

УДК 551.577.38:632.112(470)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ АТМОСФЕРНЫХ ЗАСУХ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

© 2013 г. Е.А. Черенкова

Институт географии РАН

Поступила в редакцию 18.05.2012 г.

Исследованы пространственно-временные характеристики весенне-летних атмосферных засух на территории Европейской территории России (ЕТР) в мае–августе в XX – начале XXI в. по различным количественным показателям на основе данных наблюдений метеосети. Наибольшая теснота связи установлена между временными рядами значений нормированного ГТК и индексом суровости засухи Палмера, а наименьшая – между индексом засушливости Педя и индексом Палмера. Выполнена оценка площади, интенсивности и продолжительности засух на территории Северо-Западного, Центрального, Приволжского и Южного федеральных округов. Показано, что сильные и экстремальные майские засухи доминировали в начале рассмотренного периода. Самые широкомасштабные продолжительные атмосферные засухи с мая по август наблюдались с 1936 по 1939 г., а также в 1972 и 2010 гг. Выявлены и изучены региональные особенности весенне-летней засухи 2010 г. на территории федеральных округов европейской части России.

Введение. Засуха, как опасное природное явление, определяется, прежде всего, метеорологическими факторами, несмотря на многообразие других факторов, вносящих свой вклад в её возникновение. Условия формирования, повторяемость и продолжительность климатически обусловленных засушливых периодов, в особенности в зернопроизводящих районах России, изучались и продолжают изучаться отечественными исследователями [2, 3, 5, 7–9, 13, 16, 18 и др.]. В последние годы, в связи с изучением экстремальной засухи 2010 г., по данной проблеме возросло количество иностранных публикаций [23–25, 27, 30]. Предпринимаются попытки исследования пространственно-временной изменчивости различных характеристик засушливости по данным дистанционного зондирования [4, 14, 21]. Повышенный интерес обусловлен, прежде всего, негативным влиянием засух на продуктивность сельского хозяйства и неустойчивостью характеристик засушливых периодов в условиях меняющегося климата.

Засуха как экстремальное явление в естественной изменчивости климата обусловлена внутренними взаимодействиями атмосферы и системой обратных связей с океанами и поверхностью земли [1, 10, 26, 28]. В последнее время появилось множество работ, посвящённых процессам, ини-

цирующим засуху. Эти исследования выявили ряд факторов, которые могут оказывать влияние на возникновение засухи: в их числе крупномасштабные атмосферные механизмы, ассоциирующиеся с режимами климатической изменчивости и аномалиями температуры поверхности океана (Sea Surface Temperature, SST) [1, 31, 32].

Засуха на Европейской территории России (ЕТР) возникает при преобладающем антициклоническом режиме атмосферной циркуляции. Формирование антициклона здесь чаще всего связано с распространением отрога азорского антициклона на юг ЕТР и вторжением сухих быстро прогреваемых над континентом арктических масс воздуха.

Связь атмосферной засухи с макроциркуляционными процессами, а также метеорологические условия в предшествующие засухе месяцы, её генезис и динамика в разные периоды наблюдения ширококомасштабных засух на территории ЕТР в XX – начале XXI в. изучены автором ранее [19, 20, 22].

Цель статьи – изучение пространственно-временных характеристик весенне-летних атмосферных засух на территории ЕТР с помощью различных количественных показателей, выявление региональных особенностей, а также проведение

сравнительного анализа площади интенсивности и продолжительности засушливого периода на территории федеральных округов Российской Федерации.

Материалы и методы. Пространственно-временное распределение атмосферных засух проанализировано на равнинной ЕТР. Их региональные изменения исследованы при сопоставлении осредненных значений показателей засухи в пределах Северо-Западного, Центрального, Приволжского и Южного федеральных округов для периода в 1936–2010 гг. (в границах, актуальных на 1 мая 2012 г.). Период с мая по август был выбран для изучения в связи с тем, что именно весенне-летние засухи наносят наибольший ущерб сельскохозяйственному производству.

Для идентификации атмосферных засух применялись широко известные количественные показатели засух:

- индекс Д.А. Педея,
- гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК),
- индекс Палмера.

Последний является одним из основных используемых для характеристики засушливых условий показателей в Соединённых Штатах Америки, но практически не имеет применения в России.

Индекс засушливости Педея определяет засуху на основе аномалий температуры и осадков с учетом данных об их изменчивости и рассчитывается по формуле:

$$S = \delta T / \sigma_T - \delta P / \sigma_P, \quad (1)$$

где δT и δP – месячные аномалии температуры и осадков, σ_T и σ_P – их среднеквадратические отклонения [12].

Гидротермический коэффициент характеризует засуху с точки зрения соотношения тепла и влаги и определяется как

$$\text{ГТК} = P / 0.1 \cdot T_{>10^\circ\text{C}}, \quad (2)$$

где $T_{>10^\circ\text{C}}$ – сумма средних суточных температур воздуха за период с температурами воздуха выше 10°C , P – количество осадков за тот же период [15]. Для более корректного зонального сравнения результатов в статье вместо абсолютных значений ГТК рассмотрены его нормированные на среднеквадратическое отклонение аномалии.

