



УДК 551.577.2

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОВТОРЯЕМОСТИ И КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Т.Е. Данова, Т.Л. Касаджик

*Одесский государственный
экологический университет
Украина, 65016, г. Одесса,
ул. Львовская, 15*

E-mail: danova8@mail.ru

Представлены исследования пространственного распределения статистических характеристик количества осадков и числа дней с дождем и снегом за сорокалетний период. Выявлены устойчивая тенденция к уменьшению числа дней с дождем и значительное уменьшение числа дней со снегом. Полученные отрицательные аномалии являются основным тревожным сигналом для различных отраслей народного хозяйства стран Причерноморья, так как для степных и лесостепных районов снежный покров является основным источником увлажнения почвы. Своевременный мониторинг современного состояния количества и качества атмосферных осадков на территории Причерноморья является необходимым и обязательным условием устойчивого развития народного хозяйства.

Ключевые слова: количество осадков, повторяемость дождя и снега, статистические характеристики, аномалии.

Постановка проблемы и ее актуальность

Единой закономерности в изменениях количества осадков на земном шаре не отмечено, что предопределено значительной неоднородностью атмосферных полей в разных физико-географических зонах и разнообразием факторов и условий, которые приводят к их образованию и выпадению [1, 2].

Атмосферные осадки являются основным источником увлажнения суши. В условиях современного изменения климата необходимо постоянно контролировать достоверное их количество. От достоверности определения количества осадков зависит точность расчетов, относящихся к уравнениям водного баланса суши, связи теплового и водного балансов деятельной поверхности, водохозяйственным расчетам, в том числе и к оценке урожайности [1, 2]. Современные климатические изменения, а именно повышение температуры воздуха имеет решающее значение на формирование количества фактической природной влаги в границах одной страны или объединенного региона [3-5]. Сегодня все новые отрасли народного хозяйства становятся потребителями информации об атмосферных осадках, чрезвычайно возросшие потребности в воде, диктуют жесткие требования к мониторингу количества и качества природной влаги. Экономический ущерб от опасных явлений погоды может быть вызван ростом повторяемости и интенсивности ливневых осадков либо, уменьшением количества осадков летнего периода и, особенно, зимнего периода.

Объекты и методы исследования

При подготовке работы использовались данные наблюдений сети 146 гидрометеорологических станций за осадками (количество осадков и число дней с дождем и снегом за год) базы данных испанского климатического сайта за период 1971-2010 гг. <http://www.tutiempo.net/clima.htm>. Все станции находятся на территории стран, граничащих с Черным морем, или находящихся на пути перемещения воздушных потоков к Черному морю: Украина, Россия, Грузия, Армения, Турция, Румыния, Болгария, Греция, Чехия, Польша (рис. 1). Таким образом, исследования проводились для территории, ограниченной сторонами квадрата от 35° до 53° с.ш. и от 15° до 48° в.д., площадью около 7,3 млн. км².

