

УДК 911.52

А. В. ХОЛОПЦЕВ, канд. физ.-мат. наук, доц.

*Севастопольский национальный технический университет***ВЕРОЯТНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ В XXI ВЕКЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ В АРКТИКЕ**

Одним из существенных факторов межгодовой динамики уровня Черного моря является изменения его водного баланса. Особенности этого процесса обусловлены во многом изменениями атмосферной циркуляции в Североатлантическом регионе, определяемыми межгодовой динамикой объемов талых вод, поступающих в сентябре из Арктики в южную часть моря Лабрадор. Последняя является реакцией арктического сегмента криосферы на совместное действия факторов глобального потепления и регионального процесса – тепло-массообмена между Арктикой и Северной Атлантикой. Рассмотрены вероятные тенденции изменений уровня Черного моря в XXI веке при различных сценариях дальнейших изменений климатических условий в Арктике.

Ключевые слова: Уровень Черного моря, взаимодействие Арктики и Северной Атлантики, Лабрадорское течение, Северо-Атлантическое течение, Североатлантическое колебание, динамика водного баланса

Одним з суттєвих чинників між річної динаміки рівня Чорного моря є зміни його водного балансу. Особливості цього процесу обумовлені головним чином змінами характеристик атмосферної циркуляції у Північно-Атлантичному регіоні, що визначаються між річною динамікою обсягів талих вод, які у вересні потрапляють з Арктики до південної частини моря Лабрадор. Остання є реакцією арктичного сегменту криосфери на спільну дію чинників глобального потепління та регіонального процесу – тепло-масообміну між Арктикою та Північною Атлантикою. Розглянуті вірогідні тенденції змін рівня Чорного моря у XXI сторіччі при різних сценаріях подальших кліматичних змін у Арктиці.

Ключові слова: Рівень Чорного моря, взаємодія Арктики та Північної Атлантики, Лабрадорська течія, Північно-Атлантичне колебання, динаміка водного балансу

The difference of the density water of the Labrador Current and Gulf Stream decreases in consideration of modern warming in Arctic. It will lead to essential reduction of temperatures of the water on the surface of the Northern Atlantic and change of the climate of this region. This process will cause essential reduction of intensity of the precipitation in Ukraine, falling in winter and spring; will cause the attenuation of snow feeds of its rivers and artesian basins, degradation of its forests and essential changes of structure of the steppe phytocenosis.

Key words: Labrador Current, Gulf Stream, apparent density, climate and landscapes of Ukraine

Постановка проблемы. Изменения уровня поверхности водных объектов являются одними из важнейших факторов динамики абразии клифов, характеристик подземных вод на прибрежных территориях, а также многих других процессов, существенно влияющих на развитие береговых ландшафтов и изменчивость экологических условий. Поэтому развитие представлений о закономерностях этого процесса, а также возможных сценариях его развития в будущем является актуальной проблемой физической географии, экологии и береговедения.

Наибольший интерес ее решение представляет для водных объектов, подвергающихся повышенной антропогенной нагрузке. Многие из них представляют собой изолированные акватории Мирового океана, где

влияние на изменения их уровней метеорологических факторов может быть сопоставимо и даже превышать влияние их водообмена с другими акваториями. Одним из таких объектов является Черное море, омывающее побережья многих южных регионов Украины, все активней вовлекаемые в различные виды хозяйственной деятельности. Здесь функционируют крупнейшие портовые и рекреационные комплексы Украины, расположены ее важнейшие приморские города, проживает значительная часть ее населения. Поэтому развитие представлений о вероятных сценариях изменения уровня Черного моря представляет не только теоретический но и существенный практический интерес.

Систематические наблюдения за изменениями уровня Черного моря начались еще в XIX веке [1] и ныне осуществляются во

многих пунктах его побережья. Их результаты послужили основой, на которой сформировались современные представления [1-3] о закономерностях этого явления.

Установлено, что практически на протяжении всего XX века во всех пунктах, где осуществлялся мониторинг уровня Черного моря, преобладали тенденции к его повышению. Это явление, по мнению [1], было вызвано в основном эвстатическим расширением его вод, обусловленным повышением средней температуры его вод. Среди возможных причин этого явления упоминались также неотектонические движения земной коры, уменьшающие объем Черноморской впадины, а также изменения режимов выпадения атмосферных осадков испарения с водной поверхности. Ввиду недостаточности имевшихся эмпирических данных, значимость влияния упомянутых факторов количественно оценена не была.