Расчет PDSI основан на применении совокупности эмпирических зависимостей, отражающих региональные запасы влаги, стандартизированные по отношению к локальной климатической норме. Индекс является рекурсивным и представ-

ляет собой сумму текущей аномалии влажности и взятых с весовым коэффициентом предыдущих значений индекса. Аномалия влажности определяется как:

$$d = P - \hat{P}, \quad (3)$$

где P – месячная сумма осадков, а \hat{P} – “климатологически подходящее для существующих условий” количество осадков, необходимое, чтобы поддержать нормальный уровень влажности почвы [29]. \hat{P} представляет собой простейший аналог уравнения водного баланса и определяется как:

$$\hat{P} = \alpha_i PE + \beta_i PR + \gamma_i PRO - \delta_i PL, \quad (4)$$

где весовые водно-балансовые коэффициенты рассчитываются как

$$\alpha_i = \frac{\overline{ET}_i}{\overline{PE}_i}, \quad \beta_i = \frac{\overline{R}_i}{\overline{PR}_i},$$

$$\gamma_i = \frac{\overline{RO}_i}{\overline{PRO}_i}, \quad \delta_i = \frac{\overline{L}_i}{\overline{PL}_i},$$

где i – номер месяца, а \overline{ET} – эвапотранспирация, \overline{R} – пополнение запасов почвенной влаги, \overline{RO} – поверхностный сток, \overline{L} – потеря воды из почвы (грунтовый сток), \overline{PE} – потенциальная эвапотранспирация, \overline{PR} – потенциальное пополнение запасов почвенной влаги, \overline{PRO} – потенциальный поверхностный сток, \overline{PL} – потенциальный грунтовый сток. В качестве перечисленных показателей берутся их средние месячные значения, которые во многом зависят от имеющейся у почвы способности удерживать воду.

Для сопоставимости значений индекса в различные месяцы года в разных точках земного шара вводится коэффициент K , называемый климатической характеристикой. Он определяется следующим образом:

$$K'_1 = 1.5 \log_{10} \left(\frac{\frac{\overline{PE}_i + \overline{R}_i + \overline{RO}_i}{\overline{P}_i + \overline{L}_i} + 2.8}{\overline{D}_i} \right) + 0.5, \quad (5)$$

$$K_i = \frac{17.67}{\sum_{j=1}^{12} \overline{D}_j K'_j} K'_i, \quad (6)$$

где \overline{D}_j – средняя аномалия влажности за соответствующий месяц.

В результате получаем индекс аномалии влажности Палмера (Z индекс)

$$Z = Kd. \quad (7)$$

Таблица 1. Классификация засух на основе индекса засушливости Педя, ГТК и индекса суровости засухи Палмера

| Тип засухи | Индекс Педя | Нормированная аномалия ГТК | Индекс Палмера |
|--------------|----------------|--------------------------------|---------------------|
| Слабая | $1 \leq S < 2$ | $-1.25 < ГТК_{norm} \leq -1$ | $-2 < PDSI \leq -1$ |
| Умеренная | $2 \leq S < 3$ | $1.5 < ГТК_{norm} \leq -1.25$ | $-3 < PDSI \leq -2$ |
| Сильная | $3 \leq S < 4$ | $-1.75 < ГТК_{norm} \leq -1.5$ | $-4 < PDSI \leq -3$ |
| Эстремальная | $S \geq 4$ | $ГТК_{norm} \leq -1.75$ | $PDSI \leq -4$ |

Ежемесячные значения индекса суровости засухи Палмера рассчитываются по формуле:

$$PDSI_i = 0.897 \cdot PDSI_{i-1} + Z_i/3, \quad (8)$$

где i – порядковый номер месяца.

К достоинствам индекса суровости засухи Палмера можно отнести сопоставимость его значений в любой местности и для любого времени года, а также способность учитывать условия увлажнения в предыдущие месяцы. Наряду с достоинствами у PDSI имеются и недостатки, заключающиеся в невозможности учитывать испаряемость при отрицательных температурах и наличие снежного покрова.

Исследование индекса Педя и ГТК проводилось на основе климатического архива ВНИИ-ГМИ-МЦД суточных и средних месячных данных температур воздуха и сумм осадков (<http://www.meteo.ru>). Были рассмотрены данные наблюдений на 44-х метеостанциях, находящихся в пределах европейской части России. Аномалии и средне-квадратическое отклонение для расчёта показателей засухи оценены по сравнению со средними значениями за период 1936–2010 гг.

Изменения индекса суровости засухи Палмера (Palmer Drought Severity Index – PDSI) были изучены по данным пространственного разрешения $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ из глобального архива ежемесячных значений индекса с 1890 по 2010 г. (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/>).

В настоящей статье приведен анализ площади, интенсивность и продолжительность засух. Региональные особенности этих параметров выявлены для периода, начиная с 1936 г., когда наземная наблюдательная сеть метеостанций России существенно расширилась и получаемые результаты стали более точными. Площадь распространения засухи рассчитывалась как доля от площади всей рассмотренной территории, выраженная в процентах. Для ее определения по данным ГТК и индекса Педя средствами ГИС MapInfo была построена модель, в которой за каждый год периода 1936–2010 гг. рассчитывалась суммарная

площадь многоугольников покрытия с центрами – метеостанциями, на которых наблюдалась засуха. При выполнении процедуры оптимального разбиения поверхности на многоугольники учитывалось принятое допущение, что каждая метеостанция имеет зону влияния, не пересекающуюся с зонами влияния других метеостанций, и определяется плотностью покрытия, а также пространственным положением метеостанций. Границы таких зон равноудалены от их центров-метеостанций.

Проведённая по площади охвата классификация засух не противоречит известным каталогам засушливых лет, составленным на основе различных методов и подходов к определению засух [6, 11, 13, 17], а также наиболее современным каталогам, составленным А.В. Мещерской на основе применения индекса, учитывающего площадь распространения засушливых явлений, в основных зерносеющих районах ЕТР и Украины за период 1891–2010 гг., а также А.И. Страшной с применением гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК) за последние 60 лет [8, 18]. Наибольшее согласование наблюдается в совпадении лет с крупномасштабными засухами. Случаи различия в определении приоритета засушливых лет обусловлены, прежде всего, методологическими аспектами при выявлении засух, неполным соответствием границ рассмотренных территорий, а также особенностями используемых показателей. Основные расхождения возникают при анализе многолетних изменений площадей охвата территории засухами, их группировок и интенсивности.

