СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И УГЛЕРОДНАЯ НЕЙТРАЛЬНОСТЬ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ»

УДК 551.583
ББК 26.23
С23

Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Изменения климата и углеродная нейтральность: вызовы и возможности». – Ханты-Мансийск: ООО «Печатный мир г. Ханты-Мансийск», 2022. – 113 с.

ISBN 978-5-6048420-8-9

ISBN 978-5-6048420-8-9

КЛИМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭКОСИСТЕМ

Несговорова Наталья Павловна, Савельев Василий Григорьевич, Звягина Алена Юрьевна, Фабрицкий Александр Андреевич
ОПАСНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КУРГАНА И КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ФАКТОРЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ 38

Переведенцев Юрий Петрович, Шерстюков Борис Георгиевич, Мирсаева Надежда Александровна, Аухадеев Тимур Ринатович
ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ В ЛЕСАХ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В ПЕРИОД 1992–2020 гг. 43

Напреенко Максим Геннадьевич, Данченков Александр Романович, Напреенко-Дорохова Татьяна Владимировна, Карелина Влада Игоревна
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА 49

Переведенцев Юрий Петрович, Шанталинский Константин Михайлович, Парубова Екатерина Михайловна
ИЗМЕНЕНИЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ 54

Штогрина Алена Викторовна, Коркина Елена Александровна
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА В ПРИРОДНЫХ СУБСТРАТАХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ 59

Парфенова Екатерина Евгеньевна
СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ 63

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА ЭКОСИСТЕМ

Мехренцев Андрей Вениаминович, Герц Эдуард Федорович, Уразова Алина Флоритовна, Уразов Павел Николаевич
ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЕВ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЗАРАСТАЮЩИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ 68

Абакумов Евгений Васильевич, Поляков Вячеслав Игоревич, Шевченко Евгений Викторович
ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАРБОНОВЫХ ПОЛИГОНОВ 74

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И УГЛЕРОДНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Лазунин Александр Алексеевич
ОЦЕНКА БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА СУРОВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ 77

Калиненко Екатерина Андреевна, Макарова Екатерина Владимировна
ГОСУДАРСТВЕННОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ БИЗНЕСА ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ 82

УДК 551.58

ИЗМЕНЕНИЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

CHANGES IN AGROMETEOROLOGICAL RESOURCES IN THE VOLGA FEDERAL DISTRICT IN RECENT DECADES

Переведенцев Юрий Петрович, доктор географических наук, профессор, кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Российская Федерация. Yuri.Perevedentsev@ksu.ru
Perevedencev Jurij Petrovich, Doctor of Geography, Professor, Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Kazan (Volga Region) Federal University", Kazan, Russian Federation. Yuri. Perevedentsev@ksu.ru

Шанталинский Константин Михайлович, кандидат географических наук, доцент, кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Российская Федерация. Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru
Shantalinskij Konstantin Mihajlovich, Candidate of Geography, Associate Professor, Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Kazan (Volga Region) Federal University", Kazan, Russian Federation. Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru

Парубова Екатерина Михайловна, аспирант, кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Российская Федерация. parubovaem@mail.ru
Parubova Ekaterina Mihajlovna, Postgraduate Student, Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Kazan (Volga Region) Federal University", Kazan, Russian Federation. parubovaem@mail.ru

Аннотация
Рассматривается динамика агроклиматических условий на территории Приволжского федерального округа (ПФО) в последние десятилетия. В связи с повышением температуры воздуха в регионе происходит возрастание сумм положительных температур в периоды со средней суточной температурой (ССТ), превышающей 0, 5, 10 и 15°С, в среднем со скоростью 65–67°С/10 лет, что свидетельствует в целом об улучшении условий теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в рассматриваемый период (1966–2018 гг.). В частности выявлено, что наименьшая сумма температур (ССТ > 0°С) составила 1595°С (станция Ныроб, 1969 г.), а наибольшая – 4037°С (станция Оренбург, 2016 г.), что свидетельствует о значительной дифференциации природных условий на территории ПФО. С использованием индекса засушливости Д.А. Педя (S) дана оценка засушливости (увлажненности) на территории ПФО, при этом для каждого месяца теплого периода по данным 16 метеостанций рассчитана повторяемость (%) условий с нормальными условиями увлажнения ($-1 \leq S \leq 1$), средней засухой ($3 > S > 2$), сильной засухой ($S \geq 3$) и средним избыточным увлажнением ($-3 < S < -2$). Дополнительно комплексная оценка степени засушливости и переувлажнения производилась с использованием гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), что позволило более

