

УДК 556.54/551.588

**Черой А.И.**, канд. геогр. наук, ст. научн. сотрудник  
Дунайская гидрометеорологическая обсерватория,  
Гос. Гидрометслужбы Украины,  
ул. Героев Сталинграда, 36, Измаил, Одесская обл.,  
68600, Украина

### **ВОЗМОЖНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ДЕЛЬТЕ ДУНАЯ, ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ УКРАИНЫ**

В работе рассмотрены возможные изменения гидрометеорологических условий в дельте Дуная до 2050 г. Определено их влияние на водохозяйственные объекты региона. Количественно оценены изменения температур и осадков, сток Дуная в вершине дельты.

**Ключевые слова:** дельта Дуная, изменения климата, прогноз гидрометеорологических параметров.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Климат – чрезвычайно сложная система, очень чувствительная к количеству солнечной радиации, поглощаемой земной поверхностью и атмосферой. Изменения и колебания климата определены естественными природными процессами, а также антропогенным воздействием, в первую очередь, – увеличением концентрации «парниковых газов» в атмосфере. Как известно [1], основным воздействием, определяющим изменения климата в ближайшее столетие, считается увеличение концентрации парниковых газов вследствие деятельности человека, прежде всего – углекислого газа. Поэтому прогноз климата зависит от того, как будет расти концентрация этих газов. Это, в свою очередь, зависит, прежде всего, от того, сколько ископаемого топлива будет сожжено в результате деятельности человека. Поэтому *цель* данной статьи состоит в выявлении и количественной оценке температуры и атмосферных осадков, водного стока Дуная в ближайшее время.

Проблемами изменения климата занимаются ведущие ученые многих стран Европы, Азии и Америки. Существует множество сценариев изменения климата в будущем. Большинство их сводится к выводу, что на Земном шаре в ближайшие десятилетия температура воздуха будет повышаться. Сложным и неопределенным остается вопрос скорости изменения температур, осадков, испарения и других метеорологических параметров. Следовательно, очевидной является *теоретическая значимость* данной статьи.

Изменения климата в основном симулируются на сложных математических моделях с привлечением статистического аппарата. Однако, как отмечают авторы [2], «Даже наличие совершенной модели не позволило бы дать точный прогноз изменения климатической системы (например, на ближайшее десятилетие) из-за невозможности точно определить начальное состояние, в особенности его медленно эволюционирующих компонентов, не говоря уже о невозможности предсказать изменение внешних воздействий на климат. Поэтому оценка будущих изменений климата принципиально возможна лишь в виде некоторого вероятност-

ного распределения, так что задача предсказания климата сводится к определению вероятностных функций распределения разных характеристик климатической системы в будущем, а не к прогнозу её эволюции во времени...». Изменения гидрометеорологических условий в регионе влияет на все сферы жизни человека, в связи с этим тема выбранного исследования представляется нам *актуальной*.

По-видимому, любое предсказание изменений климатических условий не может быть рассмотрено в гидрометеорологии как «прогноз», а должно пониматься как консультация, сценарий или некая вероятность. Поэтому для достижения цели работы нами решены такие *основные задачи*: а) выявить возможные изменения гидрометеорологических условий в дельте Дуная до 2050 г.; б) определить характер влияния данных условий на водохозяйственные объекты региона; в) количественно оценить изменения температур и осадков на сток воды Дуная в вершине дельты. Они указывают на важное *практическое значение* данной работы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными исходными данными, использованными при проведении исследования, послужили материалы наблюдений на сети постов и станций Дунайской гидрометеорологической обсерватории Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям. Зонай деятельности обсерватории является украинская часть устьевой области Дуная. Привлечены также данные румынских наблюдений за гидрометеорологическим режимом в пределах дельты. В работе оцениваются ожидаемые изменения по имеющимся тенденциям в многолетних рядах гидрометеорологических параметров. Тенденции, а в некоторых случаях – и статистически значимые тренды, экстраполируются до 2050 г. Допускается, что намеченные тенденции будут сохраняться в ближайшие десятилетия. Эволюция параметров или показателей, по которым не удалось выявить тенденции, предсказывается нами на основании теоретических принципов физики природных процессов, как это принято в физической географии. То есть, дается экспертная консультация будущих изменений. Такой подход представляется нам как альтернативный к существующим методам, предполагающим использование сложных математических моделей и большого объема информации. Используются статистические и аналитические *методы исследования*. Применены также общенаучные методы систематизации данных, их анализа, синтеза, метод математической статистики, сравнительно-географический, ретроспективный.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Изменение климата неизбежно влияет и на условия формирования стока рек. Водный сток реки Дунай формируется на огромной территории водосбора с разными физико-географическими условиями. Многолетняя изменчивость стока в вершине дельты Дуная определяется двумя основными факторами. С одной стороны – климатическими, а с другой – влиянием хозяйственной деятельности на водосборной площади. Так, на некоторых территориях бассейна реки Дунай во второй половине XX в. естественным образом возросло количество осадков и увеличилась температура воздуха, независимо от прямого влияния хозяйственной деятельности. С другой стороны крупные водохозяйственные мероприятия также оказывают влияние на сток Дуная. Это прежде всего связано с увеличением испарения с поверхности водохранилищ, увеличением объемов безвозвратного водо-