Интенсивность засухи или степень ее суровости отражена рассмотренными показателями в выявленном типе засухи (табл. 1). Анализ площади, занимаемой засухой, и ее интенсивности показал, что чем больше ее интенсивность, тем больше занимаемая ею площадь. Коэффициенты корреляции площади и интенсивности засухи на ЕТР составили 0.98 для нормированной аномалии ГТК, 0.94 для индекса Педя и 0.96 для индекса суровости засухи Палмера. При этом для каждого

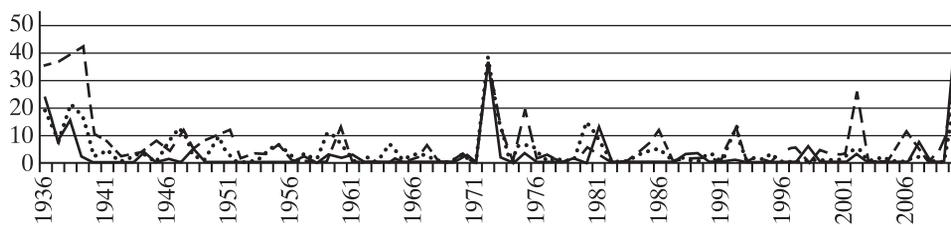


Рис. 1. Динамика площади сильной засухи (%) на территории ЕЧР в мае-августе 1936–2010 гг. по данным: индекса Педея (сплошная линия), нормированной аномалии ГТК (точечная линия) и индекса Палмера (пунктирная линия).

рассмотренного показателя засухи порядок следования лет ранжированных значений площадей засух внутри класса интенсивности засухи не всегда одинаковый. Акцент был сделан на изучение сильной и экстремальной засух, а также майских засух, наносящих наибольший урон сельскому хозяйству.

Более детально были изучены особенности обширной весенне-летней атмосферной засухи 2010 г. на территории федеральных округов ЕТР.

Поскольку рассмотренные показатели определяют засуху с различных точек зрения, то для сравнения полученных результатов была определена корреляционная зависимость между временными рядами рассмотренных показателей на ЕТР. Наибольшая теснота связи установлена между рядами нормированной аномалии ГТК и индексом суровости засухи Палмера (коэффициенты корреляции: 0.81 для слабой, 0.83 умеренной и 0.76 сильной засухи). Годы с атмосферными засухами, выявленными с мая по август в период 1936–2010 гг. на основе анализа значений нормированного ГТК и индекса Педея, также достаточно хорошо согласуются (коэффициенты корреляции: -0.69 для слабой, -0.76 умеренной и -0.77 сильной засухи). Наибольшее расхождение лет с засухами за аналогичный период обнаружено между значениями индекса Педея и индекса суровости засухи Палмера (коэффициенты корреляции -0.57 для слабой, -0.7 умеренной и -0.62 сильной засухи). Лучше всего площади засух по рассмотренным показателям согласуются в годы наиболее обширных засух. Опираясь на полученные результаты, будем считать оправданным применение индекса суровости засухи Палмера для исследования характеристик засух на территории федеральных округов.

Обсуждение результатов. Рассмотрим в хронологическом порядке изменение широкомаштабных сильных засух, наблюдавшихся с мая по август в период 1936–2010 гг. на территории ЕТР. Как видно на рис. 1, согласно значениям нормированной аномалии ГТК крупномасштабной сильной засухой было охвачено: 19% территории Европейской России в 1936 г., 22% в 1938 г., 18%

в 1939 г., 38% в 1972 г. и 25% в 2010 г. Площадь сильной засухи, рассчитанной на основе индекса Педея, составила: 23% от территории ЕТР в 1936 г., 15% в 1938 г., 36% в 1972 г., 13% в 1981 г. и 50% в 2010 г. По данным индекса суровости засухи Палмера с 1936 по 1939 г. отмечалась группировка засушливых лет, когда площадь распространения сильной засухи возрастала от 35% (в 1936 г.) до 42% (в 1939 г.). Обширные сильные засухи на ЕЧР наблюдались в 1972 г. (36% территории), 1975 г. (20%), 2002 г. (25%) и 2010 г. (31%). Экстремальные засухи в указанные годы занимали меньшую площадь, но также были обширными.

Как видим, сильная весенне-летняя засуха на ЕЧР в период 1936–2010 гг. по данным нормированной аномалии ГТК и индекса Педея охватывала наибольшую площадь в 1972 и 2010 гг. Приоритет наибольшей площади распространения аналогичной засухи по данным индекса суровости засухи Палмера принадлежит группировке засушливых лет с 1936 по 1939 г., что объясняется кумулятивным свойством индекса и означает, что вклад засушливых условий вне сезона вегетации при расчете PDSI оказался максимальным именно в эти годы.

Рассмотрим динамику площади, интенсивности и продолжительности засухи с мая по август в период 1936–2010 гг. на основе данных индекса суровости засухи Палмера по федеральным округам ЕТР. Благодаря рекурсивности индекса полученные результаты отражают не только изменчивость текущего сезонного увлажнения, но и условия увлажнения предыдущих периодов.

Северо-Западный федеральный округ. В мае на его территории сильные засухи занимали наибольшую площадь в 1937 (58% площади округа), 1938 (46%), 1940 (29%), 1948 (27%), 1960 (25%) годах, а экстремальные – в 1936 (32%) и 1937 (37%) гг. (рис. 2а).

Из-за своего географического расположения Северо-Западный федеральный округ в период 1936–2010 гг. не был часто подвержен широкомаштабным продолжительным сильным и экстремальным засухам. Однако с 1937 по 1939 г.

