

УДК 551.461.25(465.75)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА
УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. геогр. наук В.П. Попова

Приведены результаты оценки влияния возможного изменения уровня Каспийского моря в будущем, полученные на основе уравнения водного баланса водоема и инкрементальных сценариев климата. Показано, что основные колебания уровня будут обусловлены изменениями осадков и температуры воздуха не в пределах его акватории, а в бассейнах рек, впадающих в Каспийское море.

В работе [2] дана оценка возможного изменения уровня Каспийского моря под влиянием антропогенного изменения климата, с помощью сценариев, полученных по моделям общей циркуляции атмосферы [3, 5]. Результаты этих исследований можно дополнить, лучше понять и объяснить, выполнив соответствующие расчеты с помощью уравнения водного баланса и так называемых инкрементальных климатических сценариев, представляющих собой заданные отклонения температуры воздуха и атмосферных осадков от их средних многолетних значений.

При постоянных значениях площади моря, подземного притока и поступления морской воды в залив Кара-Богаз-Гол уравнение годового водного баланса моря, в отклонениях его составляющих от средних многолетних значений, имеет следующий вид:

$$\Delta Z = 0,1 (\Delta R_o + \Delta X_o - \Delta E_o), \quad (1)$$

где ΔZ - изменение уровня моря, см; ΔR_o - изменение речного стока в море, мм; ΔX_o - изменение атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря, мм; ΔE_o - изменение испарения с поверхности моря, мм.

Речной сток в море зависит в основном от стока р. Волга. В связи с этим для его отклонений от среднего многолетнего значения можно записать:

$$\Delta R_o = k\alpha\Delta R, \quad (2)$$

где ΔR – изменение стока р. Волги, мм/год; $k = 1,25$ при условии, что среднее многолетнее значение стока р. Волга составляет около 80% от суммарного речного стока в Каспийское море; $\alpha = S/\omega$ – отношение площади бассейна р. Волга ($S = 1\,360\,000$ км²) к площади акватории моря ($\omega = 376\,545$ км²) при его средней многолетней отметке минус 28 м, в долях единицы.

По результатам исследований И.И. Борзенковой для бассейна р. Волга [1], можно записать

$$\Delta R = \Delta X[a \ln(\Delta T - b_1) + c_1], \quad (3)$$

где ΔX и ΔT – соответственно отклонение годовой суммы атмосферных осадков (мм) и средней годовой температуры воздуха (°C) от средних многолетних значений; $a = 0,335$, $b_1 = 0,44$ и $c_1 = 0,1943$ – эмпирические параметры. Подставляя (3) в выражение (2), получим

$$\Delta R_o = k\alpha\Delta X[a \ln(\Delta T - b) + c]. \quad (4)$$

Для поверхности Каспийского моря Смирновой К.И. [4] установлена зависимость годового слоя испарения от температуры воздуха в следующем виде:

$$E_o = 12(k_1 T_o + c_1), \quad (5)$$

где E_o – годовой слой испарения, мм; T_o – средняя годовая температура воздуха по метеорологическим станциям Баку, Махачкала, Туркменбаши (Красноводск) и Форт Шевченко, °C; $k_1 = 4,07$ и $c_1 = 30$ – эмпирические параметры. Коэффициент корреляции этой зависимости равен 0,92.

Учитывая (6), выражение для определения ΔE_o в зависимости от изменения температуры воздуха можно представить в следующем виде:

$$\Delta E_o = 12k_1\Delta T_o, \quad (6)$$

где ΔT_o – отклонение средней годовой температуры воздуха над акваторией моря от среднего многолетнего значения, °C.

Подставив выражения (4) и (6) в (1) и выполнив необходимые преобразования, получим

$$\Delta Z = 0,45\Delta X[0,335\ln(\Delta T - 0,44) + 0,194] + 0,1\Delta X_o - 4,88\Delta T_o \quad (7)$$

Расчеты ΔZ по уравнению (7) производились по инкрементальным сценариям для бассейна Волги: $\Delta T = 1, 2, 3, 4$ °C и $\Delta P = -50, 0, 50, 100$ мм. Значение ΔT_o приближенно определено по соотношению с ΔT , получен-

ному в процессе моделирования изменения климата при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере [2]:

$$\Delta T_a \approx 0,8 \Delta T. \quad (8)$$

Отклонения годовой суммы атмосферных осадков ΔX_a от средних многолетних значений принималось равным 0 и 100 мм, то есть изменяющимся примерно в пределах результатов их расчета по моделям общей циркуляции атмосферы. Результаты расчетов помещены в таблице.

