

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ МАСС В ЮЖНЫХ ЦИКЛОНАХ НАД БЕЛАРУСЬЮ

¹Сумак Е. Н., ²Семёнова И. Г.

¹Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного
загрязнения

и мониторингу окружающей среды,

г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: katyasbelarus@gmail.com

²Одесский государственный экологический университет,

г. Одесса, Украина, e-mail: in_home@ukr.net

Оценка метеорологических характеристик воздушных масс с использованием траекторных моделей, является важным и необходимым инструментом для более детального изучения процессов, происходящих в атмосфере. Универсальная и простая в использовании программа NOAA HYSPLIT позволяет получать исходные данные, которые можно использовать для выявления различий между воздушными массами в процессах эволюции циклонов. В исследовании рассмотрены характеристики воздушных масс в южных циклонах, поступающие во все сезоны года на территорию Беларуси. Обратные траектории за период 24 ч рассчитывались на уровнях 1500 и 3000 м для наиболее типичных районов зарождения и траекторий перемещения. Выявлено, что в район зарождения южных циклонов во все сезоны года поступали относительно теплые ненасыщенные воздушные массы, которые в процессе перемещения на территорию Беларуси претерпевали охлаждение и увеличение относительной влажности.

Ключевые слова: южный циклон; воздушная масса; NOAA HYSPLIT; потенциальная температура; температура воздуха; относительная влажность воздуха.

CHARACTERISTICS OF AIR MASSES IN SOUTHERN CYCLONES OVER BELARUS

¹Sumak K. M., ²Semenova I. G.

¹Republican center for hydrometeorology, control of radioactive contamination
and environmental monitoring,

Minsk, Republic of Belarus, e-mail: katyasbelarus@gmail.com

²Odessa State Environmental University,

Odessa, Ukraine, e-mail: in_home@ukr.net

The assessment of meteorological characteristics of air masses using trajectory models is an important and necessary tool for a more detailed study of the processes occurring in the atmosphere. The universal and easy-to-use NOAA HYSPLIT program provides initial data that can be used to identify differences between air masses in the processes of cyclone evolution. The study examines the characteristics of air masses in southern cyclones that enter the territory of Belarus in all seasons of the year. The backward trajectories for a period of 24 h were calculated at the levels of 1500 and 3000 m for the most typical areas of origin and movement trajectories. It was revealed that in all seasons of the year, relatively warm unsaturated air masses arrived in

the area of the origin of southern cyclones, which in the process of moving to the territory of Belarus underwent cooling and an increase in relative humidity.

Key words: southern cyclone; air mass; NOAA HYSPLIT; potential temperature; air temperature; relative humidity.

Введение. Для выявления различий между воздушными частицами основное внимание придают характерным для них значениям температуры и влажности. Это позволяет определять, какие из них теплее, а какие холоднее, а также дает представление о том, какие воздушные частицы более сухие, а какие более влажные.

Как известно [1], выделяют свойства воздушных масс, которые в каждой частичке воздуха с течением времени меняются наиболее медленно, т.е. в наименьшей степени подвергаются как внешним влияниям, так и адиабатическим изменениям состояния. Эти свойства позволяют наилучшим образом характеризовать происхождение воздушной массы. Такие достаточно медленно изменяющиеся свойства воздушных масс относят к консервативным. Консервативные характеристики предоставляют возможность объективной оценки свойств воздушных частиц за любой период времени и на разных высотах.

Для практического анализа очень важно знать значения метеорологических элементов, которые позволят нам выявить типичные черты данного типа воздушных масс в определенном районе и в данное время года. Очевидно, что наибольший интерес представляют консервативные свойства, которые лучше отображают происхождение воздушных масс, но важное значение имеют также и характеристические значения менее консервативных элементов – температуры и относительной влажности.