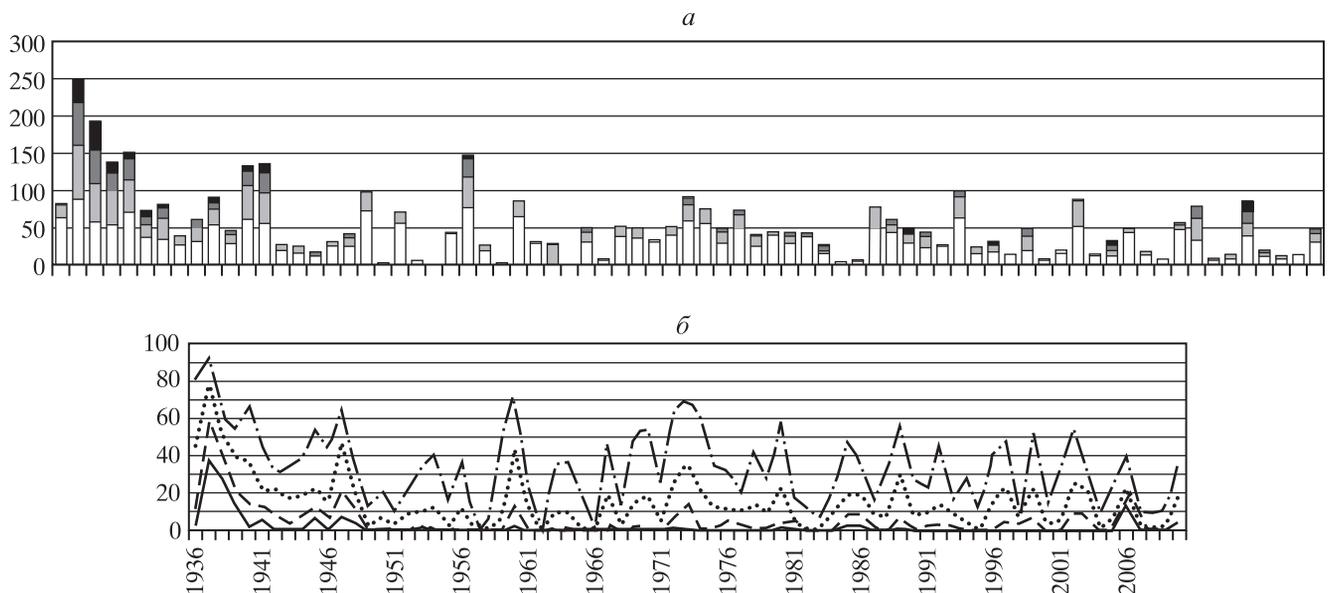


Рис. 2. Площадь распространения засухи на территории Северо-Западного федерального округа (%) в 1936–2010 гг. в: *a*) мае и *б*) мае-августе по данным индекса суровости засухи Палмера. Интенсивность засухи обозначена на рисунке *a*) цветом: слабая (белым), умеренная (светло-серым), сильная (темно-серым), экстремальная (черным), *б*) слабая – штрихпунктирной линией, умеренная – точечной, сильная – пунктирной, экстремальная – сплошной линией.

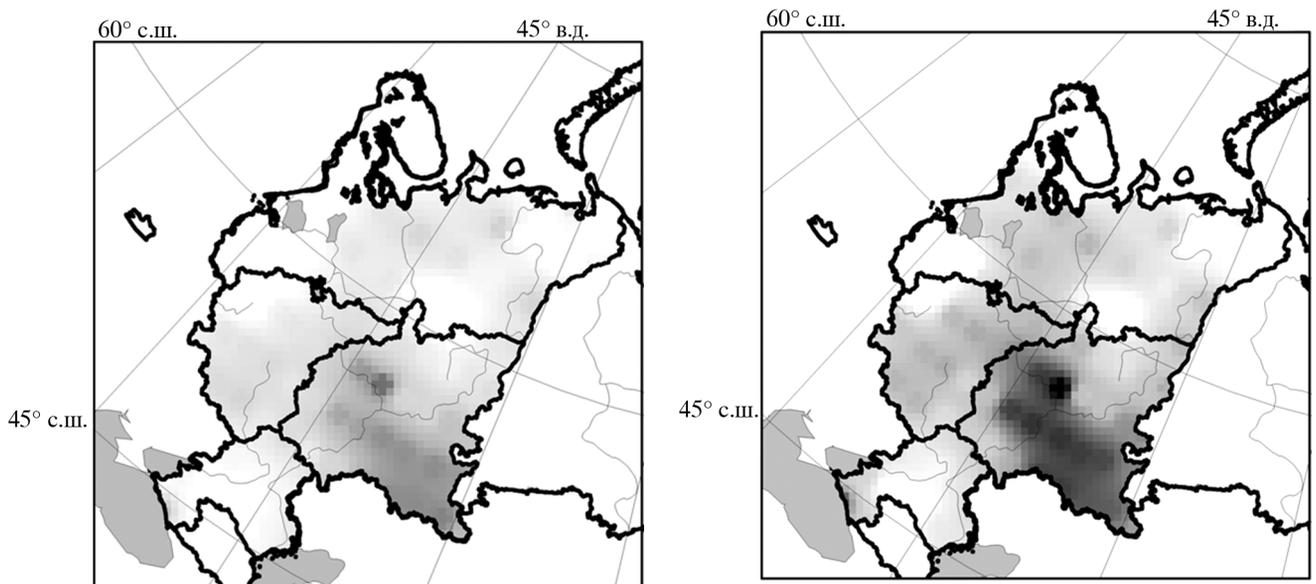


Рис. 3. Атмосферная засуха на территории Северо-Западного, Центрального, Приволжского и Южного федерального округа РФ в: *a*) мае и *б*) августе 2010 г. по данным индекса суровости засухи Палмера. Интенсивность засухи изменяется от слабой (светло-серый цвет) до экстремальной (темно-серый цвет).

территория округа была охвачена самой суровой за рассмотренный период засухой, продолжавшейся с мая по август. В 1947 г. и в 2006 г. обширная сильная экстремальная засуха продержалась здесь 4 месяца (рис. 2б).

В июне и июле 2010 г. на территории Северо-Западного федерального округа наблюдалась только слабая и умеренная засуха. Сильная засу-

ха оказала наибольшее влияние в августе, охватив 9% площади округа (рис. 3б). Экстремальной засухи на территории Северо-Западного федерального округа в этом году не отмечалось.