надежно определить тенденции изменения агроклиматических ресурсов на рассматриваемой территории. Согласно этому показателю наиболее часто, как и следовало ожидать, засушливые условия возникают на юге округа (в июне вероятность засух в Оренбургской области достигает 55%), а повторяемость избыточного увлажнения достигает 49% на северо-востоке округа.

Abstract
The dynamics of agro-climatic conditions on the territory of the Volga Federal District (VFD) in recent decades is considered. Due to the increase in air temperature in the region, there is an increase in the sums of positive temperatures in periods with an average daily temperature (DST) exceeding 0, 5, 10 and 15°C at an average rate of 65–67°C/10 years, which indicates in general about improving the conditions for heat supply of agricultural crops in the period under review (1966–2018). In particular, it was found that the smallest sum of temperatures (SST > 0°C) was 1595°C (Nyrob station, 1969), and the largest was 4037°C (Orenburg station, 2016), which indicates a significant differentiation of natural conditions on the territory of the PFD. Using the dryness index of D.A. Pedya (S), an assessment of aridity (humidity) on the territory of the Volga Federal District was given, while for each month of the warm period, according to 16 weather stations, the frequency (%) of conditions with normal conditions of moisture ($-1 \leq S \leq 1$) was calculated), average drought ($3 > S > 2$), severe drought ($S \geq 3$) and average excessive moisture ($-3 < S < -2$). Additionally, a comprehensive assessment of the degree of aridity and waterlogging was carried out using the Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC), which made it possible to more reliably determine trends in changes in agro-climatic resources in the territory under consideration. According to this indicator, most often, as expected, dry conditions occur in the south of the district (in June, the probability of droughts in the Orenburg region reaches 55%), and the frequency of excessive moisture reaches 49% in the northeast of the district.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, потепление климата, сумма положительных температур, засушливость, увлажненность, тенденция.
Keywords: agroclimatic resources, climate warming, sum of positive temperatures, aridity, hydration, trend.

В последние годы в научной литературе много внимания уделяется проблеме современного глобального потепления климата, обусловленного, согласно последним оценочным докладам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [1, 2], влиянием антропогенного фактора, что остро ставит вопрос об адаптации к происходящим климатическим изменениям и снижении риска от сопутствующих негативных природных и социально-экономических последствий. Регионы по-разному реагируют на глобальные климатические угрозы, что видно из материалов Второго оценочного доклада Росгидромета (2014 г.). Как известно, наиболее чувствительны к погодно-климатическим процессам агросфера и лесное хозяйство. В работе [3] дана оценка происходящим климатическим изменениям в ПФО, который относится к числу наиболее развитых и густонаселенных регионов России, продукция промышленности и сельского хозяйства которого составляет около четверти от всей продукции страны. В данной статье главное внимание уделено оценке динамики агрометеорологических ресурсов ПФО по данным 16 метеостанций в период 1966–2018 гг. (53 года).

Согласно [3], в течение года на всех станциях региона отмечается повышение температуры особенно в зимний период: для средней годовой температуры значение коэффициента наклона линейного тренда (КНЛТ) по территории ПФО изменяется в пределах 0,27–0,51°С/10 лет, в январе от 0,53 до 1,25°С/10 лет и в июле значения КНЛТ меняются в пределах 0,09–0,56°С/10 лет. Годовые суммы осадков также возрастают на большей части территории со скоростью от 2,2 мм/10 лет (юго-запад ПФО) до 30,6 мм/10 лет (северо-восток), однако на юго-востоке (станция Оренбург) отмечается их наибольшее уменьшение

со скоростью – 2,9 мм/10 лет. В июле на большей части территории ПФО количество осадков уменьшается.

