

Рассмотрены результаты комплексного анализа состояния атмосферы в периоды формирования крупных паводков на Дунае. Используются хорошо известные количественные характеристики и метод синоптического анализа для оценки условий атмосферы различного пространственно-временного масштаба, способствующих образованию сильных осадков в бассейне р. Дунай, которые могут быть применены в оперативной прогностической практике.

Ключевые слова: паводок, конвекция, индексы неустойчивости атмосферы, северо-атлантическое колебание.

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОДЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЛЕТНИХ ПАВОДКОВ НА ДУНАЕ

Вступление. Дунай является крупнейшей водной артерией Европы и, проходя через ряд европейских стран, влияет на народно-хозяйственную деятельность огромных территорий. Катастрофические наводнения на Дунае происходят не каждый год, однако в последнее десятилетие их повторяемость увеличилась в основном в летний период. Исследования в русле Дуная выявили заметные изменения многих гидрометеорологических характеристик. За последние 25 лет возросла температура воздуха, увеличилось количество атмосферных осадков, изменились ледовые условия и, несмотря на водозабор на хозяйственные нужды и потери на испарение с поверхности водохранилищ, возрос сток воды Дуная [1]. Экстремальные гидрологические явления на Дунае наблюдались в 1980, 1981, 1988, 1999, 2002, 2005 и 2006 гг. [2-3], и их возникновение напрямую связано с обострением синоптических процессов в регионе. Данное исследование посвящено оценке состояния атмосферы в период формирования крупных паводков с использованием комплексного подхода, который позволяет выявить благоприятные условия для образования большого количества осадков в ограниченные временные периоды.

Исходные материалы исследования. В качестве исходных данных для описания гидрологического режима крупных паводков 1980-2006 гг. взяты материалы наблюдений за уровнями воды гидрологических постов на всех участках Дуная и месячные количества сумм осадков по некоторым метеостанциям в бассейне р. Дунай, предоставленные Дунайской гидрометобсерваторией. Для характеристики циркуляционных условий атмосферы использован архив синоптических карт, данные радиозондирования, ежедневные индексы северо-атлантического колебания (САК).

Методика исследования. Методика исследования включала в себя анализ максимальных уровней воды на постах, количества выпавших за месяц осадков и их сравнение с историческими (климатическими) данными. Аэросиноптический материал был подвергнут комплексному анализу с использованием как качественных, так и количественных характеристик состояния атмосферы, позволяющих оценить её устойчивость в различных пространственно-временных масштабах. Для оценки крупномасштабного характера циркуляции в атлантико-европейском регионе применялся индекс САК, были описаны синоптические ситуации над Европой с выделением особенностей барических полей и фронтальных разделов в бассейне р. Дунай. Для оценки локальных условий возможности образования осадков был выбран параметр Шоуолтера (индекс неустойчивости), рассчитываемый по данным радиозондирования на отдельных станциях.

Результаты исследований и их анализ. Для характеристики гидрологического режима были взяты шесть летних сезонов, начиная с 1980 г., когда на Дунае

наблюдался подъем воды, вызванный сильными осадками в регионе. В табл.1 представлены данные об уровнях воды на гидрологических постах Дуная для некоторых случаев, синоптические процессы для которых анализировались в дальнейшем. Для сравнения также даны сведения об исторических максимумах воды на соответствующих постах. Как видно из данных табл. 1, большинство крупных паводков охватывало районы Верхнего и Среднего Дуная, при этом максимальные уровни воды не достигали исторических размеров. Исключение составил паводок 2002 г., который, как известно [2], состоял из двух волн, прошедших 6-12 и 13-30 августа. На многих постах в этот период уровни воды были близкими к историческим максимумам, а в Братиславе - даже превышен на 2 см. Паводковая волна за две недели прошла весь Дунай, достигнув Рени в начале сентября. Паводок был вызван сильными дождями, которые в первой половине августа охватили южную и восточную части Германии, Австрию, Чехию, Словакию и смежные территории. На Верхнем Дунае и в верховьях Эльбы особенно сильные дожди отмечались 6-7 и 11-12 августа. Первая волна ливней вызвала наводнения на реках Германии (в землях Саксония и Бавария), в южной и западной частях Чехии. Когда последовала вторая волна ливней, почвы уже были насыщены водой, поэтому уровни воды во всех реках быстро поднялись и в ряде случаев достигли исторического максимума. По данным спутниковых изображений облачности, зоны интенсивных осадков (свыше 30 мм за 6 ч) располагались в области развития геноуэской депрессии над севером Италии, Альпами, Австрией, Венгрией и в течение 6-8 августа распространялись на восток и большую часть Балканского полуострова. Сравнение сумм осадков за август 2002 г. по ряду метеостанций в бассейне р. Дунай с климатическими нормами показало, что в большинстве случаев количество осадков в 2-2,5 раза превысило среднемесячные величины и составило от 104 мм (Измаил) до 260 мм (Пассау) за август месяц.

