

**В.М. Хотяинцев, Р.В. Бардаков, С.В. Краковская, В.М. Шпиг**

#### **Эволюция смешанного облака: рост частиц льда**

*В данной работе выполнен теоретический анализ эволюции смешанного облака или холодного тумана с момента активации ядер льдообразования до полной кристаллизации. Использована максимально простая модель, которая включает переохлажденные облачные капли одинакового размера, частицы льда одинакового размера и водяной пар. Получены безразмерные входные параметры облака, выделены основные сценарии и этапы её эволюции, показаны особенности развития микрофизических процессов на каждом из этапов, вычислены*

*соответствующие характерные времена и размеры частиц. На основе полученных физических результатов предложены оригинальные приближения, которые в перспективе могут послужить основой для создания новых научно обоснованных и численно эффективных параметризаций микрофизических процессов в смешанных облаках для современных моделей прогноза погоды. Обоснованность теоретического анализа подтверждена численным моделированием для широкого диапазона комбинаций реально возможных условий в атмосфере.*

**Ключевые слова:** смешанное облако, льдообразование, параметризация, процессы конденсации и коагуляции

УДК 551.583

**В.Ф. Мартазинова, Е.К. Иванова, А.А. Щеглов**

## **ТЕНДЕНЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА УКРАИНЫ К АНОМАЛЬНОСТИ ЗА СЧЕТ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН**

Проведено сравнение температурно-влажностного режима последних десятилетий на территории Украины с предшествующими годами. Внимание заострено на состоянии современного температурно-влажностного режима территории Украины в условиях нового характера глобальной температуры воздуха и состояния крупномасштабной атмосферной циркуляции начала XXI века. Указано на тенденцию к сухим и знойным процессам в летний сезон.

**Ключевые слова:** температурно-влажностный режим, крупномасштабная циркуляция атмосферы, синоптические процессы.

#### **Введение**

За последние 20 лет на территории Европы отмечались засухи и сильные наводнения, связанные с экстремальными или длительными осадками. В докладе руководителя блока по изменению климата на заседании Европейской Комиссии в августе 2015 г. было отмечено: «Европа — это та территория, где мы ожидаем более экстремальные погодные условия (наводнения и засухи) в будущем, их мы постепенно начинаем видеть и в настоящее время». Растущее число исследований указывает на наличие существенных тенденций к увеличению экстремальных осадков в Европе в течение последних десятилетий [1-10]. Они привели к таким крупным наводнениям в Европе, как наводнение весной 2010 г. в Польше, в мае 2008 г. в Германии и Франции, в июле 2008 г. в

Украине и Румынии, летом 2007 г. в Великобритании и к многочисленным наводнениям (<http://www.ecad.eu/events/selectevents.php>) в ноябре 2011 г. в Генуе (Италия). Также в последние годы на большей части европейского континента в результате продолжительных периодов с очень высокими температурами и недостатком осадков отмечаются сильные засухи, например, летом 2003 г., а также в июне-августе 2015 года [1].

Нередко эти события, связанные с экстремальными аномальными осадками, порождают вопрос — «Является ли характер осадков более экстремальным в последние годы по сравнению с предыдущими десятилетиями?» Некоторые исследователи отмечают, например, что зимой, весной и осенью в Северной Европе намечается тенденция к увеличению осадков, а в летнее вре-

мя – к их уменьшению. В южной Европе зима, весна и лето имеют отрицательную тенденцию в осадках и только осенью – положительную. При этом зима и осень имеют наиболее выраженную тенденцию. В этой статье дана характеристика современного температурно-влажностного режима летом на территории Украины, обусловившего сильнейшую засуху летом 2015 г., а также засушливыми процессами в предыдущем году. Состояние температурно-влажностного режима Украины рассматривалось в нескольких работах [11-16], тем не менее, в отличие от предыдущих работ, здесь будет рассмотрено состояние температуры и осадков последних лет, что позволит дополнить или обобщить полученные ранее результаты указанных исследований.

### Современный режим температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Украины

Рассчитаем среднемесячную температуру воздуха для территории Украины для каждого летнего месяца на протяжении периода 1991-2015 гг., исходя из среднемесячных температур 25 областей Украины.

На рис. 1 приводится ход среднемесячной температуры воздуха на территории Украины для июня, июля и августа с 1991 г. по 2015 г. Этот период был выбран на основе нескольких соображений. В работе [17] предложена модель крупномасштабной атмосферной циркуляции (МКАЦ), которая показала, что крупномасштабная атмосферная циркуляция на северном полушарии с конца XIX ст. имеет период колебания около 50-60 лет. Причем колебания ее напоминают маятник часов – при смещении с этим периодом к востоку происходит ослабление крупномасштабной циркуляции с появлением преимущественно теплых зим на большей части северного полушария, а при смещении с таким же периодом к западу – происходит усиление атмосферной циркуляции, усиливаются меридиональные процессы и отмечаются в этот период холодные зимы. По расчетам МКАЦ десятилетие в конце XX ст. было последним, которое имело смещение крупномасштабной атмосферной циркуляции над северным полушарием к востоку. В первом десятилетии XXI ст. атмосферная циркуляция стала перемещаться к западу, т.е. к появлению холодных зим. Поэтому исследование температурно-влажностного состояния последних десятилетий имеет определенный научный интерес. С другой стороны, до конца XX ст. отмечалось повышение глобальной температуры, а с начала XXI ст. повышение глобальной температуры воздуха приостановилось, а колебания

стабилизировались. Поэтому также интересно проанализировать состояние температуры и осадков именно в эти годы в соответствии с состоянием глобальной температуры. В то же время можно отметить, что выявленный 60-летний период колебания атмосферной циркуляции также характерен для рядов всех рассматриваемых климатических индексов и это хорошо показано в работе [18]. Таким образом, после обоснования выбранного временного периода в данном исследовании перейдем к анализу температурного хода в каждом месяце от года к году до настоящего времени.