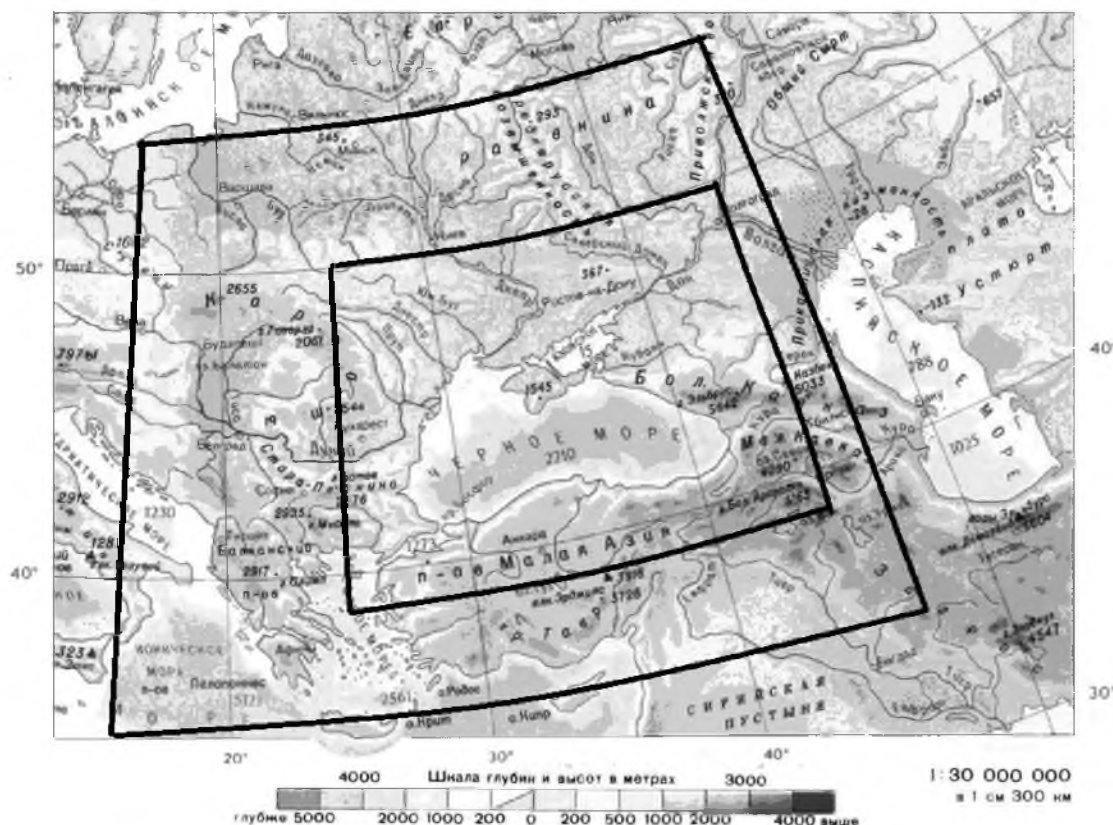


Рис. 1. Территория всего региона и Причерноморский регион

Для выявления пространственно-временных закономерностей формирования количества фактической природной влаги в исследованном регионе использовалась методика визуализации данных, полученных при статистической обработке исследуемого материала, максимальные значения, коэффициенты асимметрии, эксцесса, аномалии количества осадков и числа дней с дождем и снегом.

Результаты и их обсуждение

Анализ результатов расчетов показал, что максимальное количество всех осадков за год колеблется от 545,9 до 2165,1 мм. Пространственно-временное распределение максимального количества всех осадков за год характеризуется двучентровой зоной максимумов над Черным морем: первый максимум расположен в районе г. Зондулак (Турция) (2165,1 мм), второй максимум расположен в районе г. Варна (Болгария) (2103,1 мм), также наблюдается третий максимум, расположенный на территории Балканского полуострова (1416,4 мм) (рис. 2). Все локальные центры зон максимальных значений являются горными районами, орографические условия которых способствуют восходящим потокам воздуха и приводят к интенсификации дождя.

Максимальное число дней с дождем за год колеблется от 59 до 220 дней. Максимум повторяемости дней с дождем наблюдается на северо-западе региона в районе Чешских Татр. Менее выраженный максимум фиксируется над западной акваторией Черного моря и совпадает с максимумом количества осадков за год.

Для числа дней со снегом максимальное значение колеблется от 2 до 164 дней. Картина широтного распределения повторяемости дней со снегом, нарушается только в районе Черного моря. Максимум повторяемости дней со снегом фиксируется в районе Балканского полуострова и совпадает здесь с максимумом количества осадков.

Для всего количества осадков за год наиболее характерна левосторонняя асимметрия $A_s < 0$, что может свидетельствовать об увеличении осадков за год за исследованный сорокалетний период 1971-2010 гг. Отрицательные значения коэффициентов асимметрии наблюдаются на северо-западе исследованного региона, что свидетельствует о росте количества осадков. Зона положительных значений коэффициентов асимметрии фиксируется над западной частью акватории Черного моря (рис. 3).