Экстремальным в гидрологическом плане оказался и весенне-летний сезон 2006 г. Основными причинами половодья, начавшегося в марте и продолжавшегося по июль 2006 г., были большие запасы снега, накопившегося к началу марта в горных районах и на равнине, теплая погода и обильные дожди в весенне-летние месяцы [3]. Как видно из табл. 1, подъем уровней воды в апреле превысил исторические максимумы в низовьях Дуная, при этом существенную роль сыграли сильные осадки, которые в марте-мае в среднем течении Дуная превысили норму на 10-30%.

Для анализа синоптических процессов нами были взяты 7 летних периодов, в которые наблюдалось формирование дождевых паводков: 21-28 июля 1980 г., 8-17 августа 1981 г., 25 мая-5 июня 1999 г., 4-8 августа 2002 г., 10-21 июля 2005 г., 22-28 августа 2005 г., 2-10 июня 2006 г.

Исследование траекторий перемещения барических образований, атмосферных фронтов и очагов холода в средней тропосфере показало, что рассмотренные синоптические процессы можно подразделить на следующие типовые ситуации.

1. Стационарирование фронтального раздела (часто холодный фронт с волнами) в районе бассейна р. Дунай (июль 2005 г., август 2002 г., август 1981 г.). Такой процесс протекает в малоградиентных полях пониженного давления при незначительной адвекции холода на высотах (рис. 1). Основной вклад в формирование сильных осадков вносит конвективная деятельность на фронтальных волнах.
2. Перемещение активного циклона на районы бассейна р. Дунай (июнь 2006 г., август 2005 г., июль 1980 г.) (рис. 2). В этом случае поле осадков формируется

Таблица 1 - Наивысшие уровни воды на гидрологических постах вдоль Дуная во время половодья и дождевых паводков

Гидрологический пост	Исторический максим.	1980 г.		1981 г.		1985 г.		1999 г.		2002 г.		2005 г.		2005 г.		2006 г.	
		уровень, см	дата	уровень, см	дата	уровень, см	дата	уровень, см	дата								
Линц	963	614	23.07	735	21.07	705	08.08	631	26.05	799	13.08	561	12.07	668	24.08	613	29.03
Брати-слава	984	627	24.07	790	24.07	778	09.08	629	27.05	986	16.08	728	13.07	679	26.08	829	02.04
Будапешт	845	554	26.07	696	27.07	712	12.08	626	30.05	844	19.08	622	15.07	621	29.08	856	04.04
Мохач	984	690	29.07	806	30.07	780	15.08	799	01.06	924	22.08	733	18.07	762	31.08	931	8-9.04
Бездан	776	516	29.07	612	30.07	582	15.08	608	01.06	706	23.08	546	18.07	576	31.08	734	10.04
Нови-Сад	778	459	02.07	507	03.07	454	19.08	601	03.06	602	25.08	486	21.07	505	31.08	745	12.04
Калафат	801	486	01.08	454	08.07	343	17.08	589	01.06	715	27.08	447	19.07	500	04.09	861	22-23.04
Джурджу	795	430	04.08	373	09.08	243	20.08	541	02.06	376	24, 30.08	453	21.07	460	06.09	822	24.04
Рени	555									350	02.09	439	23.07	435	10.09	699	26.04