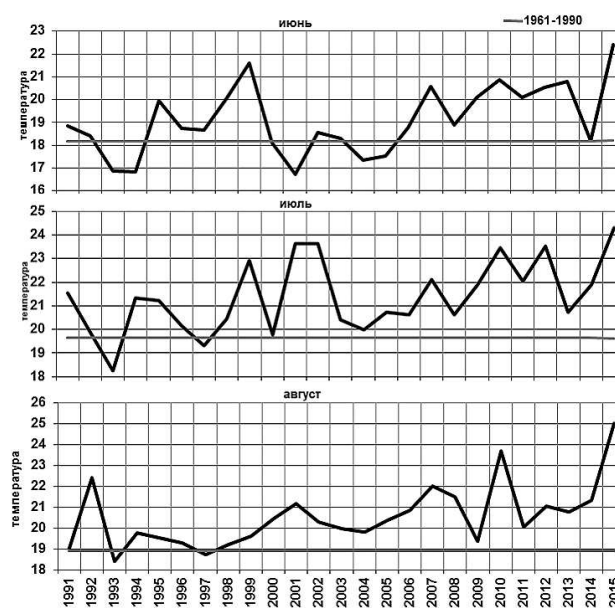


Рис. 1. Изменение средней месячной температуры воздуха в среднем по территории Украины в июне, июле, августе в период 1991-2015 гг.

Анализ показывает, что температура воздуха над территорией Украины с 1991 г. значительно повышалась в июне до 2000 г., в июле до 2002 г. и после этих повышений в последующие 5-6 лет температуры были ниже предыдущих лет. Однако с 2005 г. температура вновь стала повышаться к настоящему времени. При этом надо отметить, несмотря на то, что температура в середине выбранного периода понижалась, в июле она в это время оставалась выше нормы (1961-1990 гг.). В июне в середине выбранного периода температура воздуха опускалась ниже нормы. Для августа характерно постепенное повышение температуры до настоящего времени. Отметим, что наибольшие значения температура воздуха получила на протяжении всех летних месяцев именно в 2015 г.

Аналогично были рассчитаны осадки по данным месячных сумм 25 областей и показаны на рис. 2 в процентах от среднего многолетнего количества осадков (1961-1990 гг.) за летний сезон. В долгосрочном прогнозе осадки имеют три основные градации – ниже нормы, т.е. ниже 80 % от нормы, указывает на дефицит, в пределах нормы, т.е. 80-120 % от нормы и выше нормы, т.е. выше 120 % от нормы – указывает на избыток осадков. Характер изменения осадков в летний сезон на протяжении выбранного периода показал, что осадки ниже нормы были в июне 8 лет, около нормы – 15 лет и свыше нормы только 2 года, в июле осадков ниже нормы отмечено 13 лет, около нормы – 5 лет и выше нормы – 7 лет, в августе ниже нормы – 11 лет, около нормы – 7 лет и выше нормы – 7 лет. Такой характер осадков на протяжении летнего периода в целом получил тенденцию к сухим атмосферным процессам на территории Украины, так как ниже нормы составило 32 месяца, около нормы – 27 месяцев и выше нормы – 16 месяцев. Если вернуться к рис. 1 и посчитать, сколько в целом за летний сезон было случаев температуры выше нормы, то получится 44 месяца. Если взять в сочетании осадки ниже нормы и температуру выше нормы более чем на 2 градуса, то получится 17 случаев, что превышает общее количество осадков выше нормы за летний сезон. Следует отметить, что 13 случаев из этого числа засушливых процессов отмечено с 2001 года, т.е. с начала XXI ст.

Сильную и продолжительную атмосферную и почвенную засуху отмечали на территории Украины в 2015 г. Начало смещения крупномасштабной циркуляции к западу с начала XXI ст. сказалось в понижении температурного режима в Украине и постепенном повышении в последующем. Повышение температурного режима совпадает с уменьшением количества осадков в целом по Украине. Также можно отметить, что в последнем десятилетии XX ст. преимущественно наблюдали осадки в пределах нормы, а в случаях осадков ниже нормы, как это было в 1994 г., температура повышалась до 2°С выше нормы.

В этом десятилетии можно отметить лишь август 1992 г., когда осадки были ниже нормы и температура выше нормы на 3,5°С. Синоптические процессы летнего сезона с начала XXI ст. формируют преимущественно температурный режим выше нормы на 2°С и выше и осадки ниже нормы. Таким образом, в целом по Украине отмечается заметное отличие в температурно-влажностном режиме конца XX и начала XXI столетий.

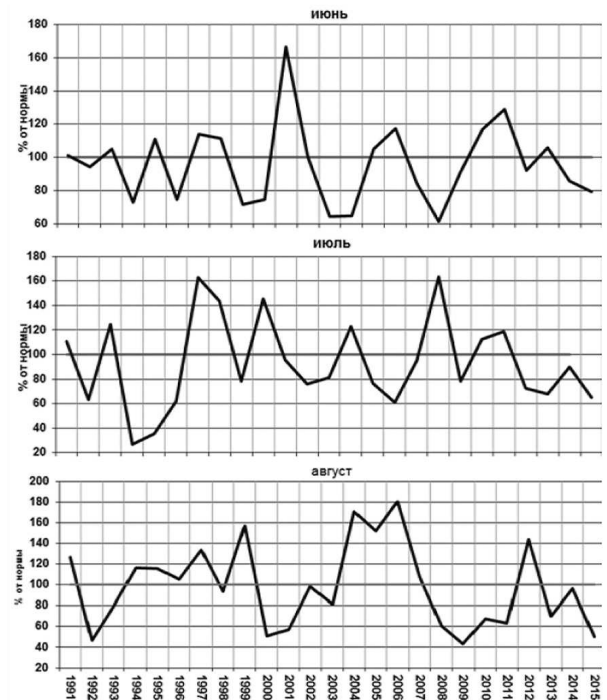


Рис. 2. Изменение месячного количества осадков в среднем по территории Украины летом на протяжении 1991-2015 гг.