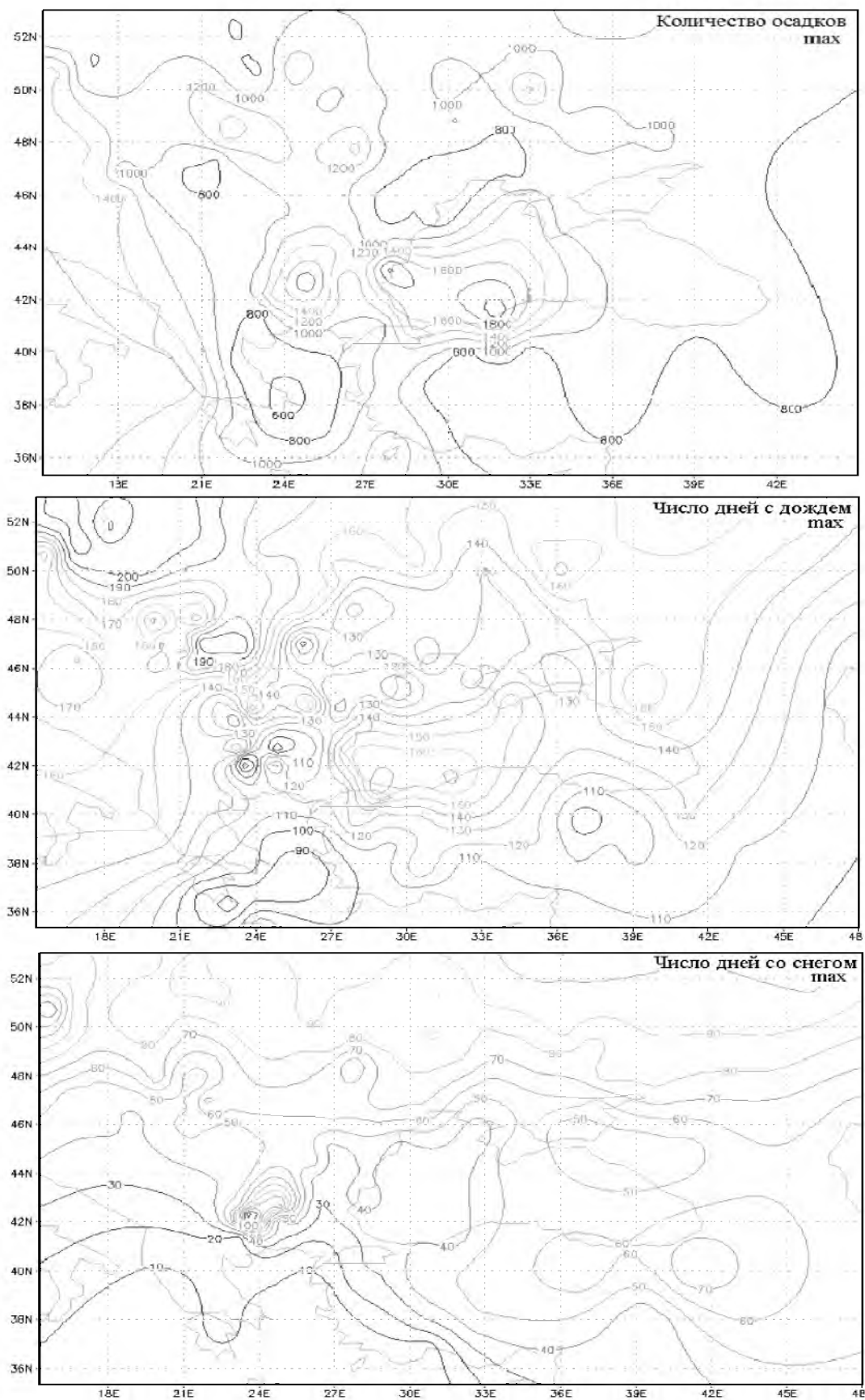


Рис. 2. Пространственное распределение максимальных значений количества осадков (мм), числа дней с дождем и снегом