Центральный федеральный округ. Майские сильные и экстремальные засухи, охватывающие обширную площадь Центрального федерального округа, чаще встречались в начале периода иссле-

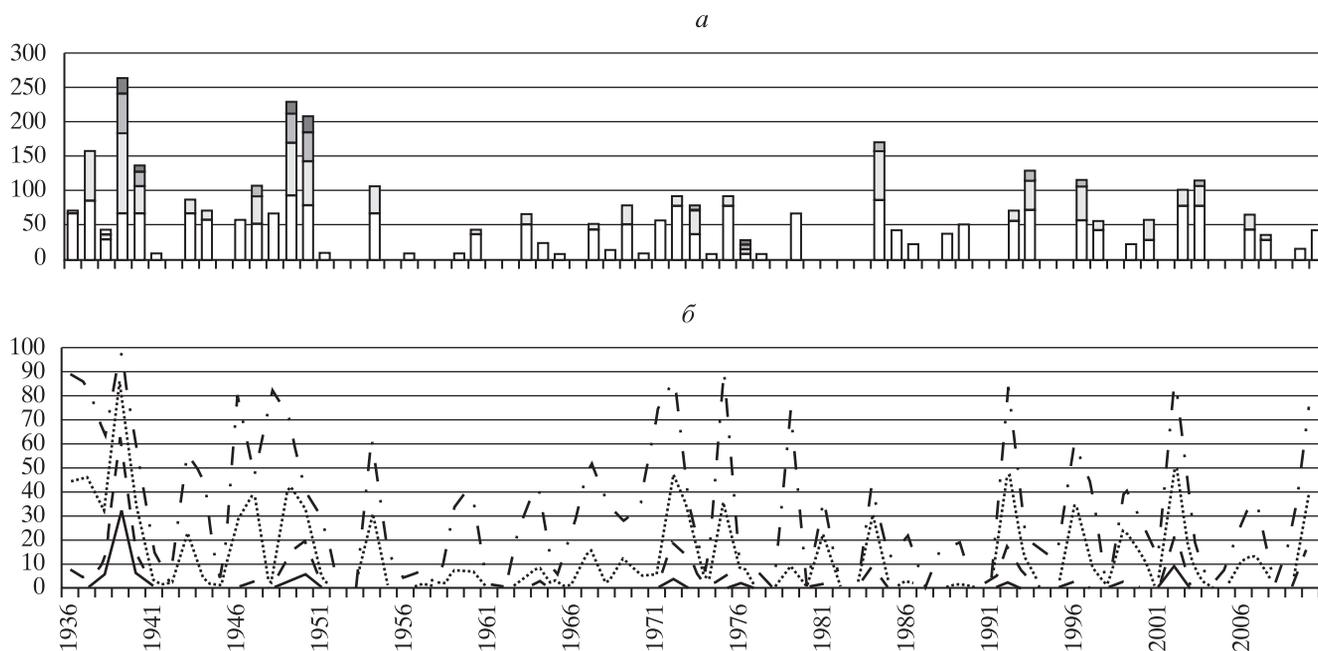


Рис. 4. То же, что на рис. 2 – для территории Центрального федерального округа.

дования (рис. 4а). Наибольшая площадь сильной засухи наблюдалась в 1939 г. (57% территории), 1949–1950 гг. (43%) и 1940 г. (21%), а экстремальной – в 1939 и 1950 гг. (21%).

Наиболее засушливыми годами на территории Центрального федерального округа, когда обширная сильная засуха наблюдалась в течение 4-х месяцев, были 1939, 1950, 1972 гг., а в 1949, 1992, 2002 и 2010 гг. ее продолжительность составила 2 месяца (рис. 4б). В 1939 г. сильная и экстремальная засуха отмечалась с мая по август включительно и была самой длительной среди наблюдавшихся на территории Центрального федерального округа с 1936 г.

В 2010 г. сильная засуха проявилась в Центральном федеральном округе только в июле (на 20% территории). Затем в августе она распространилась на 57% территории округа (рис. 3б). Экстремальной засухи в мае-августе 2010 г. не наблюдалось.

Приволжский федеральный округ. Как следует из графика на рисунке 5а, наиболее обширные майские засухи встречались на территории Приволжского федерального округа в 1936 (32%), 1937 (36%), 1938 (20%), 1939 (44% площади округа), 1950 (40%), 1967 (28%) гг.

Самыми засушливыми годами на территории округа в период 1936–2010 гг., когда сильная засуха занимала наибольшую территорию и длилась с мая по август, были 1936–1940 гг., 1950, 1951, 1967, 1972, 1975, 2006 и 2009–2010 гг. (рис. 5б). Продолжительная обширная экстремальная за-

суха наблюдалась в течение 4-х месяцев в 1936, 1939, 2010 гг. и 3-х месяцев в 1975 г. Если площадь сильной засухи в 1936, 1939, 1940, 1972, 1975 и 2010 гг. постепенно увеличивалась с мая по август, то в 1937, 1950 и в 1975 гг. наибольшая территория была охвачена засухой в мае.

Сильная и экстремальная обширная засуха 2010 г. началась в мае в центральной части Приволжского федерального округа, охватив соответственно 16% и 4% территории (рис. 3а). В июне-августе ситуация продолжала усугубляться: сильная засуха в июне распространилась к югу и юго-востоку, охватив 40% всей площади округа, в июле – 60% и в августе – 64%, экстремальная засуха наблюдалась в июне на 8% территории, в июле – на 48%, в августе – на 40% (рис. 3б). В этом году сильная и экстремальная обширная засуха в центральной части округа отмечалась на протяжении всех четырех рассмотренных месяцев.

Южный федеральный округ. Графики на рис. 6 иллюстрируют динамику засухи в пределах границ Южного федерального округа в мае-августе в 1936–2010 гг. Необходимо отметить, что сильные майские засухи охватывали наибольшую площадь территории в 1950 г. (75%), в 1939 г. и 1949 г. (62%), в 1984 г. (37%), в 1936, 1951, 1972, 1977 и 1986 гг. (25%) и преобладали в начале рассмотренного периода (рис. 6а). Экстремальные майские засухи свирепствовали здесь в 1949 и 1950 гг. (25% и 75% территории округа), в 1984 и 2007 гг. (12.5% территории округа).