### Современное состояние температурно-влажностного режима по областям Украины

Приведенные рис. 1-2 демонстрируют изменение температуры и осадков в летний сезон от года к году на протяжении 1991-2015 гг. в среднем по территории Украины, но пространственное распределение изменений по этим данным определить нельзя. Поэтому, чтобы дополнить анализ изменения температуры и осадков в среднем по территории Украины, были дополнительно построены графики пространственного распределения изменения средней месячной температуры и месячного количества осадков по областям Украины.

Для наглядности пространственного распределения изменения этих параметров в данной статье в дальнейшем будем рассматривать рисунки по типу рис. 3б, который преобразован из рис. 3а. На этом рисунке для примера представлено среднее значение осадков за июнь 1961-1990 гг. по областям Украины. В первом случае в привычном графическом отображении, во втором случае те же данные имеют более наглядное представление для сравнения между областями.

На рис. 4 представлен график изменения средней месячной температуры воздуха за отдельные периоды: 1961-1990 гг. (стандартная норма), 1991-2000 гг., 2000-2010 гг., 2011-2015 гг. На этом

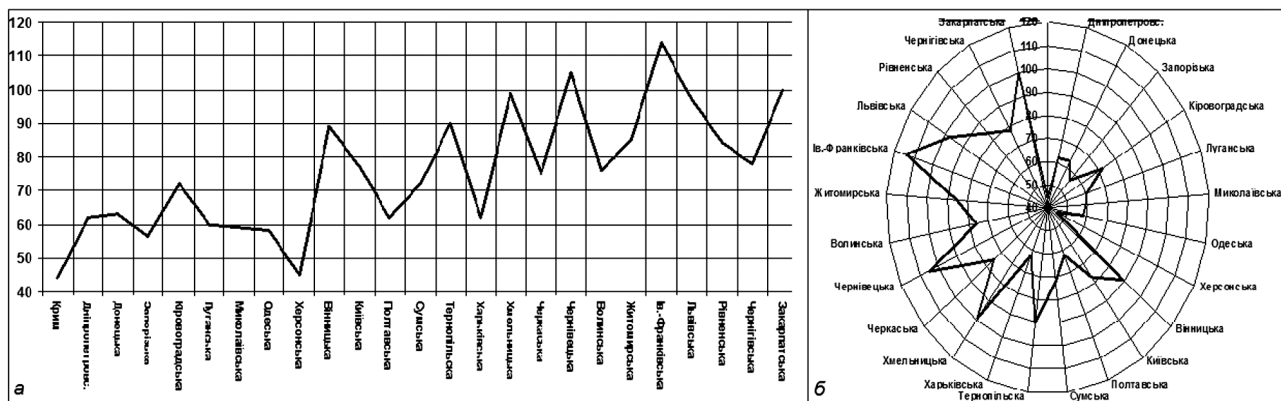


Рис. 3. Среднее значение количества осадков за июнь 1961-1990 гг. по областям Украины

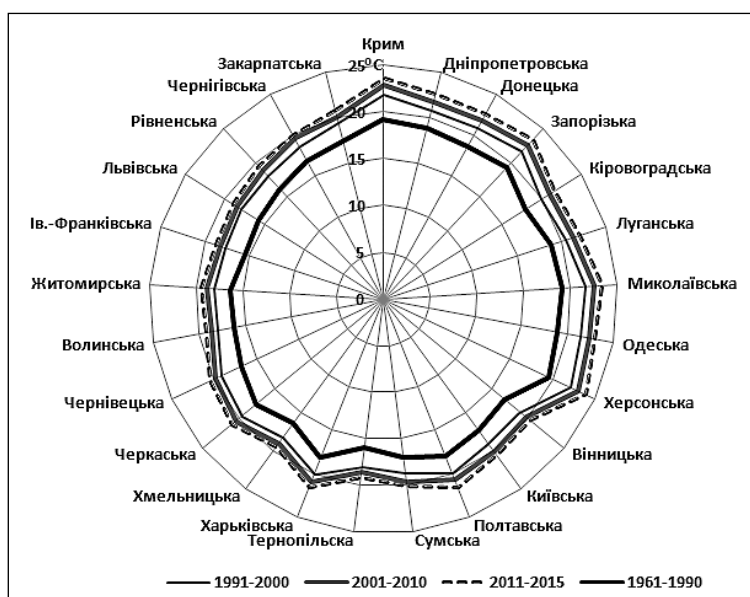


Рис. 4. Средние температуры летнего сезона 1991-2000 гг., 2001-2010 гг. и 2011-2015 гг. и норма 1961-1990 гг.

графике прекрасно видно, что от десятилетия к десятилетию температура в летний сезон растет и уже в 2001-2015 гг. существенно удаляется от стандартной нормы.

В целом по всем областям Украины отмечается одинаковый рост температуры более чем на 3°C и наибольшее повышение на 4-4,4°C отмечается в южных областях (в Одесской, Херсонской, Николаевской, Запорожской и Крыму). Наибольшее повышение температуры отмечается в последние 2011-2015 гг. (рис. 4) преимущественно за счет увеличения дней с экстремально высокими температурами.