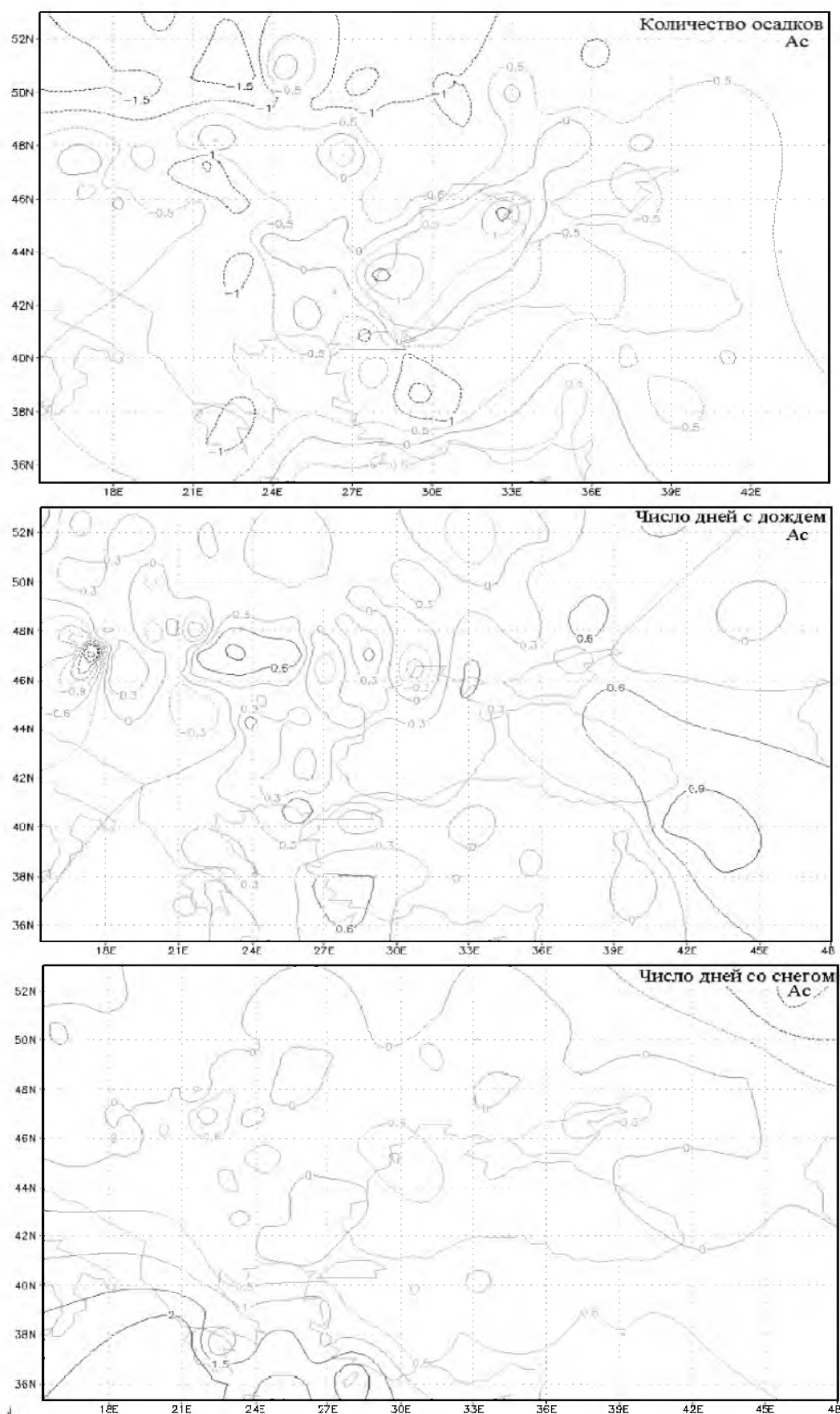


Рис. 3. Пространственно распределение коэффициентов асимметрии количества осадков, числа дней с дождем и снегом (мм)



Для поля, характеризующего повторяемость дождей за год характерная правосторонняя асимметрия, свидетельствующая об уменьшении числа дней с дождем за период 1971-2010 гг.

Пространственное распределение коэффициентов асимметрии числа дней со снегом описывается малоградиентным полем с нулевыми значениями или $As > 0$ умеренной правосторонней асимметрией, только в южной и юго-западной части региона за исследованный период лет наблюдается существенное уменьшение числа дней со снегом, о чем свидетельствуют сильная правосторонняя асимметрия $As > 0,50$.