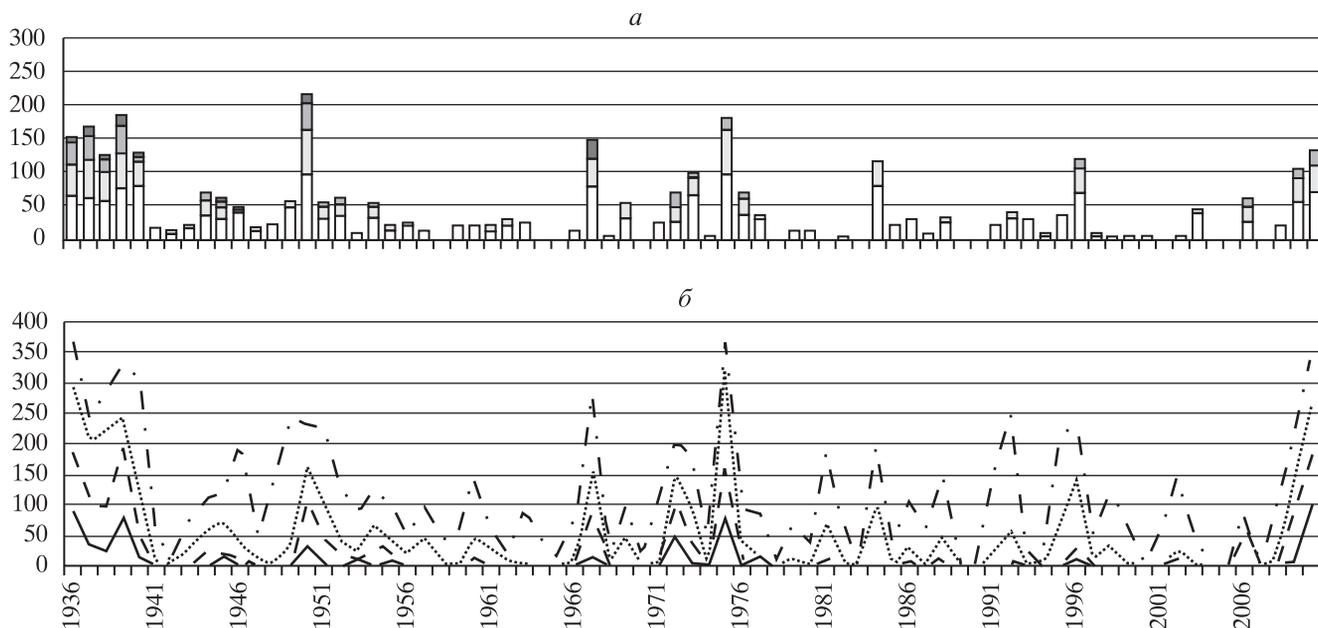


Рис. 5. То же, что на рис. 2 – для территории Приволжского федерального округа.

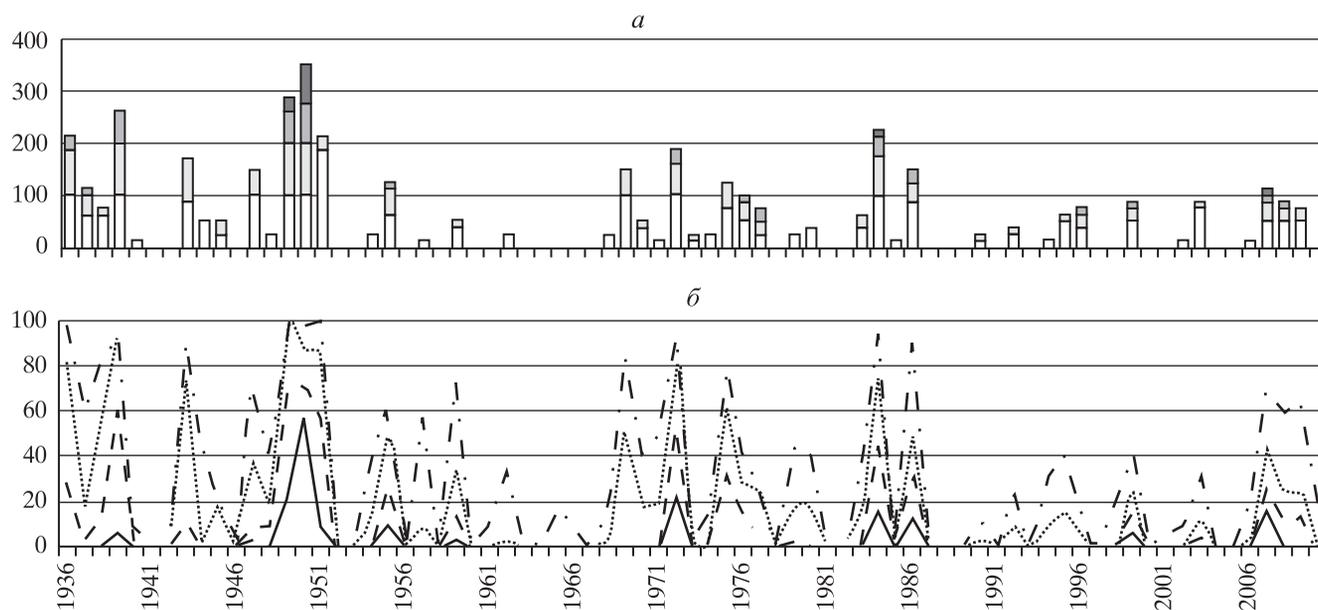


Рис. 6. То же, что на рис. 2 – для территории Южного федерального округа.

Наибольшую площадь территории округа сильные засухи охватывали течение 4-х месяцев в 1936, 1939, 1949–1951, 1955, 1972, 1984, 1986, 2007 гг. (рис. 6б). В 1975 г. сильная обширная засуха длилась 3 месяца, начиная с июня. Непрерывная крупномасштабная экстремальная засуха наблюдалась на территории округа в течение четырёх месяцев в 1949–1950 гг., в 1984 г., а также в 2007 г. В 1972 г. ее продолжительность составила 3 месяца.