Последнее делает невозможным адекватный учет прогнозов динамики уровней Черного моря, необходимых при планировании мероприятий в сфере социально-экономического развития Причерноморского региона, что снижает их эффективность, а также увеличивает экономические и экологические риски.

Целью данной работы является оценка значимости влияния динамики компонентов водного баланса Черного моря на современные изменения его среднего уровня, а также анализ возможных сценариев дальнейшего развития этого процесса.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**.

1. Оценить значения годовых сумм атмосферных осадков и годовых интенсивностей испарения с поверхности Черного моря в период с 1979 по 2008 г.г. с использованием метеорологической информации, полученной различными метеостанциями на его побережьях.

2. Оценить адекватность моделирования изменений средних уровней поверхности Черного моря, в период с 1979 по 2005 гг, с учетом изменений различных составляющих его водного баланса, при использовании допущения о том, что эвстатического расширения его вод, а также неотектонических из-

менений объема Черноморской впадины, не происходит.

3. Проанализировать особенности возможной динамики среднего уровня Черного моря при различных сценариях дальнейших изменений атмосферных процессов, влияющих на основные составляющие его водного баланса.

Результаты исследования и их анализ

При решении поставленных задач рассматривалась следующая **математическая модель** динамики уровня Черного моря

Предполагалось, что динамика среднегодового значения среднего уровня поверхности Черного моря ($X(t)$), измеряемого по отношению к «0» Кронштадтского фудштока, описывается соотношением:

$$X(t) = \int_0^t (Q(\tau)/S(\tau))d\tau + X(0), \quad (1)$$

где: $X(0)$ – среднегодовое значение среднего уровня поверхности Черного моря в начале отрезка времени, на котором изучается его динамика;

$$Q(\tau) = P(\tau) + R(\tau) + A(\tau) - G(\tau) - B(\tau);$$

$P(\tau)$ - годовая сумма атмосферных осадков, выпадающих на поверхность Черного моря в год запаздывающий по отношению к началу отрезка наблюдения на время τ ($0 < \tau < t$);

$R(\tau)$ – годовой объем стока всех рек впадающих в Черное море;

$A(\tau)$ – годовой приток воды из Азовского моря;

$G(\tau)$ - годовая интенсивность испарения с поверхности моря в соответствующий год τ ;

$B(\tau)$ – годовая убыль воды из Черного моря, уходящей через пролив Босфор, определяемая как $B(\tau) = V(\tau) (X(0) + X(\tau)) * L(\tau)$,

$V(\tau)$ - среднее по всему поперечному сечению Босфора в наиболее узком его месте среднегодовое значение скорости течения его вод;

$L(\tau)$ – ширина Босфора в его наиболее узком месте.

$S(\tau)$ – площадь поверхности Черного моря.

Обозначим $q(\tau) = Q(\tau) + B(\tau)$ и предположим, что межгодовые изменения S , V и L существенными не являются.

Тогда продифференцировав (1) по t получим:

$$\frac{dX(t)}{dt} = \frac{q(t) - V(X(0) + LX(t))}{S}$$

Нетрудно видеть, что динамика уровня Черного моря описывается линейным неоднородным дифференциальным уравнением первого порядка:

$$\frac{dX(t)}{dt} + X(t) \frac{VL}{S} - \frac{q(t) - VLX(0)}{S} = 0 \quad (2)$$

Решением этого уравнения является:

$$x(t) = x_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_0}} + b \cdot \int_0^t y(t_1) \cdot e^{-\frac{t_1}{T_0}} dt_1 \quad (3)$$

Где $T_0 = \frac{S}{VL}$, $b = \frac{1}{S}$, $y(t_1) = q(t) - VLX(0)$.

Из (3) следует, что чем больше T_0 , тем более инерционным является реакция уровня поверхности водного объекта на динамику составляющих его водного баланса.