На рис. 5 показано изменение осадков в последние десятилетия относительно стандартной нормы 1961-1990 гг. для всех областей Украины. Изменение количества осадков летнего сезона 1991-2000 гг. и 2001-2010 гг. происходило незна-

чительно, в большинстве областей они совпадали со стандартной нормой количества осадков 1961-1990 гг. Отличия от стандартной нормы стали проявляться практически во всех областях и особенно заметно в текущем десятилетии в Закарпатской, Ивано-Франковской, Черновицкой, Хмельницкой, Винницкой областях. Это очень хорошо видно из рис. 6. В целом на территории Украины происходит уменьшение осадков за летний сезон в последние 2011-2015 гг. Если рассмотреть изменения осадков для каждого летнего месяца в отдельности, то можно увидеть, что происходит конкретно в каком месяце с осадками на территории Украины. Количество осадков июня и июля незначительно уменьшается от декады к декаде к настоящему времени. Наибольшее уменьшение в сезонных осадках последних лет происходит за счет уменьшения осадков в авгу-

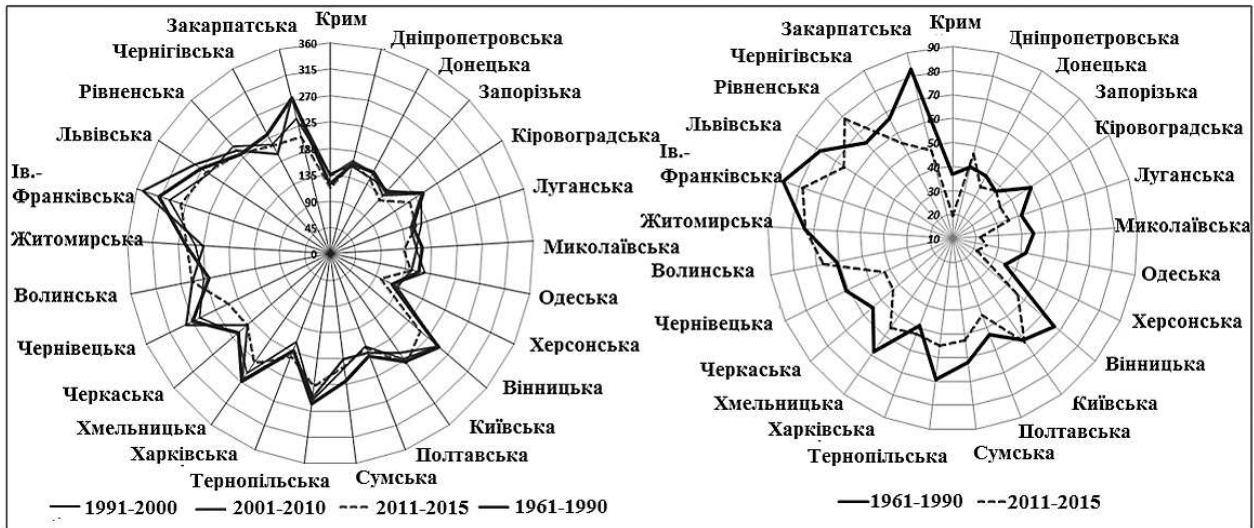


Рис. 5. Количество осадков летнего сезона 1991-2000 гг., 2001-2010 гг., 2011-2015 гг. и норма 1961-1990 гг., мм

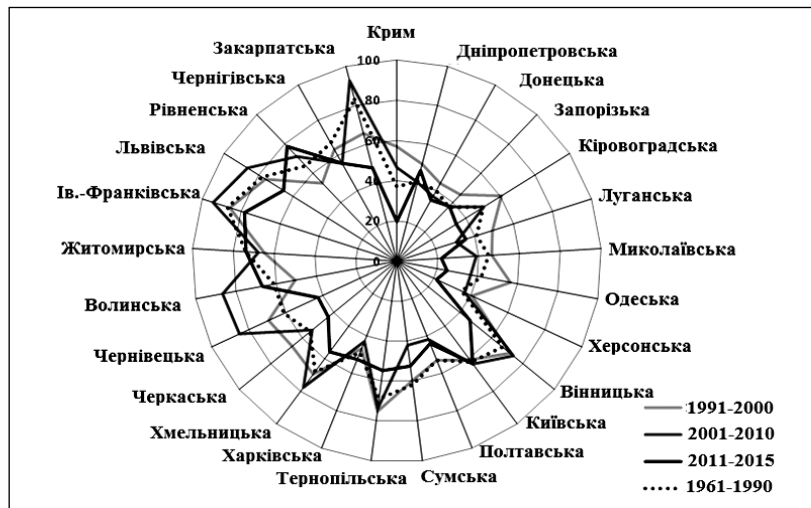


Рис. 6. Количество осадков в августе 1991-2000 гг., 2001-2010 гг., 2011-2015 гг. и норма 1961-1990 гг., мм

сте. На рис. 6 можно видеть, что в предыдущие десятилетия до периода 2011-2015 гг. месячное количество осадков августа сохранялось в пределах средних многолетних значений 1961-1990 гг. и выше в западных, северо-западных, южных и юго-восточных областях. За последнее пятилетие на территории Украины количество осадков уменьшалось не только в среднем по территории Украины, но и по территории большинства областей. Особенно уменьшение осадков отмечается в западных, юго-западных и южных областях. Такая тенденция, как можно было видеть из рис. 2, происходит с 2008 г.

Повышение температуры воздуха более чем на 3°С и сильный дефицит осадков с 2008 года обуславливает экстремальное состояние современного температурно-влажностного режима на территории Украины. Состояние жаркого и

сухого лета в последние годы привело к неурожаю некоторых сельскохозяйственных культур, возникновению пожаров, к критически низким уровням воды в реках, обмелению водоемов, засыханию растений на полях.