В 2010 г. на территории Южного федерального округа атмосферная засуха не была столь

катастрофической, как в Приволжском округе. Так, в мае и июне в Южном округе засуха не наблюдалась, и только в июле возникла слабая засуха, охватив 25% территории. В августе ареал слабой и умеренной засухи был максимальным (50% и 12.5% территории округа соответственно). Сильной и экстремальной засухи в мае-августе 2010 г. в Южном федеральном округе не отмечено.

Таким образом, проявление широкомасштабных весенне-летних засух на территории феде-

Таблица 2. Доля площади сильных и экстремальных засух (число % в год) в мае в период с 1936 по 2010 г. на территории федеральных округов европейской территории России: 1 – Северо-Западный, 2 – Центральный, 3 – Приволжский, 4 – Южный округ

| | Тип засухи | Площадь засухи с охватом $\geq 20\%$ территории округа | | | Площадь засухи с охватом $\geq 10\%$ территории округа | | |
|---|----------------------|--|-----------|-----------|--|-----------|-----------|
| | | 1936–1960 | 1961–1990 | 1991–2010 | 1936–1960 | 1961–1990 | 1991–2010 |
| 1 | Сильная засуха | 0.2 | 0 | 0 | 0.4 | 0 | 0.1 |
| 2 | | 0.2 | 0 | 0 | 0.2 | 0.03 | 0.05 |
| 3 | | 0.2 | 0 | 0 | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| 4 | | 0.2 | 0.1 | 0 | 0.3 | 0.17 | 0.2 |
| 1 | Экстремальная засуха | 0.1 | 0 | 0 | 0.2 | 0 | 0.05 |
| 2 | | 0.1 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 3 | | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 4 | | 0.1 | 0 | 0 | 0.1 | 0.03 | 0.05 |

ральных округов Российской Федерации не всегда было одинаковым. В 1936 г. сильная и экстремальная засуха оказала наибольшее влияние на Приволжский и Южный округа, в 1937–1938 гг. – на Северо-Западный и Приволжский округа, а в 1939 г. – на Центральный, Приволжский и Южный округа. В 1949 и 1951 гг. обширной сильной засухой с мая по август был охвачен Южный округ, в 1950 г. – Центральный, Приволжский и Южный округа, а в 1975 г. от сильной засухи больше всего пострадал Приволжский и Южный округа. Широкомасштабная весенне-летняя сильная и экстремальная атмосферная засуха 1972 г., охватившая значительную территорию Европейской России, сильнее проявилась в Южном и Приволжском федеральных округах. Наибольшее воздействие засуха 2010 г. оказала на Приволжский округ.

Анализ коэффициентов линейных трендов площадей сильной и экстремальной засухи в мае-августе в период активного потепления 1975–2010 гг. показал, что во всех рассмотренных округах наблюдался их слабый статистически незначимый рост.

Рассмотрим, как изменялась доля площади сильных и экстремальных засух (как показателя уязвимости сельского хозяйства на территории федеральных округов) в мае в различные периоды. Из материалов табл. 2 видно, что наименее благоприятные условия для майской вегетации наблюдались в начале рассмотренного периода во всех округах. В 1961–1990 гг. доля площади обоих типов засухи с охватом более 10 и 20% территории округа сократилась. В 1991–2010 гг. доля площади обоих типов засухи с охватом более 10% территории округа снова возросла – сильной за-

сухи – на территории всех округов (впрочем, не превысив начальные значения), экстремальной – в Северо-Западном и Южном округах. Наиболее уязвимым по отношению к сильным и экстремальным майским засухам в период 1936–2010 гг. был Южный федеральный округ.

Выводы. Наибольшая теснота связи установлена между временными рядами значений нормированного ГТК и индексом суровости засухи Палмера, а наименьшая – между индексом Педя и индексом Палмера.

В начале рассматриваемого периода на ЕТР наблюдались наименее благоприятные майские условия вегетации. Самыми обширными сильными майскими засухами были в период 1937–1939 гг. и в 1950 году. Затем, после уменьшения в середине периода, площадь охвата территории майскими сильными засухами вновь возросла во всех федеральных округах Российской Федерации. Наиболее уязвимым к проявлению сильных и экстремальных майских засух является Южный федеральный округ.

Площади засух по рассмотренным показателям лучше всего согласуются в годы широкомасштабных засух. Самые обширные продолжительные атмосферные засухи с мая по август в период 1936–2010 гг., выявленные по различным количественным показателям, наблюдались на территории европейской части России в течение нескольких лет с 1936 по 1939 г., а также в 1972 и 2010 гг. Однако не все рассмотренные показатели свидетельствуют о том, что засуха в 2010 г. была самой масштабной.

Проявление наиболее обширных засух на территории федеральных округов не всегда было

одинаковым. Так, длительная с мая по август засуха с 1949 по 1950 г. доминировала на территории Южного федерального округа. В 1937 г. засуха оказала наибольшее влияние на Северо-Западный, в 1939 г. – на Центральный, а в 1936 и 2010 гг. – на Приволжский федеральный округ.

Особенность засухи 2010 г. состоит в том, что сильной и экстремальной засухой была охвачена значительная территория Приволжского, Центрального и Северо-Западного федеральных округов. Северная граница сильной засухи достигла районов, в которых ранее (с 1936 г.) такой тип засухи не наблюдался. В Приволжском округе сильная и экстремальная засуха длилась в течение четырех месяцев. В то же время на территории Южного федерального округа наблюдалась только слабая и умеренная засуха. Максимум площади охвата атмосферной засухой территории всех рассмотренных округов в 2010 г. приходился на август.