Учитывая это, для решения задачи 2 необходимо оценить для каждого года значения

$$q(\tau) = P(\tau) + R(\tau) + A(\tau) - G(\tau). \quad (4)$$

Данные об изменениях $R(\tau)$ и $A(\tau)$ могут быть получены из [4-6]. Наиболее сложным этапом является оценка $P(\tau)$ и $G(\tau)$. Значения годовых сумм атмосферных осадков на территории Причерноморского региона регистрировались на метеостанциях, расположенных в некоторых его пунктах. В них же проводились наблюдения за изменениями температур, скорости ветра и относительных влажностей воздуха – характеристик позволяющих оценить соответствующие значения интенсивности испарения.

Для определения $P(\tau)$ и $G(\tau)$ необходимо было оценить значения годовых сумм атмосферных осадков и интенсивностей испарения для каждого года в значительном числе точек, равномерно распределенных по всей поверхности Черного моря. Для достижения удовлетворительной точности оценок $P(\tau)$ и $G(\tau)$ количество подобных точек составляло 100. Точки, для которых осуществлялась интерполяция годовых сумм атмосферных осадков и интенсивностей испарения, распределены по всей акватории Черного моря практически равномерно. Предполагалось, что изменения метеоусловий в каждой из этих точек адекватно отображают эти процессы на всей поверхности соответствующих квадратов Черного моря с площадями равными 1% общей площади его водной поверхности.

Учитывая значительное число этих точек, для которых требовалось решить эту задачу, при выборе метода интерполяции предпочтение было отдано методу триангуляции Делоне [7].

Для оценки значений оцениваемых характеристик в каждой из этих точек использовались также результаты измерений соответствующих параметров метеорологических условий на метеостанциях Восточной Европы и Причерноморского региона Азии.

Для всех таких метеостанций в [8] представлены данные о среднемесячных значениях температур воздуха и средних скоростей ветра, а также месячных суммах атмосферных осадков, по которым были рассчитаны их годовые значения. С их помощью осуществлялась интерполяция этих характеристик во все пункты акватории Черного моря (рис. 1). При расчете интенсивности испарения применялась формула Штеллинга [9], а также использовалось допущение о том, что среднегодовое значение относительной влажности воздуха над каждой точкой акватории равно 100%.

Погрешности интерполяции годовых сумм атмосферных осадков, а также среднегодовых значений температуры воздуха и скорости его движения в приземном слое атмосферы оценивались для всех пунктов, где располагались метеостанции, обозначенные на рисунке 2, а также прочие метеостанции Украины, Румынии, Болгарии, Турции, Грузии, Абхазии и Краснодарского края Российской Федерации, информация по которым приведена в [8]. Их значения оценивались с использованием методики [10] за период с 1973 по 2008 гг.

Точность оценок $P(\tau)$ и $G(\tau)$, рассчитываемых как результат сложения годовых сумм атмосферных осадков выпадающих в квадратах акватории Черного моря, соответствующих каждой точке, достаточна для обеспечения достоверности результатов рассматриваемых исследований.

Для оценки адекватности моделирования современной динамики среднего уровня Черного моря с помощью соотношения (3) его значения за каждый год с 1979 по 2005 были оценены, используя результаты фактических наблюдений в пунктах, обозначенных на рисунке 1.

Распределение по побережью Черного моря пунктов (рис. 1), где в рассматриваемый период осуществлялся мониторинг его уровня весьма неравномерно. Большая их часть сосредоточена на северном побережье, вследствие чего среднеквадратические отклонения результатов интерполяции от фактических значений уровня Черного моря для пунктов его северного побережья меньше, чем для пунктов, расположенных на других участках. В результате этого, вклады процессов, происходящих в Северо-Западной части и у Южного берега Крыма, в измене-

ния среднего уровня Черного моря при таком фактическом материале учтены более адекватно, чем процессов, происходящих у других участков его побережий, что увеличивает погрешность подобных оценок. Тем не менее, можно предположить, что их зависимость от времени качественно соответствует реальной динамике изучаемого процесса. Эта зависимость, а также результаты моделирования изменений среднего уровня поверхности Черного моря, с использованием соотношения (3), приведены на рисунке 2.