Неустойчивость атмосферных процессов над территорией Украины в последние годы отмечалась такими погодными условиями, как резкие кратковременные перепады температуры или дни с ливневыми осадками. Число дней с ливневыми осадками за лето небольшое, но количество осадков за один день может быть экстремальным. Именно такие сильные ливневые осадки нужно собирать в резервуары, которые необходимо создавать с учетом тенденции к экстремально жаркому и сухому лету на территории Украины.

**Зоны засушливости и увлажненности в летний период на территории Украины в начале XXI столетия**

Вероятностное состояние осадков для каждой области Украины с начала XXI ст. уточняет характер современных условий температуры и влажности на территории Украины. Среди летних месяцев июнь наименее подвержен засушливости. Только незначительная часть территории часто испытывает дефицит осадков (Винницкая, Закарпатская и частично Львовская области). Здесь, за 15-летний период, в более чем 40 % случаев месячное количество осадков составляет меньше нормы от стандартного климатического периода. Превышение месячной нормы наиболее характерно для Левобережной Украины (более 50 % случаев из 15 лет), центральной (40-50 %), а также южной ее части (более 60 % в Херсонской области).

В июле наиболее часто дефицит осадков наблюдается в южной части Украины (Николаевская, Херсонская, Запорожская области и северная часть Крыма). Более чем в 50 % годов в Херсонской области в июле осадков выпало меньше нормы.

Распределение месячного количества осадков выше нормы по территории Украины в июле имеет пятнистый характер. К регионам, где более чем в 50 % случаев месячное количество осадков превышало норму, относятся Харьковская, Луганская, Днепропетровская, Черниговская, а также крайние западные области: Волынская, Львовская, Ивано-Франковская, Черновицкая и Закарпатская области. Наиболее часто превышение нормы осадков происходит в Закарпатской области (более 50 % случаев). Отдельно стоит отметить, что в Херсонской области одновременно отмечается значительная повторяемость как засушливых, так и переувлажненных годов. Это говорит о том, что межгодовая изменчивость здесь значительная.

Август является самым сухим летним месяцем, в котором наиболее сильно проявляются контрасты между разными регионами страны. Наибольшая повторяемость дефицитного увлажнения характерна для южных (Запорожская, Николаевская, Одесская) и северных (Черниговская, Сумская) областей. В этих областях в половине случаев из 15 лет количество осадков было меньше нормы. К засушливым регионам можно также отнести центральную и восточную части Украины с более чем 40 % случаев осадков ниже нормы.

Западные и северо-западные области в августе довольно часто подвергаются обильным

осадкам. Максимум повторяемости превышения месячной нормы приходится на Волынскую область – более 60 %. К зоне значительной повторяемости сильно увлажненных месяцев относятся области – Ровенская, Львовская, Киевская (более 50 % случаев), Житомирская, Закарпатская, Ивано-Франковская, Тернопольская и Хмельницкая области. Для этой зоны характерно большое количество дней с экстремальными ливневыми осадками, которые могут приводить к наводнению. Выявленные в августе зоны засушливости и увлажненности на территории Украины показаны на рис. 7.

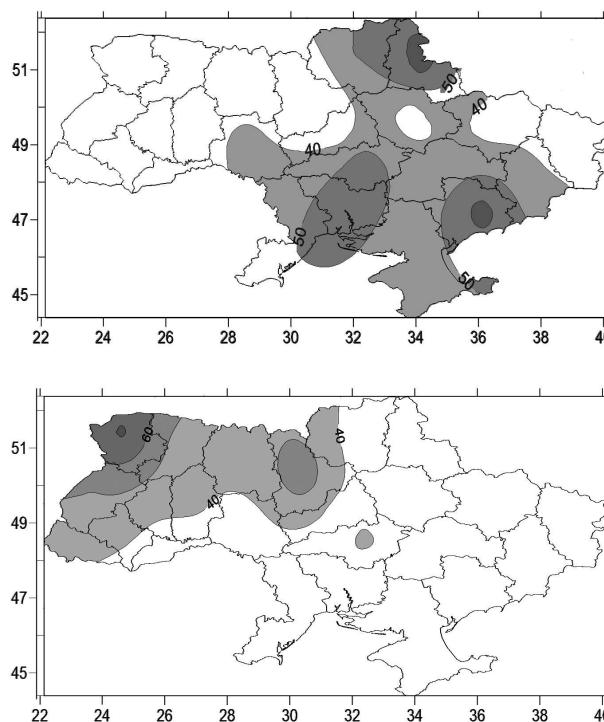


Рис. 7. Зоны засушливости (сверху) и зоны увлажненности (снизу) в августе 2001-2014 гг. на территории Украины

Таким образом, наиболее засушливым по количеству лет и охвату территории является август. В территориальном отношении наиболее опасная ситуация складывается для южных областей (Николаевская, Херсонская и Запорожская области). Здесь, на протяжении июля-августа, могут наблюдаться недостаточные условия увлажнения, несмотря на то, что в июне вероятность переувлажнения (количество осадков выше нормы) достаточно высока.

Вероятно, тенденция к засушливости зоны, которая показана на рис. 8, в дальнейшем будет сохраняться, поэтому в этих областях большая вероятность неурожая некоторых сельскохозяйственных культур и возникновения пожаров.

Приведенный выше материал исследований состояния летнего периода на территории Украины показал фактическое современное состояние температурно-влажностного режима. Однако для того, чтобы получить более полное понимание происходящих современных изменений климата Украины, необходимо выделить те синоптические условия, которые несут ответственность за формирование новых климатических условий в Украине в последние годы.

#### **Синоптические условия засушливого знойного лета 2015 года**

Последний летний сезон показал, насколько может быть тревожна тенденция к засушливости летнего сезона для экономики страны.

Синоптические процессы экстремальных погодных условий, которые отмечались летом 2015 г., относятся к наиболее часто встречающимся в последние годы. Поэтому описание характера процессов летнего сезона 2015 года носит важный информационный характер о синоптических процессах для анализа засушливости предыдущих и, возможно, последующих лет над территорией Украины.