Работа выполнена в рамках проекта “Пространственное разнообразие климатов России: достоинства и ограничения в социально-экономическом развитии страны” Программы Президиума РАН П-31 “Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал” и по проекту Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 8337).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Володин Е.М.* О природе некоторых сверхэкстремальных аномалий летней температуры // Сб. докладов совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного совета РАН “Исследования по теории климата Земли”. “Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года”. М.: Триада ЛТД, 2011. С. 48–57.
2. *Дроздов О.А.* Засухи и динамика увлажнения. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 93 с.
3. *Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В.* Оценка засушливых явлений в Российской Федерации // Тр. ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 118–133.
4. *Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б.* Спутниковый индекс климатических экстремумов засушливых земель // Аридные экосистемы. 2013. № 1 (в печати).
5. *Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А.* Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 2007. Т. 21. С. 160–181.
6. *Каменькова Н.И.* К вопросу об изучении весенне-летних засух на Европейской территории СССР // Тр. ГГО. 1964. Вып. 164. С. 43–54.
7. *Логинов В.Ф.* Засухи, их возможные причины и предпосылки предсказания // Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты. М.: Изд-во НИЭНАС, 2002. С. 107–124.
8. *Меццарская А.В., Мирвис В.М., Голод М.П.* Засуха 2010 г. на фоне многолетнего изменения засушливости в основных зерносеющих районах европейской части России // Тр. ГГО. 2011. Вып. 563. С. 318.
9. *Меццарская А.В.* О показателе засух и урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология. № 2. 1988. С. 91–98.
10. *Мохов И.И.* Действие как интегральная характеристика климатических структур: оценки для атмосферных блокингов // Доклады РАН. 2006. Т. 409. № 3. С. 403–406.
11. *Обухов В.М.* Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. С. 9–41.
12. *Педь Д.А.* О показателе засухи и избыточного увлажнения. Тр. Гидрометцентра СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–38.
13. *Раунер Ю.Л.* Климат и урожайность зерновых культур. М.: Изд-во Наука, 1981. 164 с.
14. *Савин И.Ю., Барталев С.А., Лупян Е.А., Толтин В.А., Медведева М.А., Плотников Д.Е.* Спутниковый мониторинг воздействия засухи на растительность (на примере засухи 2010 г. в России) // Современные проблемы зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 150–162.
15. *Селянинов Г.Т.* О сельскохозяйственной оценке климата // Тр. по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.
16. *Уланова Е.С., Страшная А.И.* Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Тр. ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 64–83.
17. *Утешев А.С.* Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. Алма-Ата: Изд-во Наука, 1972. 195 с.
18. *Фролов А.В., Страшная А.И.* О засухе 2010 года и ее влиянии на урожайность зерновых культур. Сборник докладов совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного совета РАН “Исследования по теории климата Земли”. М.: Триада ЛТД, 2011. С. 22–31.
19. *Черенкова Е.А.* Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге Европейской России. Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 4 (53). С. 13–21.
20. *Черенкова Е.А., Кононова Н.К.* Анализ опасных атмосферных засух 1972 и 2010 гг. и макроциркуляционных условий их формирования на терри-

- тории европейской части России // Тр. ГГО. 2012. Выпуск 565. С. 165–187.
21. Черенкова Е.А. Использование спутниковых данных для анализа изменения влажности почвы и состояния растительного покрова юга Европейской России в конце XX – начале XXI века // Исследования земли из космоса. 2011. № 6. С. 80–87.
 22. Черенкова Е.А. Динамика опасной атмосферной засухи в Европейской России // Метеорология и гидрология. 2007. № 11. С. 30–41.
 23. Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., Garcia-Herrera R. The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe // *Sci.* 2011. V. 332. P. 220–224.
 24. Blunden J., Arndt D. S., Baringer M. O. State of the Climate in 2010 // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2011. V. 92. № 6. P. S1–S236.
 25. Grumm Richard H. The Central European and Russian Heat Event of July–August 2010 // *Bulletin of the American Meteorological Soc.* 2011. V. 92. № 10. P. 1285–1296.
 26. Jiang T., Qiang Z., Deming Z., Yijin W. Yangtze floods and droughts (China) and teleconnections with ENSO activities (1470–2003) // *Quat. Int.* 2006. V. 144. P. 29–37.
 27. Lau William K.M., Kim K. The 2010 Pakistan Flood and Russian Heat Wave: Teleconnection of Hydrometeorological Extremes // *J. Hydrometeor.* 2012. № 13. P. 392–403.
 28. McCabe G.J., Palecki M.A. Multidecadal climate variability of global lands and oceans // *J. Climatol.* 2006. № 26. P. 849–865.
 29. Palmer W.C. Meteorological drought. U.S. Department of Commerce Research V. 45. 1965. 65 p.
 30. Schubert S., Wang H., Suarez M. Warm Season Subseasonal Variability and Climate Extremes in the Northern Hemisphere: The Role of Stationary Rossby Waves // *J. Climate.* 2011. V. 24. № 18. P. 4773–4792.
 31. Schubert S.D., Suarez M.J., Pegion P.J., Koster R.D., Bacmeister J.T. Causes of long-term drought in the U.S. Great Plains // *J. Climate.* 2004. № 17. P. 485–503.
 32. Seager R., Kushnir Y., Herweijer C., Naik N., Miller J. Modeling of tropical forcing of persistent droughts and pluvials over western North America: 1856–2000. 2005 // *J. Climate.* 2005. № 18. P. 4065–4088.

Quantitative Evaluation of Atmospheric Drought in Federal Districts of the European Russia

Ye.A. Cherenkova

Institute of Geography RAS

In this paper the spatial and temporal characteristics of the spring-summer atmospheric drought were investigated using various drought indicators on the base of meteorological stations observations in the European Russia for May–August of the 20th – early 21st century. The highest correlation was found between the time series of the normalized values of HTC and Palmer Drought Severity Index, and the lowest – between Ped' Index and Palmer Drought Severity Index. The area, intensity and duration as well as regional drought features were estimated for Northwest, Central, Volga and Southern Federal Districts of Russia. It is shown that the strong and extreme drought in May dominated at the beginning of the period under consideration. Large-scale atmospheric droughts were observed from May to August in 1936–1939, 1972 and 2010. Regional characteristics of the spring-summer drought 2010 in the federal districts of the European Russia are examined.