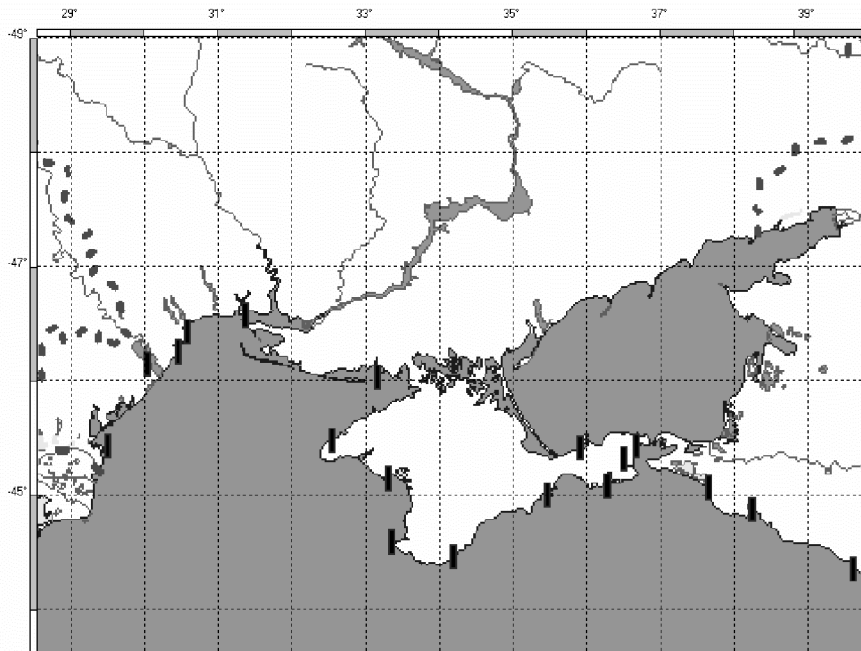


Рисунок 1 – Расположение пунктов на побережье Черного моря, в которых в период с 1979 по 2005 г. проводились систематические наблюдения за динамикой его уровня

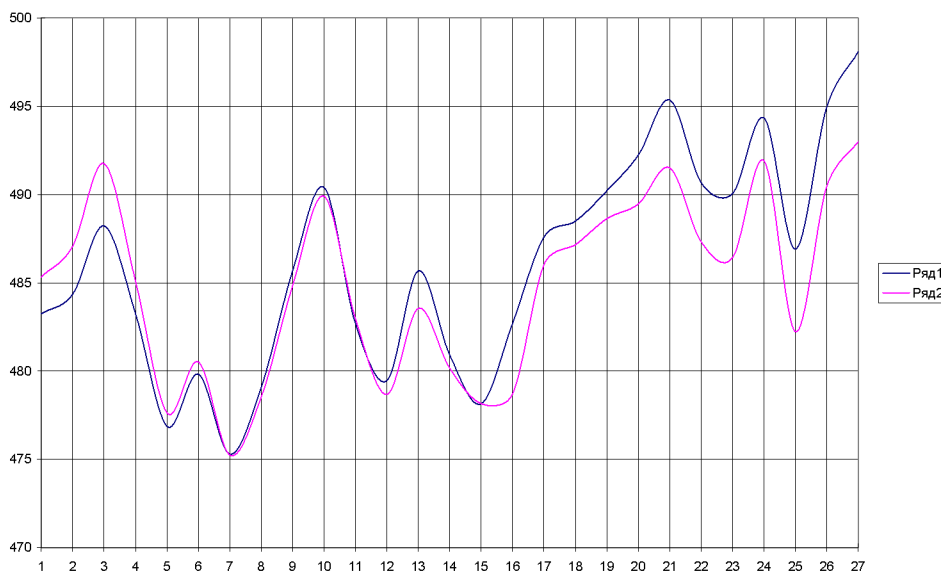


Рисунок 2 – Зависимости от времени оценок среднегодовых значений среднего уровня поверхности Черного моря рассчитанных по результатам наблюдений – ряд 1, по результатам моделирования (3) – ряд 2

Как видим из рисунка 2, между зависимостями оценок среднегодовых значений уровня поверхности Черного моря, рассчитанных с учетом результатов его измерений в пунктах обозначенных на рис. 1, а также с использованием модели (3) имеет место удовлетворительное соответствие. Тем не менее, не учет в рассматриваемой модели эффекта эвстатического расширения, а также неотектонических процессов приводит к тому, что значения разности между соответствующими значениями обеих оценок с течением времени увеличиваются. Последнее соответствует представлениям [1] о том, что влияние фактора эвстатического расширения на изменения уровня Черного моря является значимым.