В метеорологических исследованиях траектория определяется как путь, который проходит воздушная частица во времени и пространстве [2], и представляет собой набор точек. Каждая точка определяется координатами положения лагранжевой части в определенный момент времени, предшествующий ее приходу в заданную географическую точку. В зависимости от поставленной цели в разных точках траектории проводятся расчеты характеристик воздушной частицы. Точность траекторного анализа достаточно сильно зависит от разрешения метеорологических данных и вычислительных методов.

Для изучения метеорологических характеристик частиц воздуха могут быть использованы такие траекторные модели, как HYSPLIT [3], FLEXTRA и METEX. Целью данного исследования является определение метеорологических характеристик воздушных масс в южных циклонах, перемещающихся на территорию Беларуси в разные сезоны года.

Данные и методы. В предыдущей работе авторов [4] были рассмотрены особенности передвижения циклонов типовых траекторий через территорию Беларуси в период 1995 – 2015 гг. В соответствии с существующими классификациями [5] к западным циклонам были отнесены зарождавшиеся в широтной полосе 48 – 60° с. ш. и перемещавшиеся с запада на восток через

Беларусь; к южным – формировавшиеся над районами Средиземноморья, Балканского полуострова и Черного моря и впоследствии выходившие на территорию Беларуси; к северо-западным, или «ныряющим», – циклонические образования, зарождавшиеся в высоких широтах и смещавшиеся через республику к югу и юго-востоку.

По результатам исследования была создана база данных основных характеристик циклонов, включая географические координаты начала и конца траекторий, положения приземного центра циклона над территорией Беларуси, дату и соответствующее значение минимального давления.

В дальнейшем, для каждого сезона года из каждого типа циклонов было выбрано от 3 до 5 случаев, с наиболее типичными районами зарождения и траекториями перемещения. Для точек в районе зарождения с помощью лагранжевой модели переноса NOAA HYSPLIT были построены обратные траектории на 24 ч, на уровнях 1500 м и 3000 м, с целью оценить основные характеристики воздушных масс (потенциальная температура (θ), температура воздуха (T), относительная влажность воздуха (RH)), которые поступают в район зарождения циклонов, а также выявить изменения, которые происходят в воздушных частицах при перемещении вдоль траекторий движения. Следующим этапом стала оценка изменений метеорологических характеристик при перемещении циклонов из района зарождения на территорию Беларуси. Для запуска модели NOAA HYSPLIT использовались метеорологические данные реанализа NCEP-NCAR с пространственным разрешением $2.5 \times 2.5^\circ$.

В данных материалах приводятся результаты построения траекторий воздушных частиц для южных циклонов. Эти циклоны, выходящие на территорию Беларуси, образуются в разных частях Средиземного моря, которое имеет большую долготную протяженность. Поэтому условно были выделены две части Средиземного моря – западная и восточная, в которых определили районы, где наиболее часто зарождались исследуемые циклоны. Анализ метеорологических характеристик приведен по сгруппированным циклонам: I группа – южные циклоны, образовавшиеся в западной половине Средиземного моря, включая район Аппенинского полуострова, II группа – южные циклоны, образовавшиеся в восточной части Средиземного моря, включая Балканский полуостров и полуостров Малая Азия.

Результаты.

I группа. В зимний и весенний периоды южные циклоны I группы зарождались над районом Генуэзского залива, который считается наиболее циклогенетическим районом Средиземного моря в связи с благоприятным сочетанием физико-географических условий и характером региональной циркуляции атмосферы [6]. Начальные точки суточных траекторий располагались к западу от района образования вблизи западного побережья Средиземного моря и над Пиренеями.

В летний и осенний сезоны район зарождения южных циклонов этой группы был смещен на континент, на западную часть Альп. Начальные точки

сосредоточивались над западной частью Средиземного моря в районе Балеарских островов.

