2,0	-17	-10	31
	GFDL	1,0	18	-1	-3
	УКМО	1,5	0	-5	-16
Австралия	ГГИ	0,5	210	26	54
	ССС	1,5	12	2	4
	GFDL	2,0	4	-2	-4
	УКМО	2,0	8	-1	-2

Значительные изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по рассматриваемым сценариям в случае удвоения количества углекислого газа в атмосфере обуславливают большой диапазон колебания водных ресурсов. По палеосценарию во всех рассматриваемых регионах предполагается увеличение водных ресурсов, особенно в настоящее время регионах. По сценариям, основанным на моделях общей циркуляции атмосферы, наоборот, в засушливых регионах следует (опадать уменьшение речного стока).

Таким образом, исходные результаты всецело определяются выбранным сценарием глобального потепления климата. Установлено, однако, что палеосценарии обеспечивают более естественные колебания в соотношениях изменения температур воздуха и атмосферных осадков.

На основе палеореконовструкций климата в таб. 3. даны оценки ожидаемых изменения речного стока крупных рек пяти континентов земного шара при глобальном потеплении климата на  $1^{\circ}C$ .

Анализ данных, приведенных в таблице 3, показывает что заметные изменения могут произойти на реках Конго, Оранжевая, Сенегал и Хуанхэ. Величины ожидаемых изменения стока этих рек в 2-3 раза и более превосходят средние квадратичные погрешности его оценки. Для рек Волга, Миссисипи и Параны погрешность оценки стока значительно превышает ожидаемые его изменения при глобальном потеплении на 1<sup>0</sup>С, что свидетельствует о практической неизменности его в будущем.

Таб. 3. - Изменения стока крупнейших рек Земного шара при глобальном потеплении климата на 1<sup>0</sup>С

Речные бассейны	Площадь бассейна	Норма стока мм	Ожидаемые изменения Темпер. Атмос. воздуха <sup>0</sup> С	Изменения Стока осадков мм	Погрешность оценки стока мм
Волга	1380	187	2,2	17	13
Миссисипи	3220	180	0,5	-40	12
Конго	3822	382	0,0	137	24
Оранжевая	1020	27	0,5	-37	1,9
Сенегал	441	110	0,2	294	8,9
Хуанхэ	745	89	0,9	125	9,1
Парана	2950	274	0,7	142	26

Глобальное потепление климата может привести к серьёзным гидрологическим последствиям: изменению экстремальных характеристик стока, перераспределенного объёмов стока по сезонам года. Оно окажет существенное влияние на развитие сельского хозяйства, гидроэнергетику, водоёмные производства, транспорт. Изменения общей водности, уровней воды, максимальных и минимальных расходов могут привести к изменению процессов эрозии на водосборах и в руслах рек, изменению мутности и стока наносов, русловых процессов. Во многих регионах может измениться качество воды водотоков и водоёмов. Уменьшение стока рек и снижение уровней озёр приведёт к снижению разбавления загрязняющих веществ и процессов самоочищения, то есть к повышению концентрации в воде различных загрязнителей. Повышение температуры воды в озёрах и водохранилищах будет способствовать развитию микроорганизмов и водорослей, то есть ухудшению показателей качества воды. Сокращение площади льдов на Земном шаре и повышение уровня Мирового океана приведут к затоплению низменных прибрежных территорий, увеличат эрозию берегов, изменят процессы дельтообразования, будут способствовать засолению низовья рек и эстуариев в результате увеличения интенсивности вторжения

морских вод. Крупномасштабное воздействие человека на глобальный климат обусловит пространственно-временное перераспределение осадков, температуры воздуха и речного стока. Это обстоятельство потребует пересмотра планов развития и размещения орошаемых площадей, наиболее водоёмных отраслей промышленности, сооружения водохранилищ.

В условиях антропогенных изменения климата положение с водообеспечением в одних регионах мира может значительно улучшиться а в других острота водных проблем резко возрастет

Преднаблюдаемое потепление глобального климата может оказать огромное влияние на географию Земного шара. Перед географической наукой возникает множество научных проблем, требующих комплексного рассмотрения. Среди этих проблем назовём лишь некоторые.

- 1) прогноз смещения природных зон на континентах, оценка их будущих площадей и границ;
- 2) прогноз скоростей протекания различных физических процессов в литосфере, гидросфере и атмосфере;
- 3) прогноз возможных изменения взаимодействия вод атмосферы, океана и суши;
- 4) прогноз общей циркуляции атмосферы;
- 5) прогноз изменений вклада естественных и антропогенных факторов в изменчивость климата;
- 6) проблема оценки влияния изменений климата на экологию регионов Земного шара;
- 7) проблемы, связанные с перестройкой географических карт (почв, растительность, температуры воздуха итд.);
- 8) проблема подготовки специалистов географического профиля в условиях изменения климата;
- 9) социальные, экономические и демографические проблемы географии.

Естественно, перед географической наукой возникает гораздо больше, чем указано выше. Однако все они будут актуальны лишь тогда, когда будет разработан более точный сценарий предстоящего потепления климата, что также является важнейшей проблемой современной географии.