Высокие температуры начала июня определялись обширными теплыми антициклоническими образованиями с юга и юго-запада. Их преобразование в начале месяца сопровождалось незначительными осадками (рис. 8в) на выбранной территории Украины. Развитие циклонических образований на севере Европейской территории привело к вторжению холодного воздуха в сопровождении ливневых осадков на территорию Украины. В результате таких синоптических условий первая половина лета 2015 года имела дождливую погоду с температурой воздуха преимущественно в пределах нормы, только отдельные дни отмечались повышенным температурным режимом. Со второй половины июля началось повышение температуры воздуха до 30 °С и выше. Такая температура воздуха сохранялась вплоть до последней декады августа. На протяжении этого периода кратковременно в отдельные дни отмечались незначительные осадки, а по восточной территории преимущественно было без осадков. Незначительное кратковременное понижение температуры с осадками ливневого характера наблюдалось в конце июля за счет прохождения циклонического образования с северо-запада. Кратковременное понижение температуры воздуха к концу второй декады августа сопровождалось сильными ливневыми осадками и сильными штормовыми ветрами. Как видно из рис. 8б, температура воздуха тер-

ритории Украины находилась между двумя очагами высоких температур с запада и с востока. Эти очаги формировали в Украине знойные погодные условия поочередно. Антициклональные области у поверхности земли поддерживались высотными гребнями на среднем уровне тропосферы и создавали устойчивость жаркой и сухой погоды продолжительное время. На протяжении первой половины летнего периода наиболее вероятной была синоптическая ситуация, которая представлена на рис. 9.

Как видим, жаркие погодные условия уже сформировались в западной Европе и в Поволжье. Однако над территорией Украины располагалась ложбина низкого давления у поверхности земли и на среднем уровне тропосферы. Такое распределение барического поля позволило в первой половине месяца создать погодные условия с осадками и температурой воздуха близкой к норме. Именно эта атмосферная циркуляция позволила получить хороший урожай зерновых культур.

Во второй половине лета 2015 года атмосферная циркуляция поменялась. Наиболее вероятная синоптическая ситуация для этого периода показана на рис. 10. Эта синоптическая ситуация в виде области высокого давления простиралась вдоль южной части Европы и доходила почти до Урала, при этом поддерживалась высотной областью высокого давления с субтропиков.

Такая синоптическая ситуация создала знойные сухие процессы не только на территории Украины, но и в соседних странах. Экстремальное состояние температурно-влажностного режима на территории Украины привело к неурожаю некоторых сельскохозяйственных культур, возникновению пожаров, к критически низким уровням воды в реках, обмелению водоемов, засыханию растений на полях. Таким образом, анализ синоптической ситуации лета 2015 года позволил определить характерные синоптические ситуации, которые важно знать при долгосрочном прогнозировании. Именно вторая синоптическая ситуация является ведущей в формировании знойных и сухих погодных условий на территории Украины во всех годах, начиная с 2000 г.

#### **Обсуждение результатов и выводы**

В последние годы отмечается тенденция к сухим и знойным процессам в летний сезон. Приведенный выше материал исследований состояния погодных условий летнего периода на территории Украины показал фактически современное состояние температурно-влажностного