потребления, внутригодовым перераспределением стока воды [3]. Изменения климатических условий оказывают большое влияние на гидрологические процессы в устьевой области Дуная. Изменения температуры воздуха определяют термический и ледовый режим внутридельтовых водотоков и водоемов [4]. Помимо этого, в дельте Дуная постоянно происходит перераспределение стока, усиленное антропогенной деятельностью, и связанные с ним гидролого-морфологические изменения. В общем, от атмосферных осадков и испарения зависит водный баланс дельты и ее водоемов.

Полученные тенденции в гидрометеорологических рядах позволили сделать несколько важных выводов и разработать таблицу возможных изменений природных условий в дельте Дуная до 2050 г. В нее также помещена информация о рисках, связанных с изменением гидрометеорологических и агрометеорологических параметров и показателей (табл. 1). Можно заметить, что в устье Дуная наблюдается потепление климата (рис. 1). При этом среднегодовая температура воздуха за прошедшее столетие возросла на 1,0-1,5°C, а максимальные годовые температуры увеличились на 2-3°C, на что впервые обратил внимание Ю.Д. Шуйский [6] на научной конференции советской секции Международной Программы геологической корреляции ЮНЕСКО в январе 1979 г. в Москве. На фоне общего потепления, некоторые «межсезонные» месяцы (ноябрь, март) в многолетнем разрезе не показывают значимых изменений температур. Этот факт позволяет сделать вывод о более резких температурных переходах на протяжении года и резких смен сезонов в будущем. Прямым следствием увеличения температуры воздуха является сокращение числа дней со снежным покровом и уменьшения количества твердых осадков.

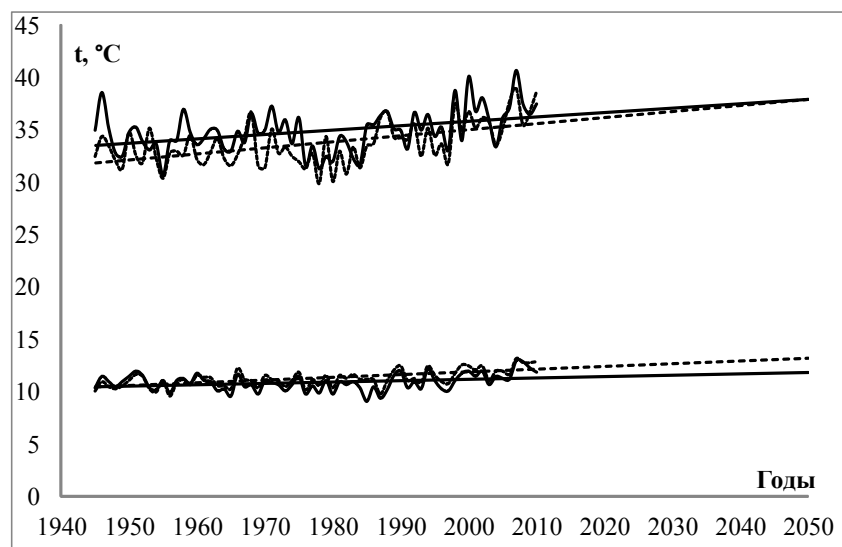


Рис. 1. Многолетнее изменение среднегодовых и максимальных температур воздуха по метеостанции Измаил (—) и метеостанции Вилково (---).

Наблюдается существенный рост температуры воды в водоемах и водотоках дельты Дуная, который значительно опережает рост температуры воздуха. Такие

изменения связаны со сложностью физики прогрева водных масс, неоднородностью динамики и морфологии водных объектов. Значительный прогрев подстилающей поверхности определяет развитие более мощных конвективных процессов. Уже сейчас в регионе участилось число стихийных гидрометеорологических явлений, связанных с конвективной деятельностью в нижних слоях тропосферы.