Несколько локальных максимумов правосторонней асимметрии $As > 0,50$ выделяются на территории Украины (Черноморское побережье). Таким образом, за последние сорок лет в зоне максимума количества осадков над Черным морем наблюдается устойчивое уменьшение количества осадков. На территории всего исследованного региона происходит уменьшение числа дней с дождем и снегом, особенно эта тенденция характерна для южных и юго-западных частей региона.

Кроме того, рост количества осадков на северо-западе региона и одновременное уменьшение числа дней с дождем при нулевой тенденции здесь числа дней со снегом, свидетельствует об увеличении ливневых осадков в этом регионе.

Анализ расчетов коэффициентов эксцесса показал, что для количества всех осадков за год характерна вытянутая кривая распределения $\varnothing > 0$, это значит, что количество осадков за исследованный период изменяется в узком интервале значений. Зоны максимальных значений коэффициентов эксцесса зафиксированы над западной частью акватории Черного моря и на северо-западе всего региона (рис. 4).

Поле коэффициентов эксцесса числа дней с дождем за исследованный период характеризуется локальными зонами положительных значений на общем фоне небольших отрицательных значений. Такое чередование является показателем неустойчивости количественных характеристик повторяемости дождей в регионе.

Картина пространственного распределения коэффициентов эксцесса числа дней со снегом свидетельствует о формировании двух ярко выраженных зон максимумов на северо-востоке и юго-западе региона. Этот факт говорит о том, что уменьшение числа дней со снегом на юго-западе и увеличение числа дней со снегом на северо-востоке исследованного региона носит устойчивый характер. На остальном пространстве наблюдается зона небольших отрицательных значений коэффициентов эксцесса (см. рис. 4).

Для выявления динамики изменений количества всех осадков, числа дней с дождем и снегом на территории всего региона от десятилетия к десятилетию, разделим весь период наблюдений 1971-2010 гг. на четыре десятилетние периоды. Для каждой географической точки за весь период, а также за каждое десятилетие проведем осреднение данных.

Полученные средние значения за весь сорокалетний период наблюдений примем за климатическую норму для каждой точки \bar{X}_{40} , соответственно, среднее значение за каждое десятилетие для каждой станции примем за \bar{X}_{10} . Полученные значения используем для расчетов аномалий величин.

Аномалия – это отклонение среднего значения характеристики осадков для станции за каждое десятилетие от рассчитанной нами климатической нормы для этой станции (1):

$$A = \bar{X}_{10} - \bar{X}_{40} \quad (1)$$

Таким образом, в результате расчетов мы получили значения аномалий количества и повторяемости осадков для каждого десятилетнего периода с 1971 по 2010 гг. В зависимости от знака отклонения получены положительные и отрицательные значения аномалий.

В данном случае мы использовали отклонение среднего значения количества всех осадков, повторяемости дождя и снега для данной станции за каждое десятилетие от многолетнего среднего значения характеристик осадков для этой точки.

В климатологии существуют различные подходы к классификации климатов, предложенные в работах Л.С. Берга, А.И. Воейкова, Б.П. Алисова, М.И. Будыко, L. Holdridge и др. Наиболее распространенной является классификация В. Кёппена, основанная на сезонном ходе температуры воздуха и осадков и учитывающая преобладающие типы ландшафта и растительности.

Оценки географического распределения типов климата по Коппену для бассейна Черного моря в последнее время претерпели значительные изменения. По первоначальным оценкам, которые в дальнейшем часто использовались в климатических описаниях, северное побережье относилось к степному и континентальному климату, западное и кавказское побережье к умеренному морскому климату, побережье Турции и южный берег Крыма – к средиземноморскому.