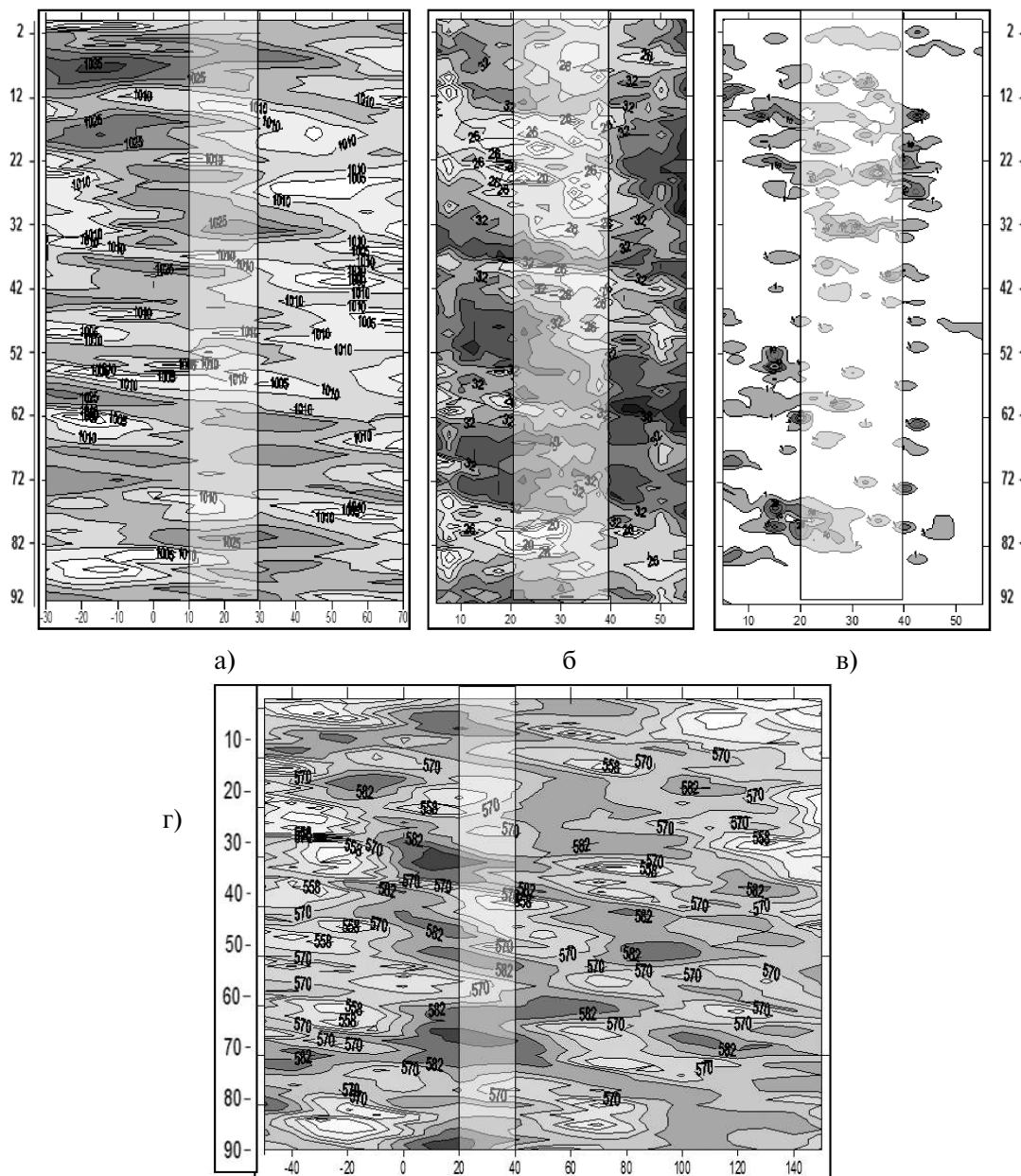


Рис. 8. Временные диаграммы приземного давления (а), максимальной температуры (б), осадков (в) и геопотенциала АГ-500 (г) в разрезе 50° с. ш. на протяжении лета 2015 г.

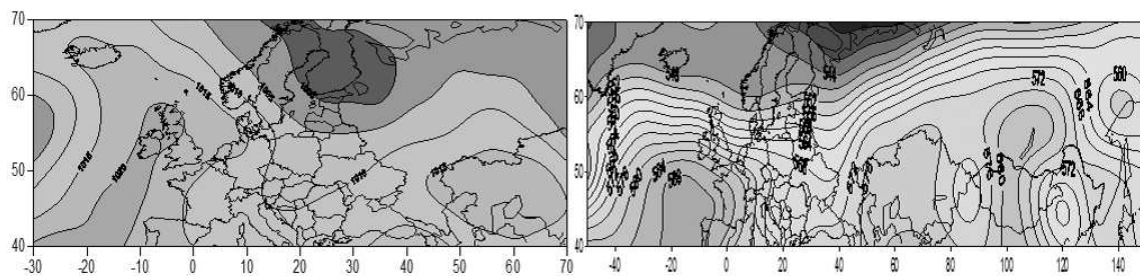


Рис. 9. Состояние барического поля у поверхности земли (а) и на среднем уровне тропосферы (б) при осадках и температуре воздуха около нормы над территорией Украины в летний период



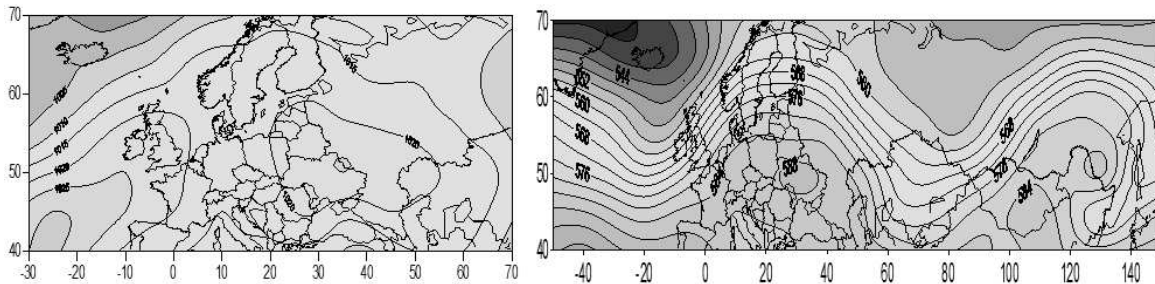


Рис. 10. Состояние барического поля у поверхности земли (а) и на среднем уровне тропосферы (б) при засухе над территорией Украины

режима. Сравнение температурно-влажностного состояния последних десятилетий имеет определенный научный интерес. Изменение глобальной температуры от года к году в сторону быстрого повышения отмечалось до конца XX ст., с начала XXI ст. повышение глобальной температуры приостановилось и заметна ее относительная стабилизация. В то же время стала преобразовываться крупномасштабная атмосферная циркуляция в сторону более холодных зимних и засушливых знойных летних условий, температурный режим летнего сезона с начала XXI ст. стал выше нормы на 2°C и выше, а осадки ниже нормы. В целом в Украине отмечается существенное отличие температурно-влажностного режима между десятилетиями конца XX и начала XXI ст. Характерные синоптические ситуации знойного лета 2015 года не являются новыми. На протяжении последних лет синоптическая ситуация атмосферной и почвенной засухи отмечалась во все годы, когда наблюдалась экстремально-засушливая ситуация. Учитывая, что проявление этой синоптической ситуации учащается от года к году, следует ожидать ее и в дальнейшем. Анализ температурно-влажностного режима последнего десятилетия в условиях нового характера глобальной температуры воздуха и состояния крупномасштабной атмосферной циркуляции обнаруживает новый региональный климат. Понимание его современного состояния приобретает важное значение для анализа его изменения в дальнейшем.