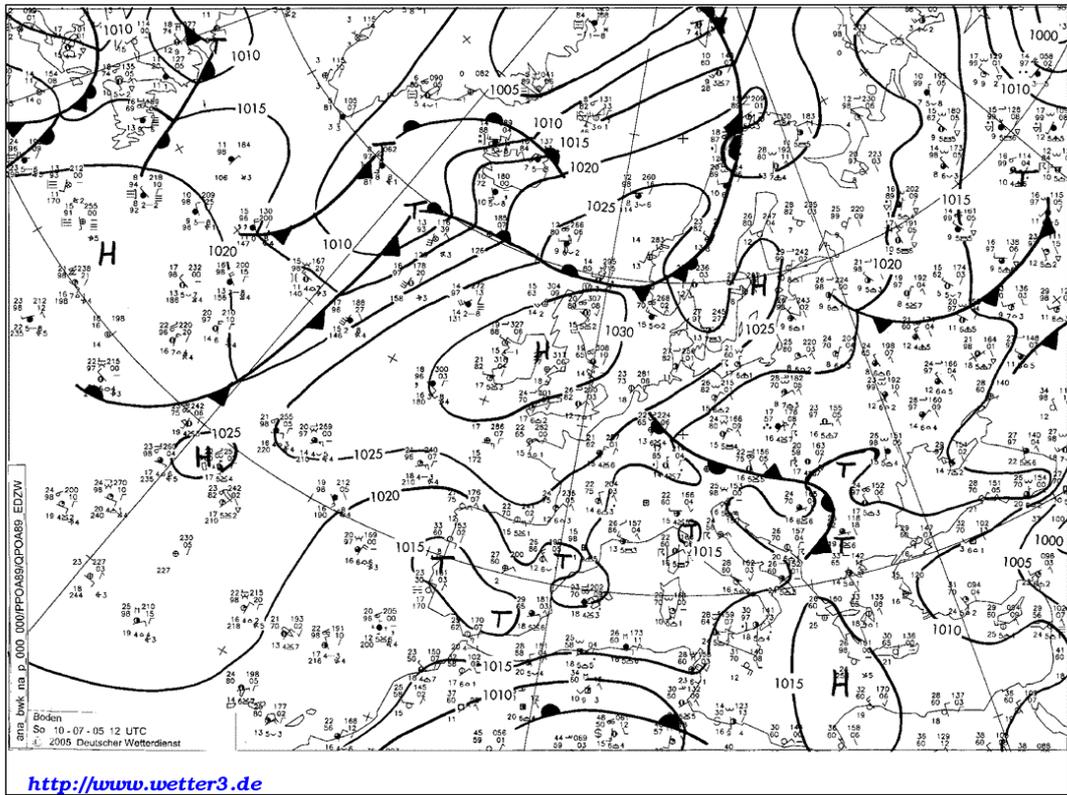


Рис. 1 – Приземная карта за 10.07.2005 г. (12 ч СГВ), пример стационарного фронта.

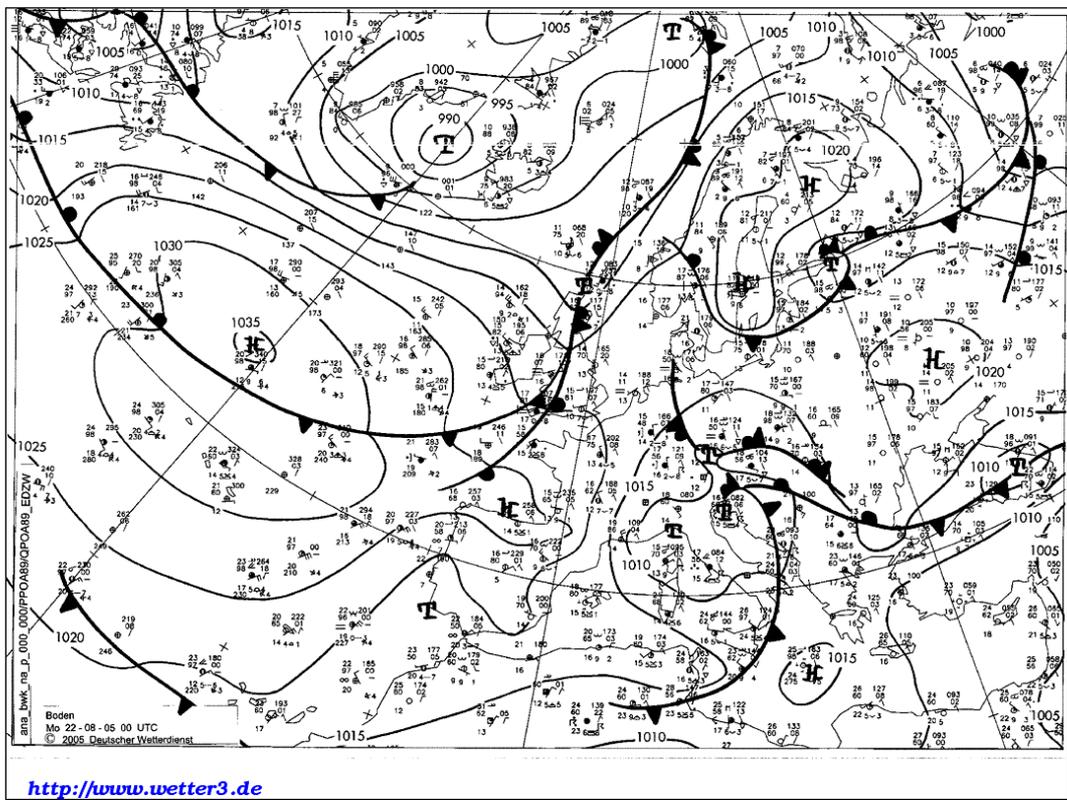


Рис. 2 – Приземная карта за 22.08.2005 г. (00 ч СГВ), пример выхода активного средиземноморского циклона.