Таблица 1

**Возможные изменения природных условий в дельте Дуная**

Параметр/показатель	Изменения		Комментарии
	2030 г.	2050 г.	
Среднегодовая температура воздуха	+0,5°C ↑	1,0-1,5°C ↑	Средняя приземная температура воздуха будет возрастать
Температура летних месяцев	+0,5°C ↑	+1,3°C ↑	В основном за счет июля-августа
Температура зимних месяцев	+0,5°C ↑	+1,2°C ↑	В основном за счет января-февраля
Продолжительность теплых периодов	↑	↑	Будет происходить более быстрая смена сезонов года
Число дней со снежным покровом	↓	↓	Снизится, уменьшится интенсивность промерзания почвы
Годовые суммы осадков	↑ +3%	↑ +6%	В целом рост количества осадков.
Экстремальные осадки, ливневые дожди, шквалы, грозы, град	↑	↑	Повышение температуры воздуха приведет к росту неустойчивости атмосферы в теплый период года и увеличению количества и интенсивности конвективных явлений погоды
Дефицит влаги (засухи)	↑	↑	Из-за общего потепления и за счет увеличения абсолютных максимумов температуры. Возможно из-за внутригодового перераспределения температур
Испарение	↑	↑	Возрастет из-за увеличения температур
Наводнения, связанные с местным стоком	↑	↑	Возрастет по причине увеличения ливневых осадков
Интенсивность и высота паводков Дуная	↑	↑	Будет происходить изменение расчетных гидрологических характеристик, в частности стока и уровня воды 1% обеспеченности
Температура воды в водотоках и водоемах дельты	+1,0°C ↑	+2,0°C ↑	возрастет во всех водоемах дельты
Качество воды	↓	↓	Снизится из-за снижения концентраций O <sub>2</sub> , ухудшения водообмена между озерами и Дунаем, эвтрофикации водоемов

Атмосферные осадки в устье Дуная в летнее время из-за активной конвекции будут выпадать еще более неравномерно по времени и на территории. Количество осадков, по-видимому, несколько возрастет. Меняющиеся характеристики осадков

увеличат локальный, местный сток и число наводнений [3, 6]. Интенсивность наводнений, связанных с местным стоком, может возрасти из-за неправильного хозяйствования в пределах устьевой области: захламления русел ериков и малых рек, распашки пойменной территории, сооружения насыпей и дамб и т.д. Дефицит влаги, вызванный сильным прогревом, определит увеличение числа и интенсивность засух, возрастет вероятность испаряемости и транспирации.

Сток Дуная будет реагировать прежде всего на изменения климата в бассейне реки. Намеченные тенденции указывают на возможность увеличения максимального стока, приходящего в вершину устьевой области и рост температуры воды, особенно в летние месяцы.

Увеличение температуры воды в водоемах и водотоках дельты приведет к снижению концентраций кислорода. В то же время из-за более активного развития планктона, различных водорослей возрастет дефицит кислорода в ночное время, увеличатся суточные и сезонные колебания  $CO_2$  и  $O_2$ . Снижение качества воды будет происходить и в моменты интенсивного отмирания планктона, водорослей и высшей водной растительности. Прежде всего, это относится к придунайским и внутридельтовым озерам.

Наиболее уязвимой от климатических изменений окажется украинская часть дельты Дуная, где, помимо внешних факторов воздействия, негативные последствия будут усилены процессами перераспределения стока воды из Килийской системы водотоков в Тульчинскую [5]. Из-за снижения максимальных уровней воды вдоль Килийского рукава следует ожидать ухудшения водообмена между рекой и придунайскими озерами, снижения проточности малых водотоков. Уменьшающийся сток Килийского рукава определит также усиление эрозионных процессов на морском крае дельты, усиление процессов интрузии, уменьшение биоразнообразия.

## ВЫВОДЫ

1. В ближайшие десятилетия в дельте Дуная будет происходить увеличение температуры воздуха. Среднегодовая температура воздуха повысится на  $0,5^\circ C$ , к 2030 г. достигнет  $11,0 - 11,8^\circ C$ . Вероятно, что интенсивность потепления будет увеличиваться и к 2050 г. среднегодовые температуры составят уже  $12,0-12,8^\circ C$ . Максимальная годовая температура воздуха возрастет к 2050 г на  $2,0^\circ C$ , а минимальная – на  $1,5^\circ C$ . Средние месячные температуры июля-августа и января-февраля увеличатся на  $1,3^\circ C$ . Довольно вероятным представляется сокращение числа дней с морозом и соответствующим увеличением продолжительности теплых периодов. Существенно сократится число дней со снегом.

2. Годовые суммы атмосферных осадков, видимо, несколько возрастут. Из-за более сильного прогрева подстилающей поверхности и нижних слоев атмосферы усилятся конвективные процессы. Также возрастет интенсивность и частота явлений погоды связанных с конвекцией: гроз, смерчей, шквалов. Соответственно возрастет роль конвективных осадков в годовом разрезе.