\*\*

1. Drought News August 2015 // European Drought Observatory (EDO). – <http://edo.jrc.ec.europa.eu>.
2. Palmer W.C. Meteorological Drought // U.S. Department of Commerce-Research paper No.45-Washington, D.C. – 1965. – 56 p.
3. Brands S., Manzanos R., and J. M. Gutierrez Seasonal Predictability of Wintertime Precipitation in Europe Using the Snow Advance Index // American Meteorological Society. – 2012. – № 25. – P. 4023-4028.
4. Van den Besselaar E.J.M., Klein Tank A.M.G, Buishand T.A. Trends in European precipitation extremes over 1951-2010 // International Journal of Climatology. – Vol. 33, Issue 12. – 2013. – P. 2682-2689.
5. Alexander L., Zhang X., Peterson T., Caesar J. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation // Journal of Geophysical Research 2006 – Vol.111. – 65 p.
6. Groisman P., Knight R., Easterling D., Karl T., Hegerl G., Razuvaev V. Trends in intense precipitation in the climate record // Journal of Climate. – 2005. – Vol. 18. – P. 1326-1350.
7. Klein Tank A, Können G. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99 // Journal of Climate. – 2003. –Vol. 16. – P. 3665-3680.
8. Lupikasza E, Hansel S, Matschullat J. Regional and seasonal variability of extreme precipitation trends in southern Poland and central-eastern Germany 1951-2006 // International Journal of Climatology – 2010. – Vol. 31. – P. 2249-2271.
9. Maraun D., Osborn T., Rust H. The influence of synoptic airflow on UK daily precipitation extremes. Part I: Observed spatio-temporal relationships// Climate Dynamics. – 2011. – Vol. 36. – P. 261-275.
10. Zolina O., Simmer C., Belyaev K., Kapala A., Gulev S. Improving estimates of heavy and extreme precipitation using daily records from European rain gauges // Journal of Hydrometeorology – 2009. – Vol. 10. – P. 701-716.
11. Бабіченко В. М., Ніколаєва Н. В., Гуцина Л. М. Зміни температури повітря на території України наприкінці XX та на початку XXI ст. // Укр. геогр. журн. – 2007. – №4. – С. 3-12.
12. Барабаш М. Б., Гребенюк Н. П., Татарчук О. Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 174-186.
13. Єрмоленко Н. С., Хохлов В. М. Порівняння просторово-часових характеристик посух в Україні на початку та наприкінці XX ст. // Укр. гідрометеорол. журн. – 2012. – № 10. – С. 65-72.
14. Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Аностанов О. А. Дослідження проблем посушливості на території України з використанням наземної та супутникової інформації // Укр. журнал дистанційного зондування Землі. – 2014. – № 2. – С. 18-28.
15. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні // Укр. геогр. журн. – 2012. – № 4. – С. 8-14

16. *Мартазінова В.Ф., Іванова О.К.* Сучасний клімат Київської області. – К: АБЕРС, 2010. – 70 с.
17. *Martazina V.* On possible influence of earthquake preparation on weather and synoptic processes // Complex research of earthquake's forecasting possibilities, seismicity and climate change correlations, BlackSea-HazNet Methodological – Coordination Workshop. 2-5 may 2011, Ohrid, Republic of Macedonia.
18. *Монин А.С., Сонечкин Д.М.* Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы. – М.: Наука, 2005. – 191 с.

**В.Ф. Мартазінова, Є.К. Іванова, О.А. Щеглов**

**Тенденція сучасного температурно-вологісного режиму України до аномальності за рахунок атмосферних процесів у літній сезон**

*Проведено порівняння температурно-вологісного режиму останніх десятиліть на території України з попередніми роками. Увагу загострено на стані сучасного температурно-вологісного режиму території України в умовах нового характеру глобальної температури повітря та стану великомасштабної атмосферної цирку-*

*ляції початку XXI ст. Указано на тенденцію до сухих і спекотних процесів у літній сезон.*

**Ключові слова:** температурно-вологісний режим, великомасштабна циркуляція атмосфери, синоптичні процеси.

**V. Martazina, E. Ivanova, O. Shcheglov**

**The trend of the modern temperature and humidity regime of Ukraine to abnormality due to atmospheric processes in the summer season**

*The comparison of temperature and precipitation regime of the last decades over the territory of Ukraine was conducted. Attention was focused on the state of modern temperature and precipitation regime in Ukraine in terms of new state of the global air temperature and large-scale atmospheric circulation in XXI century. The tendency towards dry and hot summer season processes was emphasized.*

**Keywords:** temperature and humidity regime, the large-scale atmospheric circulation, synoptic processes.

УДК 551.501.8

**Т.М. Заблоцька, О.А. Кривобок, О.Я. Скриник, В.М. Шпиг**

## **ВЕРИФІКАЦІЯ СУПУТНИКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО МІКРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВЕРХНЬОЇ МЕЖІ ХМАР**

Визначено достовірність супутникових вимірів верхньої межі хмар різних форм та їх мікрофізичних характеристик (оптична товщина, водозапас, фазовий стан та ефективний радіус крапель на верхній межі) протягом 2011-2015 рр. за порівнянням з відповідними середніми статистичними даними літакового зондування за тридцятирічний період (1961-1990 рр.).

**Ключові слова:** супутникові спостереження, літакове зондування, верхня межа хмар, оптична товщина, водозапас, фазовий стан, ефективний радіус крапель.

### **Вступ**

На сьогодні одним із найпоширеніших дистанційних методів метеорологічних спостережень за хмарним покривом є супутниковий. Для території України він має такі переваги:

- огляд хмарних систем на великих площах, визначення їх структури та еволюції, що неможливо з використанням навіть густої мережі наземних станцій;

- чітке визначення стадії розвитку циклону. Залежно від цього змінюється структура фронтальних хмарних систем та розташування зон впорядкованих вертикальних рухів. Усе це сприяє прогнозуванню небезпечних явищ;

- прогнозування зародження вторинних циклонів та пов'язаних з ними явищ (особливо за зміщенням з півдня, південного заходу) за характером змін структури хмарного покриву;