Учитывая то, что длина сопоставляемых временных рядов фактических и модельных значений $X(t)$ не превышает 30, а серия наблюдений за динамикой этой характеристики единственна, для оценки адекватности модели (3) был использован критерий Стьюдента [11].

Как показали расчеты, значение коэффициента корреляции между рассматриваемыми зависимостями составляет 0,929, что существенно выше 99% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента, оцененного с учетом соответствующего числа степеней свободы. Это позволяет сделать вывод об адекватности предложенной модели, а также значимости влияния на современную динамику уровня Черного моря атмосферных процессов, определяющих режимы выпадения атмосферных осадков и испарения.

При анализе особенностей возможной динамики среднего уровня Черного моря при различных сценариях дальнейшего развития этих атмосферных процессов, учитывались представления [12] о них, как реакциях соответствующего сегмента атмосферы на изменения особенностей атмосферной циркуляции в Североатлантическом регионе, включающем всю Европу, Северную Америку, а также акваторию Атлантического океана, расположенную к северу от экватора. Согласно современным представлениям о факторах, определяющих ее особенности [13-15], к числу существенных относятся изменения характеристик поля атмосферного давления над Северной Атлантикой. К

числу наиболее информативных, относится такая его характеристика как индекс Североатлантического колебания (САК), определяемая разностью атмосферных давлений в Азорском максимуме и Исландском минимуме [16].

В периоды, когда преобладают положительные фазы САК, траектории атлантических циклонов над Европой отклоняются к северу, а их повторяемость над ее южными регионами (в том числе и Черным морем) снижается. В его отрицательных фазах отклонение траекторий упомянутых процессов к северу становится менее существенным, а их повторяемость над Черным морем, как и прочими регионами Южной и Юго-Восточной Европы, возрастает [17].

Изменения поля атмосферного давления над Северной Атлантикой обусловлены теплообменом соответствующего сегмента атмосферы и поверхностного слоя ее вод. Поэтому существенное влияние на изучаемые атмосферные процессы оказывают особенности динамики температур в приповерхностном слое вод акваторий Северной Атлантики, соответствующих Азорскому максимуму и Исландскому минимуму, которые определяются характеристиками Канарского течения и течения Ирмингера.

Упомянутые течения являются северной и южной струями Северо-Атлантического течения, воды которого образуются в акватории, расположенной к востоку от Большой Ньюфаундлендской банки, в результате взаимодействия вод Гольфстрима и Лабрадорского течения [18]. Вследствие разницы плотностей этих течений, при этом взаимодействии возникает их частичное перемешивание в пропорции, зависящей от ее значения. В результате этого верхний слой вод образующегося Северо-Атлантического течения ныне формируется в основном менее плотными водами Гольфстрима. Более плотные воды Лабрадорского течения при этом уходят на глубину. При этом, чем меньше разница плотностей вод этих течений, тем ниже температура и соленость образующегося при их перемешивании объема вод Северо-Атлантического течения.

Плотность и соленость вод Лабрадорского течения, образующегося при слиянии Западного Гренландского и Баффинова тече-

ний, существенно зависят от времени года. Их значения минимальны в сентябре, когда суммарный расход потоков распresненных талых вод, сформировавшихся летом в Арктике, которые поступают в южную часть моря Лабрадор, максимален. Максимальны их значения в данном районе в апреле, по окончании полярной ночи, когда расход упомянутых потоков минимален [19].

Вследствие инерционности реакции арктического сегмента криосферы на потепление в Северной Атлантике, которая запаздывает по отношению к изменениям этого процесса ориентировочно на 19 лет [20], значения расходов распresненных талых вод из Арктики, вошедших в состав Лабрадорского течения в сентябре начали заметно возрастать в период после 1996 г. [21].

В тоже время значения средней плотности и солёности вод этого течения начали существенно уменьшаться, приближаясь к значениям соответствующих характеристик вод Гольфстрима [22]. При этом, в составе образующегося в сентябре объема вод поверхностного слоя Северо-Атлантического течения, доля лабрадорских вод в указанный период возрастала, вследствие чего его температура и солёность снижалась. В октябре – ноябре плотность лабрадорских вод вновь возрастала, а характеристики образующихся в эти месяцы объемов вод поверхностного слоя Северо-Атлантического течения, возвращались к исходным значениям.