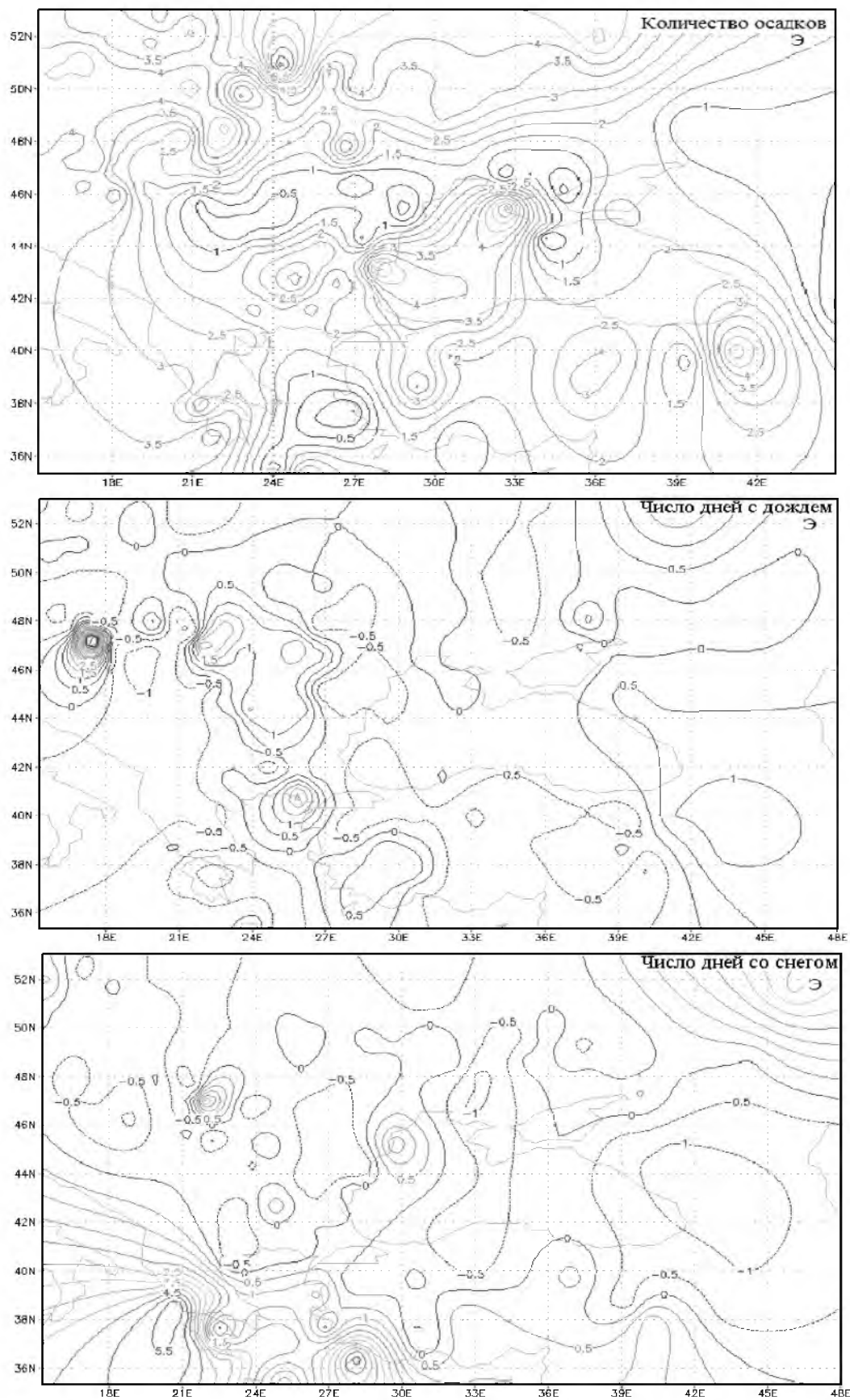


Рис. 4. Пространственно распределение коэффициентов эксцесса количества осадков, числа дней с дождем и снегом (мм)



В последних оценках глобального распределения типов климата за период 1950-2000 гг. на сетке $0,5 \times 0,5^\circ$ [6] и $0,1 \times 0,1^\circ$ [7] наибольшие изменения для бассейна Черного моря относятся к распределению степного и средиземноморского климатов. Граница степного климата сместилась далеко на восток к Каспийскому морю, расширив зону континентального климата. Зона климата степей в Восточном Крыму выделяется лишь при повышенном пространственном разрешении [7]. К средиземноморскому климату отнесена только часть юго-западного побережья у Стамбула, на большей части побережья преобладает умеренный климат (субтропический или морской) [8].