из обложных и ливневых осадков, связанных как с упорядоченным подъемом воздуха в зоне атмосферных фронтов, так и развитием интенсивной конвекции в теплый период года.

1. Все процессы циклогенеза заканчивались стационарированием тропосферного очага холода и высотного циклона над районами бассейна р. Дунай (июнь 2006 г., август 2005 г., август 1981 г., июль 1980 г.), что приводило к образованию внутримассовых осадков кратковременного ливневого характера в дневные часы над исследуемым районом.

Таким образом, перечисленные случаи синоптических процессов можно рассматривать как потенциально опасные для возникновения интенсивных осадков, и, следовательно, дождевых паводков.

Для оценки состояния крупномасштабной циркуляции атмосферы в предпаводковый период и в процессе самих паводков использована известная модель телеконнекции – северо-атлантическое колебание (САК) [4-5]. Рассмотрен временной ход ежедневного индекса САК для 8 случаев катастрофических паводков, начиная с 1970 г. (данные взяты из <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.html> - National Weather Service: Climate Prediction Center).

На рис. 3 в качестве примера представлены графики временного хода индекса САК за май-июнь 1999 г., июль-август 2002 и 2005 гг., в которых учтен период в среднем за месяц до начала паводка и период самого паводка.

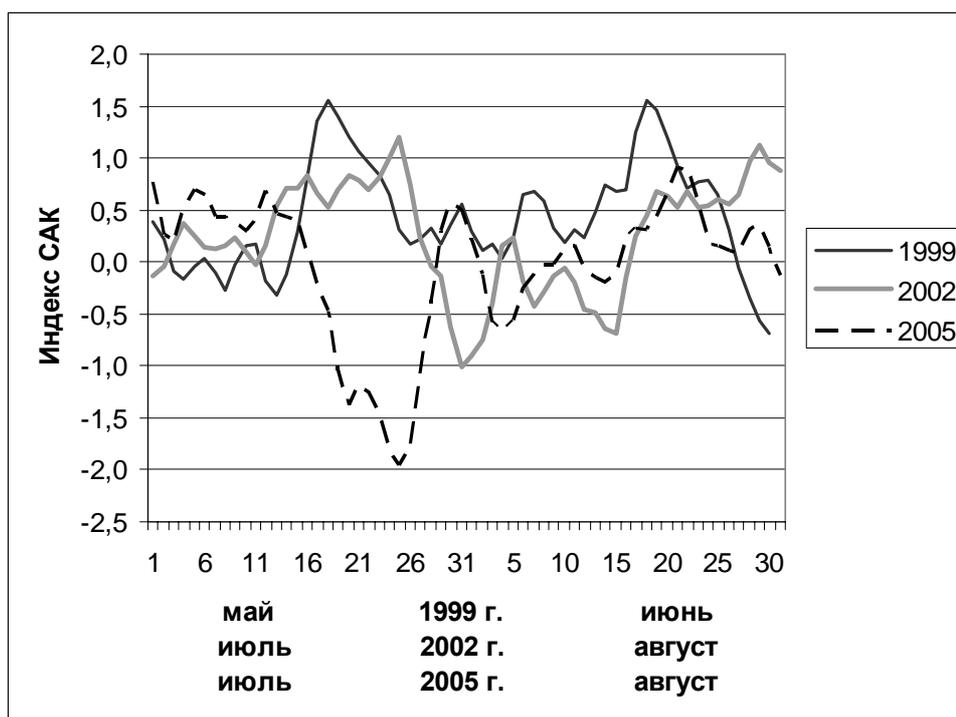


Рис. 3 - Временной ход индекса САК в сезоны паводков 1999, 2002 и 2005 гг.