В результате этого амплитуда сезонных колебаний поверхностной температуры образующихся у Ньюфаундленда вод Северо-Атлантического течения после 1996 г. начала ощутимо увеличиваться, а среднегодовое значение потока тепла, приносимого в Арктику Норвежским течением, снижаться. Вследствие инерционности реакции арктического сегмента криосферы процесс увеличения объемов формирующихся здесь талых вод продолжался, все более и более ослабевая. Подобно аналогичным процессам в любых взаимосвязанных инерционных системах, упомянутое взаимодействие арктического сегмента криосферы с Северной Атлантикой приводит к возникновению колебания их параметров, с периодом от 55 [23] до 76 [24] лет, названного [24] «Арктическо-Атлантическим» (ААК). Если бы другие

факторы на интенсивность образования в Арктике талых вод не влияли, к 2012-2016 году современная фаза этого процесса должна была бы завершиться, после чего его развития пошло бы в обратном направлении. В действительности же на рассматриваемый процесс влияет также глобальное потепление, которое ныне действует в том же направлении, что и ААК, усиливая его. После смены фазы ААК действия обоих процессов станут противоположенными, а результат их сложения будет зависеть от соотношения между их интенсивностями, предугадать которые пока не представляется возможным. Поэтому вероятными необходимо признать такие альтернативные сценарии дальнейшего развития рассматриваемых процессов [25].

Сценарий 1. После завершения современной фазы ААК наблюдаемый ныне процесс увеличения объемов талых вод в Арктике не прекратится, а всего лишь замедлится, поскольку влияние на него факторов, вызывающих глобальное потепление окажется сильнее, чем влияние ААК.

Сценарий 2. При завершении современной фазы ААК начнется постепенное уменьшение объемов формирующихся в Арктике талых вод, так как влияние на процесс их образования ААК окажется сильнее, чем воздействие факторов, вызывающих глобальное потепление.

Реализация сценария 1 приведет к тому, что рано или поздно плотность лабрадорских вод в сентябре окажется меньше чем плотность вод Гольфстрима. Это вызовет «прорыв» лабрадорских вод [24, 26] (существенное увеличение их доли в объеме вод поверхностного слоя Северо-Атлантического течения, формирующемся в этом месяце). Несмотря на то, что «прорыв» завершится уже в октябре, в поверхностный слой Северо-Атлантического течения проникнет значительный объем холодных и распresненных лабрадорских вод, что вызовет увеличение амплитуды пространственной изменчивости его температур и усиление наблюдаемых ныне метеорологических аномалий во всем Североатлантическом регионе [25]. После подхода вод образовавшихся при «прорыве» к берегам Европы, часть их перейдет в состав течения Ирмингера и направится в зону Исландского минимума, часть волеется в воды Норвежского течения и проследует в Арктику, а остаток,

как компонент Канарского течения, двинется в сторону Азорского максимума. Учитывая скорости упомянутых течений [18], возникшие при прорыве охлажденные и распределенные воды придут в зону Исландского минимума через 14 месяцев - в декабре, а в зону Азорского максимума - через 18-19 месяцев в феврале - марте. Это окажет существенное влияние на теплообмен указанных акваторий с атмосферой и повысит в соответствующих сегментах атмосферы давление. Значения индекса САК в декабре снизятся, а в феврале - марте ощутимо возрастут. В результате снижения солености вод в поверхностном слое акватории, соответствующей Исландскому минимуму в декабре возникнет временная остановка глобального теплового океанического конвейера [20, 24].

Поскольку глобальное потепление будет продолжаться, после возникновения первого «прорыва», в соответствии со сценарием 1, это явление ежегодно будет повторяться, что вызовет постепенное охлаждение и распределение всех поверхностных вод Северо-Атлантического течения, а также его продолжений - течений Ирмингера, Норвежского и Канарского. В результате возникнет окончательная остановка Глобального теплового океанического конвейера [20, 27], среднегодовые температуры во всем Североатлантическом регионе снизятся ориентировочно на 5°C, исчезнет Исландский минимум, усилится и распространится на север Азорский максимум, над Арктикой сформируется барическая депрессия, зона западного переноса сместится далеко на север, зона пассатов расширится до 50-60 параллели. Эти явления вызовут со временем оледенение в Североатлантическом регионе, которое может охватить и другие регионы Северного полушария [28].