Для определения динамики характеристик садков во всем регионе и в Причерноморской зоне, выделим район, ограниченной сторонами квадрата $38^\circ-50^\circ$ с.ш. и $25^\circ-45^\circ$ в.д. с площадью около 3 млн. км² (см. рис. 1).

Далее все данные были суммированы и рассчитаны аномалии для площади всего региона и территории Причерноморского региона. Эти данные были использованы для построения гистограмм, характеризующих изменчивость осадков на территории двух выделенных регионов.

Как видим, выросшее после 90-х годов количество осадков в исследованных регионах в последние два десятилетия с 1991 по 2010 гг. претерпевает уменьшение, причем в большей степени это отражается на Причерноморском регионе и свидетельствует об уменьшении влагозапаса в почве и уровня воды в водоемах (рис. 5).

и свидетельствует об уменьшении влагозапаса в почве и уровня воды в водоемах (рис. 5).

Для динамики аномалий числа дней с дождем характерна отрицательная тенденция за весь период исследования, только последнее десятилетие для всего региона характеризуется незначительным ростом повторяемости дождей, в Причерноморском регионе эта характеристика остается в пределах климатической нормы.

Учитывая, что для степных и лесостепных районов Причерноморья снежный покров является основным источником увлажнения почвы, полученные отрицательные аномалии являются основным тревожным сигналом для различных отраслей народного хозяйства стран, входящих в регион Причерноморья.

Выводы

Итак, примененный в данной работе метод визуализации рассчитанных статистических характеристик исследуемых параметров позволяет выявить основные закономерности их пространственного распределения.