Анализ показал, что в период перед началом паводка в 6 случаях из восьми в течение месяца преобладала положительная фаза САК различной интенсивности (например, июль 2002 г. перед паводком в августе). Начало паводка в этих случаях совпадало с окончанием положительной фазы и началом отрицательной фазы САК (например, 10-21 июля 2005 г.). В пяти случаях период паводка (или его первая половина при большой продолжительности) совпадали с глубокой отрицательной

фазой. В остальных случаях наблюдалось резкое ослабление положительной фазы или нейтральная ситуация. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в летний период сильным осадкам в южной части Европы способствует ослабление зонального переноса и возникновение меридиональных процессов, которые обуславливают адвекцию холода на бассейн Дуная, создавая условия для развития интенсивной конвекции.

Для оценки локальных условия атмосферы, способствующих образованию конвективных осадков, был использован количественный параметр Шоуолтера, который представляет собой так называемый индекс неустойчивости ΔT [6]. Сравнение фактических значений индекса с критическими позволяет определять вероятность возникновения ливней и гроз в пунктах радиозондирования. Анализ временного хода параметра Шоуолтера для четырех случаев паводков (июль 2005 г., август 2002 г., май–июнь 1999 г.) позволил выявить следующие закономерности. Во всех случаях начало подъема воды в верховьях Дуная сопровождалось условиями для возникновения конвекции в атмосфере над данным районом (ΔT был меньше нуля). Зона неустойчивости перемещалась с запада на восток, предшествуя прохождению паводковой волны на разных участках Дуная. Также в некоторых случаях возможность возникновения ливней была и в предпаводковый период, то есть выпадающие осадки создавали высокое предшествующее увлажнение почвы.

Выводы. Выполненное исследование состояния атмосферы в период образования крупных паводков на Дунае позволило выделить синоптические и локальные процессы, а также особенности крупномасштабной циркуляции атмосферы, одновременное пространственно-временное воздействие которых является потенциально опасным для формирования интенсивных осадков и дождевых паводков на Дунае. Для комплексного анализа условий атмосферной циркуляции использованы общедоступные аэросиноптические материалы и количественные критерии, которые могут быть применены в оперативной прогностической практике. Общая схема последовательности синоптических процессов, приводящих к формированию сильных осадков, сводится к следующему: 1) ослабление зональной циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском регионе; 2) смещение циклона либо фронта на бассейн р. Дунай с последующим их стационарированием; 3) оформление барической ложбины (циклона) и очага холода на высотах над бассейном р. Дунай; 4) развитие внутримассовой конвекции при заполнении барического образования у поверхности Земли.

Автор выражает благодарность сотруднику Дунайской ГМО Гуне Т.Б. за помощь в сборе и первичной обработке гидрологической информации.

Список литературы

1. Гидрология дельты Дуная. – М.: ГЕОС, 2004. - 448 с.
2. Михайлов В.Н., Михайлова М.В., Морозов В.Н. и др. Катастрофический паводок на Дунае в августе 2002 г. // Метеорология и гидрология. 2004. - № 1. - С. 81-88.
3. Михайлов В.Н., Морозов В.Н., Черой Н.И., Михайлова М.В., Завьялова Е.Ф. Экстремальное половодье на Дунае в 2006 г. // Метеорология и гидрология. 2008. - № 1. - С. 80-89.
4. Hurrell, J.W., Kushnir Y., Visbeck M, Ottersen G. An Overview of the North Atlantic Oscillation. The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact // American Geophysical Union Monograph. 2003. - V. 134. - P. 1-35.

5. Семенова И.Г. Колебания в поле давления в Атлантико-Европейском секторе за период 1980-2002 гг. // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2004. – Вип. 48. – С. 35-41.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть I. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.- 502 с.

**Циркуляційні умови атмосфери в періоди катастрофічних літніх паводків на Дунаї
Семенова І.Г.**

Розглянуті результати комплексного аналізу стану атмосфери в періоди формування крупних паводків на Дунаї. Використані загальноживані кількісні характеристики і метод синоптичного аналізу для оцінки умов атмосфери різного просторово-часового масштабу, що сприяють утворенню сильних опадів в районі басейну р. Дунай, та які можуть бути використані в оперативній прогностичній практиці.

Ключові слова: паводок, конвекція, індекси нестійкості атмосфери, північно-атлантичне коливання

**Circulation conditions of the atmosphere in periods of catastrophic summer floods on Danube
Semenova I.G**

The results of complex analysis of the atmospheric conditions in periods of strong floods on Danube are considered. The well-known numeric characteristics and method of a synoptic analysis were used for description of atmospheric processes of different spatial and temporal scale, which lead to strong rainfalls in Danube's region. These characteristics can be used in operative practice of prognoses.

Keywords: flood, convection, indexes of instability of atmosphere, North-Atlantic oscillation.