При осуществлении Сценария 2 «прорывы» могут возникнуть, а могут и не возникнуть [25]. Первое будет иметь место в случае, если в период до завершения современной фазы ААК (2015-2016гг.) значения плотности поверхностных вод Лабрадорского течения успеют достичь уровня плотности поверхностных вод Гольфстрима. При подобном развитии рассматриваемого процесса (которое будем называть Сценарием 2а) «прорывы» будут возможны непродолжительное время, пока в сентябре плотность лабрадорских вод будет оставаться достаточно низкой.

«Прорывы» не возникнут, если за время, оставшееся до смены фаз ААК, значения

плотности поверхностных вод Лабрадорского течения достигнут уровня плотности поверхностных вод Гольфстрима не успеют. Подобный ход событий назовем сценарием 2б.

Поскольку при Сценарии 2 а,б «прорывы» если и возникнут, то кратковременно, существенного влияния на климат Североатлантического региона это явление не окажет. Следствием неизбежного при данном сценарии уменьшения объемов талых вод явится повышение плотности вод Лабрадорского течения и постепенный возврат Североатлантического течения к характеристикам, имевшим место в 70-80-х годах XX века.

Особенности пространственно - временной изменчивости синоптических процессов, которые могут наблюдаться в Североатлантическом регионе при реализации того или иного из упомянутых сценариев рассмотрены в [25]. Учитывая их, можно предположить, что при реализации сценария 1, после возникновения «прорывов» в сегменте атмосферы над Черноморским регионом вначале ничего существенного не произойдет. Осадки в зимний период усилятся, а с апреля по июнь станут менее интенсивными. При изменениях атмосферной циркуляции, вызванных повторными «прорывами», поток влажного воздуха в регион с Атлантики постепенно прекратится, что вызовет уменьшение годовых сумм атмосферных осадков, выпадающих на его поверхности, в то время как годовая интенсивность испарения может несколько возрасти. Как показывает моделирование, следствием этого явится устойчивое уменьшение уровня Черного моря и повышение солености его вод.

При реализации сценария 2, существенных изменений уровня Черного моря не возникнет. Как и в XX веке будут отмечаться его колебания относительно нынешнего уровня.

Выводы. Таким образом, установлено:

1. Характер межгодовых изменений среднегодовых значений среднего уровня поверхности Черного моря в период с 1979 по 2005 гг соответствовал представлениям [1] о значимости влияния на этот процесс фактора эвстатического расширения его вод.

2. Не менее существенным фактором рассматриваемого процесса в данный период были изменения метеорологических процессов в Североатлантическом регионе, определяющих динамику годовых сумм атмосферных осадков на поверхность Черного моря, а также соответствующих значений годовых интенсивностей испарения.

3. Математической моделью межгодовых изменений среднегодовых значений среднего уровня поверхности Черного моря, адекватно описывающей динамику этого процесса в данный период, является соотношение (3).