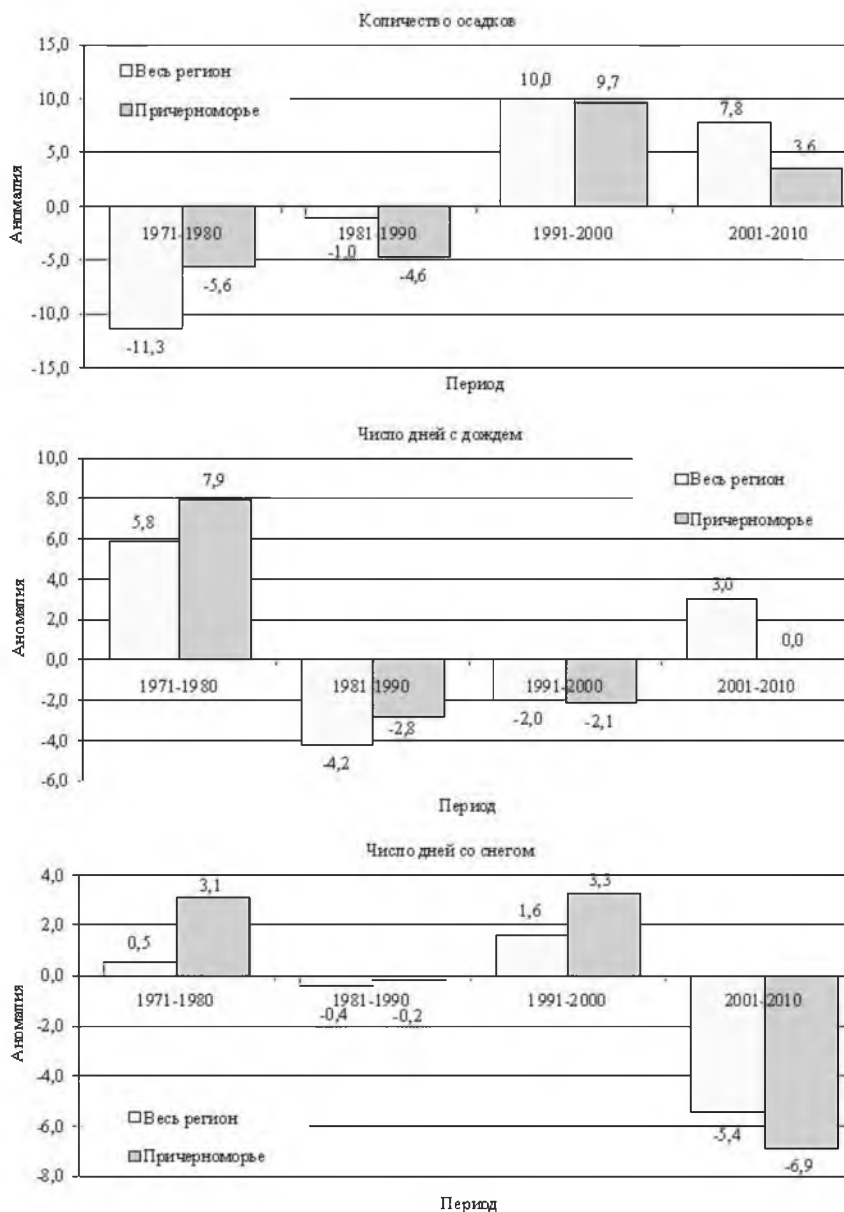


Рис. 5. Распределение аномалий количества осадков, числа дней с дождем и снегом по десятилетиям



Выявлено, что за исследованный сорокалетний период в зоне максимальных осадков, совпадающей с зоной максимальных значений повторяемости дождя в западной части Черного моря, наблюдается устойчивое уменьшение количества осадков.

Учитывая динамику количества осадков для Причерноморского региона, можно сделать выводы, что в последние два десятилетия увеличение количества осадков при уменьшении числа дней с дождем и снегом связано с увеличением интенсивности осадков.

Полученные отрицательные аномалии характеристики снегонакопления являются основным тревожным сигналом для различных отраслей народного хозяйства стран, входящих в регион Причерноморья.

Учитывая, что сегодня все новые отрасли народного хозяйства становятся потребителями информации об атмосферных осадках, чрезвычайно возросшие потребности в воде, особенно пресной, диктуют жесткие требования к мониторингу количества и качества природной влаги. Своевременный мониторинг современного состояния количества и качества атмосферных осадков, является необходимым и обязательным условием устойчивого развития народного хозяйства.

Результаты проведенных исследований позволят выработать адекватные адаптационные меры относительно природных и социально-экономических систем на фактическое или ожидаемое изменение климата, которые приведут к минимизации экономического ущерба.

Список литературы

1. Швер Ц.А. Закономерности распределения количества осадков на континентах. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 286 с.
2. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 302 с.
3. Барабан М.Б., Татарчук О.Г., Гребенюк Н.П., Корж Т.В. Современное состояние режима осадков на территории Украины как следствие изменения климата // Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт. – К.: Ника-Центр. – 2011. – С. 198–206.
4. Волощук В.М. та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002. – 17 с.
5. В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко Клімат України. – К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.
6. M. Kottek, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, F. Rubel World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated / Meteorologische Zeitschrift. – 2006. – Vol. 15. – No. 3. – P. 259–263.
7. M. C. Peel, B. L. Finlayson, T. A. McMahon Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification Hydrol. Earth Syst. – 2007. – Sci. 11. – P. 1633–1644.
8. Клімат чорного моря / Інтернет ресурс: <http://lifebsea.ru/klimat/klimat-chernogo-morya.html>

ESTIMATION OF MODERN VARIABILITY IN THE FREQUENCY AND AMOUNT OF PRECIPITATION BY STATISTICAL METHODS

T.E. Danova, T.L. Kasadjuk

Odessa State Environmental University, 15, Lvovskaya St., Odessa, 65016, Ukraine

E-mail: danova8@mail.ru

The results of the study of the spatial distribution of the statistical characteristics of the amount of and number of days with rain and snow for forty years are presented. A stable downward trend was revealed in the number of days with rain and a considerable reduction of number of days with snow. The received negative anomalies are the main alarm for different industries of national economy of countries of Black Sea region, because for steppe and forest-steppe districts, snow cover is the main source of soil moisture. Timely monitoring of the modern amount and quality of atmospheric in the Black Sea region is a necessary and indispensable requirement for sustainable development of the national economy.

Key words: amount of precipitation, frequency of rain and snow, statistical descriptions, anomalies.