Таблица

Изменение уровня Каспийского моря за год относительно средней многолетней отметки водной поверхности при различных инкрементальных сценариях

Инкрементальный сценарий				ΔZ , см
ΔT , °C	ΔT_a , °C	ΔX , мм	ΔX_a , мм	
1,0	0,8	-50	0	-4
1,0	0,8	0	0	-4
1,0	0,8	50	0	-4
1,0	0,8	100	0	-4
1,0	0,8	-50	100	6
1,0	0,8	0	100	6
1,0	0,8	50	100	6
1,0	0,8	100	100	6
2,0	1,6	-50	0	-16
2,0	1,6	0	0	-8
2,0	1,6	50	0	0
2,0	1,6	100	0	8
2,0	1,6	-50	100	-6
2,0	1,6	0	100	2
2,0	1,6	50	100	10
2,0	1,6	100	100	18
3,0	2,4	-50	0	-23
3,0	2,4	0	0	-12
3,0	2,4	50	0	-3
3,0	2,4	100	0	11
3,0	2,4	-50	100	-13
3,0	2,4	0	100	-2
3,0	2,4	50	100	10
3,0	2,4	100	100	21
4,0	3,2	-50	0	-30
4,0	3,2	0	0	-16
4,0	3,2	50	0	-2
4,0	3,2	100	0	12
4,0	3,2	-50	100	-20

Инкрементальный сценарий				ΔZ , см
ΔT , °C	ΔT_a , °C	ΔX , мм	ΔX_a , мм	
4,0	3,2	0	100	-6
4,0	3,2	50	100	8
4,0	3,2	100	100	22

Данные, приведенные в таблице, позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшие изменения уровня воды за год возможны при $\Delta T = 4$ °C ($\Delta T_a = 3,2$ °C). При этом значении ΔT для $\Delta X = -50$ мм и $\Delta X_a = 0$ мм можно ожидать максимального понижения уровня моря – на 30 см, а при $\Delta X = 100$ мм и $\Delta X_a = 100$ мм – максимального его повышения – на 22 см по сравнению с его средним многолетним значением (-28,00 м) в современных условиях.

2. Увеличение осадков на акватории моря ΔX_a от 0 до 100 мм при прочих равных условиях (ΔT , ΔT_a , ΔX) повысит уровень моря на 10 см. В то же время изменение осадков ΔX в бассейне Волги, кроме случая $\Delta T = 1$ °C ($\Delta T_a = 0,8$ °C), независимо от ΔX_a окажет более существенное влияние на ΔZ . Так при $\Delta T = 2$ °C ($\Delta T_a = 1,6$ °C) изменение уровня воды составит 24 см, при $\Delta T = 3$ °C ($\Delta T_a = 2,4$ °C) - $\Delta Z = 34$ см, $\Delta T = 4$ °C ($\Delta T_a = 3,2$ °C) - $\Delta Z = 42$ см.

3. При $\Delta T = 1$ °C ($\Delta T_a = 0,8$ °C) изменение осадков ΔX в бассейне Волги в пределах -50...100 мм не отразится на величине ΔZ . Влияние будут оказывать только осадки на акватории моря - при $\Delta X_a = 0$ мм ΔZ уменьшится на 4 см по сравнению со средним многолетним, а при $\Delta X_a = 100$ мм увеличится на 6 см.

Таким образом, основные колебания уровня будут обусловлены изменениями осадков и температуры воздуха не в пределах его акватории, а в бассейнах рек, впадающих в Каспийское море.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзенкова И.И. Влияние возможных изменений климата на осадки, испарение и сток в бассейне р. Волга // Анализ изменений уровня Каспийского моря технико - экономического доклада по защите народно-хозяйственных объектов и населенных пунктов прибрежной полосы Каспийского моря в пределах Дагестана, Калмыкии и Астраханской области. - М.: 1992. - С. 494 - 537

2. Голубцов В.В., Ли В.И., Попова В.П. Влияние антропогенных изменений климата на уровень Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. - 2000. - № 3-4 - С. 84 - 99
3. 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
4. Смирнова К.И. Водный баланс и долгосрочный прогноз уровня Каспийского моря. - Л.: Гидрометеоиздат, 1972. - 123 с
5. Pilifosova O., Eserkepova I., Dolgih S. Regional climate change scenarios under global warming in Kazakhstan. Climatic Change 36, Kluwwer Academic Publishers. Printed in the Nitherlands, 1997. - P. 23 - 40

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ ӨЗГЕРУІНІҢ ЖӘНЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫНДАРДЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Геогр. ғылымд. канд. В.П. Попова

Суқойманың су балансы мен климаттың инкременталды сценарийлерін теңестіру негізінде алынған Каспий теңізінің келешектегі ықтимал өзгерістерінің ықпалдарын бағалау нәтижелері келтірілген. Теңіз деңгейінің негізгі ауытқулары жауын-шашын және температураның оның акваториясы аумағындағы емес, Каспий теңізіне құятын өзендер алабындағы өзгерістерімен шартталатындығы көрсетілген.