4. Если влияние факторов глобального потепления на процесс образования в Арктике талых вод окажется сильнее, чем влияние смены фазы ААК, то в XXI веке уровень Черного моря будет понижаться в результате соответствующих изменений его водного баланса, влияние которых будет более существенным, чем последствия эвстатического расширения. В противном случае существенных изменений уровня Черного моря в этот период не произойдет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин Ю. Н. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. / Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006 – 210 с.
2. Каплин П. А. Изменения береговой зоны при быстром подъеме уровня Мирового океана в результате парникового эффекта / П. А. Каплин, А. В. Порохов, А. О. Селиванов // Геоморфология. – 1992. – № 2. – С. 3-24.
3. Географічна енциклопедія України. / 1989. – Т. 1. – К.: “Українська радянська енциклопедія”, – 416 с.
4. Вишневецький В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневецький, О. О. Косовець – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
5. Справочник по гидрометеорологическому режиму морей и устьев рек СССР. Часть I. Основные гидрологические характеристики. Том 4: Черное море. Вып. 1: Прибрежная зона. - Киев, 1970
6. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана. - С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 1991. - 429 с.
7. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А.В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.
8. <http://www.tutiempo.net/en/Climate>.
9. Хргиан А. Х. Физика атмосферы / А.Х. Хргиан. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1953. – 456 с.
10. Холопцев А. В. О возможностях использования метода триангуляции Делоне при экстраполяции значений среднемесячных температур приземного слоя атмосферы над различными пунктами территории Украины / А.В. Холопцев, А.В. Буракова, В.В. Севриков // Культура народов Причерноморья. – 2006. – № 147. – С. 128 – 132.
11. Кендал М. Дж. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Дж. Кендал, А. Стьюарт; пер. с английского Э.Л. Пресмана, В.И. Ротаря; под редакцией Колмогорова А.Н., Прохорова Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 736 с.
12. Мониин А. С. Климат как проблема физики / А. С. Мониин, Ю. А. Шишков // УФН. – 2000. – Т. 170. – № 4.
13. Мартазінова В. Ф. Зміни великомасштабної атмосферної циркуляції повітря протягом XX століття та її вплив на погодні умови і регіональну циркуляцію повітря в Україні / В. Ф. Мартазінова, Т. О. Свердлик // Український геогр. журнал – 2001. – № 2. – С. 28–34.
14. Воскресенская Е. Н. Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических полей и потоков тепла в Северной Атлантике/ Е. Н. Воскресенская, А. Б. Полонский // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – № 4. – С. 19 – 38.
15. Полонский А. Б. Роль океана в современных изменениях климата/ А. Б. Полонский // Морской гидрофизический журнал. – 2001. – № 6. – С. 32.
16. Walker G. T. World weather V / G.T. Walker, E.W. Bliss // Meteorology. Royal Meteorology Society. – 1932. – V. 4. – No 36. – P. 53 – 84.
17. Клімат України / Під ред. Ліпінського В. М., Дячука В. А., Бабіченко В. М. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
18. Бурков В. А. Гидрологическая характеристика Атлантического океана. - /В. А. Бурков, в кн.: Атлантический океан. // М.: Наука, 1982. - 560с.
19. Lazier J. R.N. Oceanographic Conditions at Ocean Weather Ship Bravo, 1964-1974// Bedford Institute of Oceanography. Dartmouth, N.S. Canadian Meteorological and Oceanographic Society. Atmosphere-ocean, 18 (3) 1980, - P.227-238.
20. Gagosian R. Резкие изменения климата. Должны ли мы беспокоиться// Woods Hole Oceanographic Institution // www.whoi.edu/institutes/occs/hottopics_climatechange.html.
21. Lazier J. R.N. Convection and Restratification in the Labrador Sea 1990-2000. Deep Sea-Research I. 49. 2004. – P.1819-1835.
22. Wang C. Seawater Density Variations on the North Atlantic and the Atlantic Meridional Overturning Circulation/ C. Wang, S. Dong, E. Munoz/NOAA ATHLANTSC Oceanographic and Meteorological Laboratory, Miami, Florida. March, 2009. p.1-47.
23. Волощук В. М. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти/ В. М. Волощук, С. Г. Бойченко, С. М. Степаненко та ін. К.: ВПЦ Київський університет. 2002. - 115с.
24. Холопцев О. В. Взаємодія між Арктикою та Північною Атлантикою та можливі зміни ландшафтів України/ О. В. Холопцев // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2009. - №1(12). – С. 17-28.
25. Холопцев О. В. Деякі сценарії потепління у Арктиці та вірогідні зміни особливостей атмосферної циркуляції у Північноатлантичному регіоні і ландшафтів України/ О. В. Холопцев // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2009. - №2(13). – С. 15-26.
26. Карнаухов А. В. Новая модель оледенений в Северном полушарии/ А. В. Карнаухов, В. Н. Карнаухов // 2003. <http://www.poteplenie.ru/doc/karn-golfst0.htm>
27. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения климата: факты, предположения и перспективы разработок / К. Я. Кондратьев // Известия РАН. Сер. ФАО. – 2002. – Т. 15. – № 10. – С. 1–6.
28. Карнаухов А. В. Динамика оледенений в Северном полушарии как автоколебательный релаксационный процесс./ А. В. Карнаухов // Биофизика, т. 39, №6, - С. 1094-1098.

Надійшла до редколегії 25.01.2010