3. В летнее время в приземном слое атмосферы ожидается увеличение дефицита влаги. Реален более активный прогрев почвы. Это приведет к увеличению интенсивности засух, увеличатся испарение и транспирация. Риск наводнений, связанных с местным стоком, возрастет по причине увеличения ливневых осадков. Ситуация может усугубиться из-за вырубки лесов в водосборном бассейне, строи-

тельства хозяйственных объектов без научного гидрометеорологического обоснования. Данное положение относится и к стоку реки Дунай.

4. Интенсивность и высота паводков Дуная возрастут. Увеличится доля жидких осадков в формировании максимального стока. Будут происходить изменения расчетных гидрологических характеристик, в частности, уровня и стока воды 1%-й обеспеченности.

5. Повторяемость наводнений на морском крае дельты Дуная возрастет из-за дальнейшего подъема уровня Черного моря, увеличения числа шквалов, смерчей и связанных с ними экстремально высоких нагонов от восточного сектора горизонта.

6. Температура воды возрастет во всех водных объектах устьевой области Дуная. Наибольшее увеличение температуры следует ожидать в придунайских озерах и на устьевом взморье. Произойдет уменьшение частоты и продолжительности ледовых явлений во всех водоемах и водотоках дельты. Ожидается снижение концентраций  $O_2$ , увеличение амплитуд суточного хода  $O_2$  и  $CO_2$  в летнее время. Следует ожидать повышения общей минерализации в придунайских озерах и ухудшения качества воды по большинству показателей.

7. Необходимо сохранить и модернизировать, а по возможности – и увеличить, существующую сеть постов гидрометеорологических наблюдений, учитывая важное значение дельты для экономики Украины и значение как важного международного заповедника. Это позволит отслеживать изменения режима погоды, водных объектов, а накопленная база данных позволит повысить качество научных исследований дельты Дуная.

Статья поступила в редакцию 25 августа 2013 г.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володин Е.М. Достоверность прогноза будущих изменений климата // Труды Инст. Водных проблем РАН. – 2010. – Вып. 2. – С. 1 – 16.
2. Катцов В.М., Мелешко В.П. и др. Модели, предназначенные для оценки будущих изменений климата // Труды Гос. Гидрофиз. Обсерватории. – 2008. – Часть 5. – Вып. 1. – С. 112 – 151.
3. Черой А.И. Сток воды, наносов и морфологические процессы в устьевой области реки Дунай: Дисс. ... кандидата географических наук: 11.00.07 / Черой Александр Иванович. – Одесса: ОДЭКУ, 2009. – 174 с.
4. Михайлов В.Н., Морозов В.Н., Михайлова М.В. и др. Гидрология дельты Дуная. – Москва: ГЕОС, 2004. – 448 с.
5. Черой А.И., Дьяков О.А., Жмуд Е.И. и др. Комплексные обследования морского края Килийской дельты Дуная в 2011-2012 гг. // Укр. гідрометеорол. журнал. – 2012. – Вип. 11. – С. 24 – 33.
6. Shuisky, Y.D. The influence of sea-level rise on the natural and cultural resources of the Ukrainian coast // Changing Climate and the Coast. Vol. 2: Edited by J.G. Titus. – Washington DC, 1990. – P. 201 – 219.

**Черой О.І.**

Дунайська Гідрометеорологічна обсерваторія,  
Державна Гідрометеорологічна служба,  
вул. Героїв Сталінграда, 36, м.Ізмаїл Одеської обл.,  
68600, Україна

**МОЖЛИВІ КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ В ДЕЛЬТІ ДУНАЮ,  
ПІВДЕННО-ЗАХІДНА ЧАСТИНА УКРАЇНИ****Резюме**

У роботі розглянуті можливі зміна гідрометеорологічних умов в дельті Дунаю до 2050 р., і їх вплив на водогосподарські об'єкти регіону. Кількісно оцінені зміни температур і опадів, стік Дунаю у вершині дельти.

**Ключові слова:** Дельта Дунаю, зміни клімату, прогноз гідрометеорологічних параметрів.

**Cheroi A.I.**

Hydrometeorology Observatory of Danube Delta,  
State Hydrometeorology Survey of Ukraine,  
Heroics of Stalingrad St., 36, Izmail in Odessa Oblast,  
68600, Ukraine

**THE POSSIBLE CLIMATE CHANGING WITHIN THE DANUBE  
DELTA AREA, SOUTH-WESTERN PART OF UKRAINE****Abstract**

The climate change which is possible in the Danube Delta by the year 2050 and their impact on the waterworks of region are considered in this paper. The changes of temperature, precipitation and runoff in the Danube Delta are quantitatively assessed.

**Keywords:** the Danube Delta, climate change, forecast of hydrometeorological parameters.