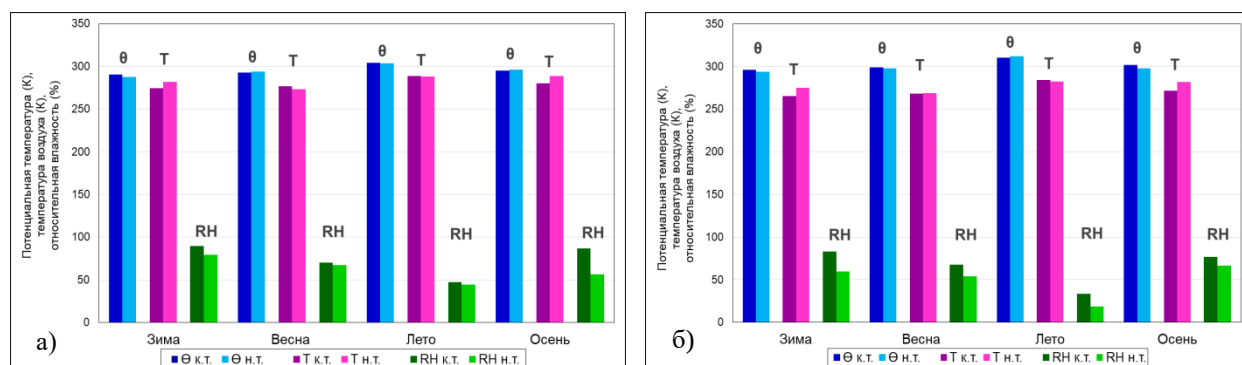


Рисунок 1 – Метеорологические характеристики воздушных масс в южных циклонах (I группа) в фазе зарождения (здесь и далее: а – уровень 1500 м; б – уровень 3000 м; к.т. – конечная точка траектории; н.т. – начальная точка траектории)

Во все сезоны года характерно преобладание процесса поступления в район зарождения циклонов относительно теплых и ненасыщенных воздушных масс, которые при перемещении вдоль траектории, как правило, поднимались, охлаждались и становились более насыщенными. Изменения температуры в среднем составили 7 – 8 К/24 ч, относительной влажности – 14 %/24 ч (рисунок 1а, б). Но в переходные сезоны на расчетных уровнях наблюдались разнонаправленные неадиабатические процессы, а летом через ослабленную циркуляцию атмосферы трансформация воздушных масс была незначительной. Так, индивидуальный прогрев летом в среднем не превышал 1 – 1,5 К за 24 ч. А температуры в районе циклогенеза были наивысшими среди всех сезонов и достигали 288 К и 284 К на уровнях 1500 м и 3000 м соответственно.

Рассмотрим, как менялись метеорологические характеристики при перемещении южных циклонов I группы из района зарождения на территорию Беларуси. Период перемещения этих циклонов во все сезоны, кроме осени, составлял в среднем 2 суток. Осенью этот показатель равнялся 1 суткам. В циклонах данной группы происходило охлаждение воздушной массы в центре циклонов с одновременным повышением относительной влажности. Изменения температуры в среднем были 5 К/24 ч, а относительной влажности – 16 %/24 ч (рисунок 2а, б). Осенью, так как скорость перемещения циклонов была большей, чем в другие сезоны года, то трансформационные процессы также отличались повышенной интенсивностью.

II группа. В зимний, весенний и летний периоды южные циклоны II группы зарождались над акваторией Эгейского моря, а воздушные массы поступали из районов Ионического моря и центральной части Средиземного моря. Осенью район зарождения избранных южных циклонов находился над Балканским полуостровом, а начальные точки суточных траекторий лежали на юго-запад, вблизи западных берегов о. Сицилия.

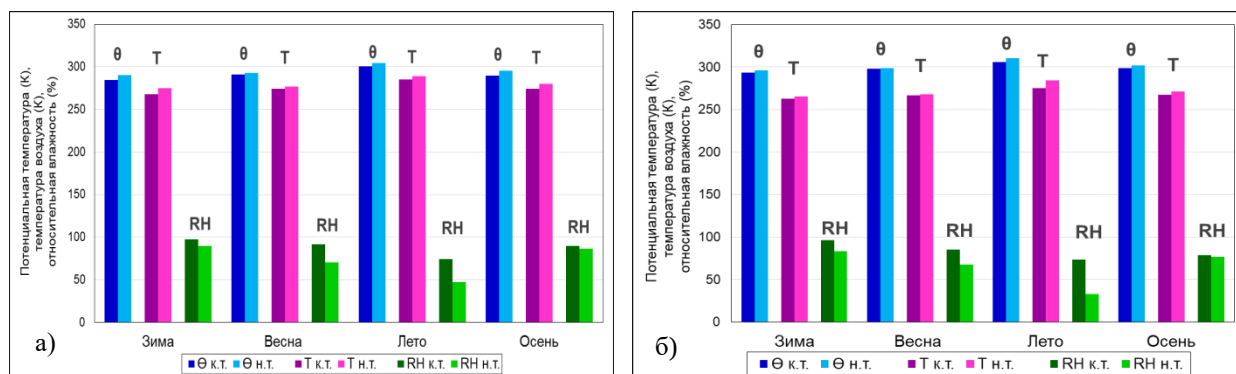


Рисунок 2 – Изменение метеорологических характеристик воздушных масс в южных циклонах (I группа) при их перемещении на Беларусь

Для всех сезонов, за исключением летнего, характерно преобладание процесса поступления в район зарождения циклонов относительно теплых, но ненасыщенных воздушных масс, которые при перемещении вдоль траектории в большинстве случаев подвергались подъему, вследствие чего охлаждались и становились более насыщенными. Изменения температуры в среднем составили 6 – 7 К/24 ч (рисунок 3а, б), относительной влажности – 21 - 22 %/24 ч.

Летом в район зарождения южных циклонов в средней тропосфере поступала относительно прохладная и ненасыщенная воздушная масса, которая за счет нисходящего движения вдоль траектории становилась более теплой и еще более ненасыщенной, а в нижних слоях противоположные изменения температуры и влажности были мало интенсивные через ослабленную циркуляцию атмосферы, которая обусловила схожесть условий в пределах одной воздушной массы, в начальных и конечных точках траекторий.

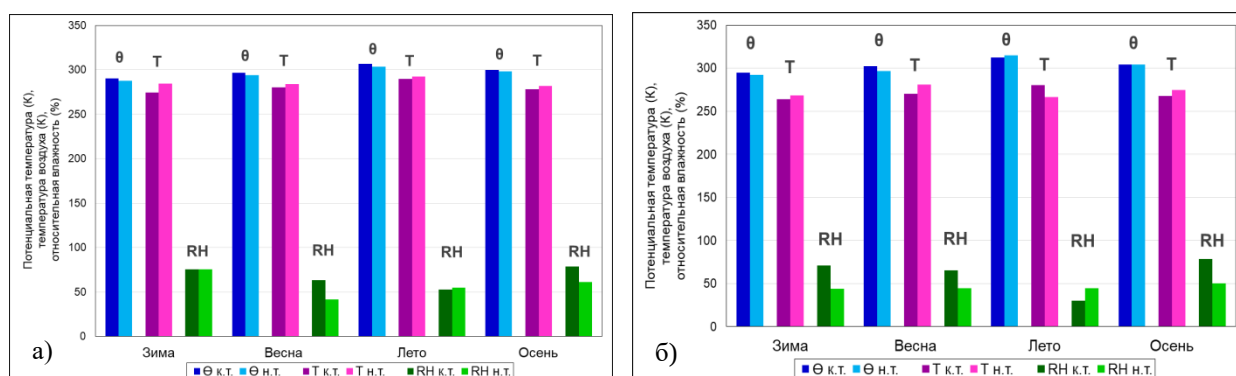


Рисунок 3 – Метеорологические характеристики воздушных масс в южных циклонах (II группа) в фазе зарождения

Следует отметить, что показатели относительной влажности воздуха (в среднем 65 – 70 %, летом – 40 %) для этих циклонов достаточно низкие по сравнению с другими типами циклонов в соответствующие сезоны года.

Далее рассмотрим, как менялись метеорологические характеристики южных циклонов II группы в процессе их перемещения из района зарождения на территорию Беларуси. Циклоны достигали страны в среднем за двое суток после образования, и лишь осенью этот показатель был равен одним суткам.

Во все сезоны года, воздушные массы в центре южных циклонов II группы, которые выходили на территорию Беларуси из восточной половины Средиземного моря, охлаждались и становились более насыщенными. Изменения температуры в среднем составили 5 – 7 К/24 ч (рисунок 3а, б), относительной влажности – 10 – 17 %/24 ч (рисунок 4а, б). При этом летом температуры воздуха являются наиболее высокими среди сезонов года (274 – 282 К на уровнях 1500 м и 3000 м соответственно), а среднее индивидуальное изменение относительной влажности является наибольшей среди сезонов, достигая 26 – 40 % за двое суток.

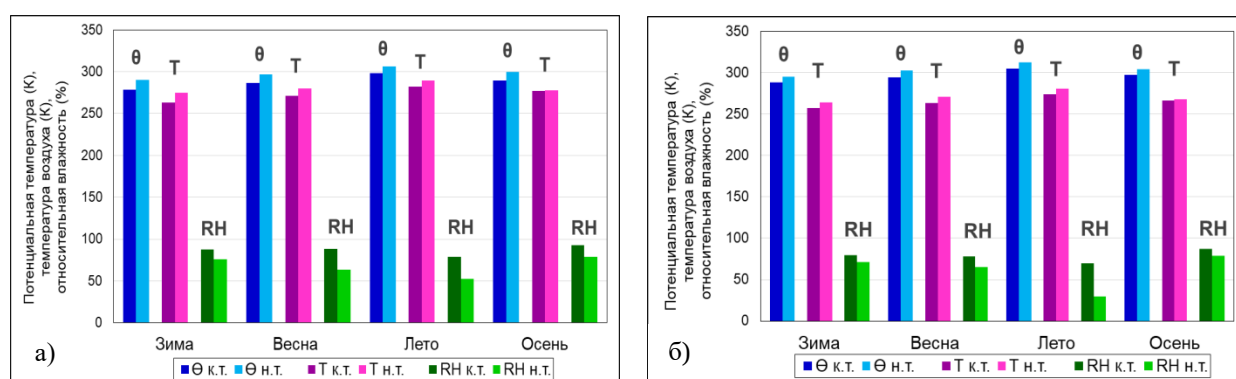


Рисунок 4 – Изменение метеорологических характеристик воздушных масс в южных циклонах (II группа) при их перемещении на Беларусь

Заключение. Для южных циклонов, которые образовывались в западной и восточной частях Средиземного моря, во все сезоны года было характерным поступление в район образования относительно теплых и ненасыщенных воздушных масс, воздушные частицы в процессе перемещения охлаждались и становились более насыщенными. При выходе циклонов на территорию Беларуси наблюдалось дальнейшее охлаждение воздушных частиц с одновременным повышением относительной влажности.

Библиографические ссылки

1. Хромов, С. П. Метеорология и климатология. / С.П. Хромов., М.А. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – С. 582.
2. Doty, K. G. Sensitivity of trajectory calculations to the temporal frequency of wind data / K.G. Doty, D.J. Perkey // Mon.weather rev., 1992. – Vol. 121. – P. 387-401.
3. Draxler, R. [et al.] HYSPLIT4 user Guide, 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.arl.noaa.gov/documents/reports/hysplit_user_guide.pdf. – Дата доступа: 25.10.2018.
4. Сумак, Е. Н. Особенности перемещения циклонов над Беларусью в современный климатический период / Е. Н. Сумак, И.Г. Семёнова // Природные ресурсы, 2017. – №2. – С. 101–109.

5. Хандожко, Л. А. Региональные синоптические процессы. / Л.А. Хандожко. – Л.: Изд-во ЛГМИ, 1988. –103 с.
6. Семенова, І. Г. Регіональна синоптика: підручник. / І.Г. Семенова, О.М. Нажмудінова. – Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. – 212 с.