Для оценки степени тепло- и влагообеспеченности территории рассчитывались суммы положительных температур для периодов превышения среднесуточной температуры (ССТ) пределов 0, 5, 10 и 15°С, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) [4] и индекс атмосферного увлажнения (S), предложенный Д.А. Педем [5]. Указанные показатели рассчитывались по формулам:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum R}{0.1 \sum T}, \quad (1)$$

где ∑R – сумма осадков (мм), ∑T – сумма активных температур (выше 10°С);

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma_T} \pm \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (2)$$

где ΔT и ΔR – отклонения от норм температуры воздуха и осадков, σT – среднеквадратическое отклонение средних месячных значений температуры, σR – среднеквадратическое отклонение средних месячных значений атмосферных осадков.

Средняя сумма температур, осредненная по территории ПФО, в периоды с ССТ больше 0°С составила 2739°С, при этом отмечаются значительные контрасты между северными и южными районами округа. Если на севере ПФО эти суммы не превышают 2500°С, то на юге (станция Оренбург) достигают 4000°С. В рассматриваемый 53-летний период минимальные суммы положительных температур (ССТ > 0°С) отмечались в 1969, 1976, 1978, 1993 годах, при этом наименьшее значение составило 1595°С (станция Ныроб на северо-востоке Пермского края). Максимальные значения этой характеристики теплого периода наблюдались в 2010, 2012 и 2016 гг. В частности на станции Оренбург величина суммы температур достигла 4037°С. Важно отметить, что теплообеспеченность вегетационного периода региона растет, что подтверждается расчетами коэффициента наклона линейного тренда этих сумм по всем станциям в 53-летний период. Средний показатель скорости роста по региону составляет 65–67°С/10 лет, при этом в центре ПФО КНЛТ достигает 93°С/10 лет.

Для сельского хозяйства наиболее важен период, когда ССТ > 10°С. В этом случае суммы активных температур имеют значительную пространственно-временную изменчивость по территории и колеблются от 1020°С (станция Ныроб в 1969 г.) до 3787°С (станция Оренбург, 2012 г.). Скорость роста сумм эффективных температур в среднем по округу составляет 61–67°С/10 лет, а на станции Самара достигает 98°С/10 лет.

Как видно из рисунка 1, в рассматриваемый 53-летний период наблюдается рост сумм температур, осредненных по региону, для периодов со значениями ССТ, превышающих 0, 5, 10 и 15°С.

Уравнения регрессии имеют соответственно следующий вид: $y_i = 6{,}6417\ x + 2559{,}9$ ($R^2 = 0{,}24$); $y_i = 6{,}4863\ x + 2461{,}4$ ($R^2 = 0{,}3$); $y_i = 6.6939\ x + 2361{,}2$ ($R^2 = 0{,}22$) и $y_i = 6.0715\ x + 1581{,}8$ ($R^2 = 0{,}13$), где y_i – сумма ССТ (i = 0, 5, 10 и 15°С), x – годы (1, 2, … 53), R^2 – коэффициент детерминации линейного тренда.

Рассмотрена повторяемость атмосферных засух и условий увлажнения по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова и индексу атмосферного увлажнения Д.А. Педя.

Так, согласно индексу Педя средние засушливые условия (3 > S > 2) имеют наибольшую повторяемость с апреля по июль с максимальным значением в июне на востоке ПФО (станция Уфа – 17%). В августе и сентябре повторяемость средних засушливых условий меньше ~ 13% на востоке и юге региона. Нормальные условия увлажнения (-1 ≤ S ≤ 1) имеют повторяемость значительно выше и изменяются от 26,4% (в июле на станции Бугульма) до 69,8% (в апреле на станции Уфа).

При этом КНЛТ индекса Педя, осредненного по ПФО, имеет тенденцию к росту (в летний период значение КНЛТ ~ 0,18 ед./10 лет), что свидетельствует о тенденции засушливости в регионе.

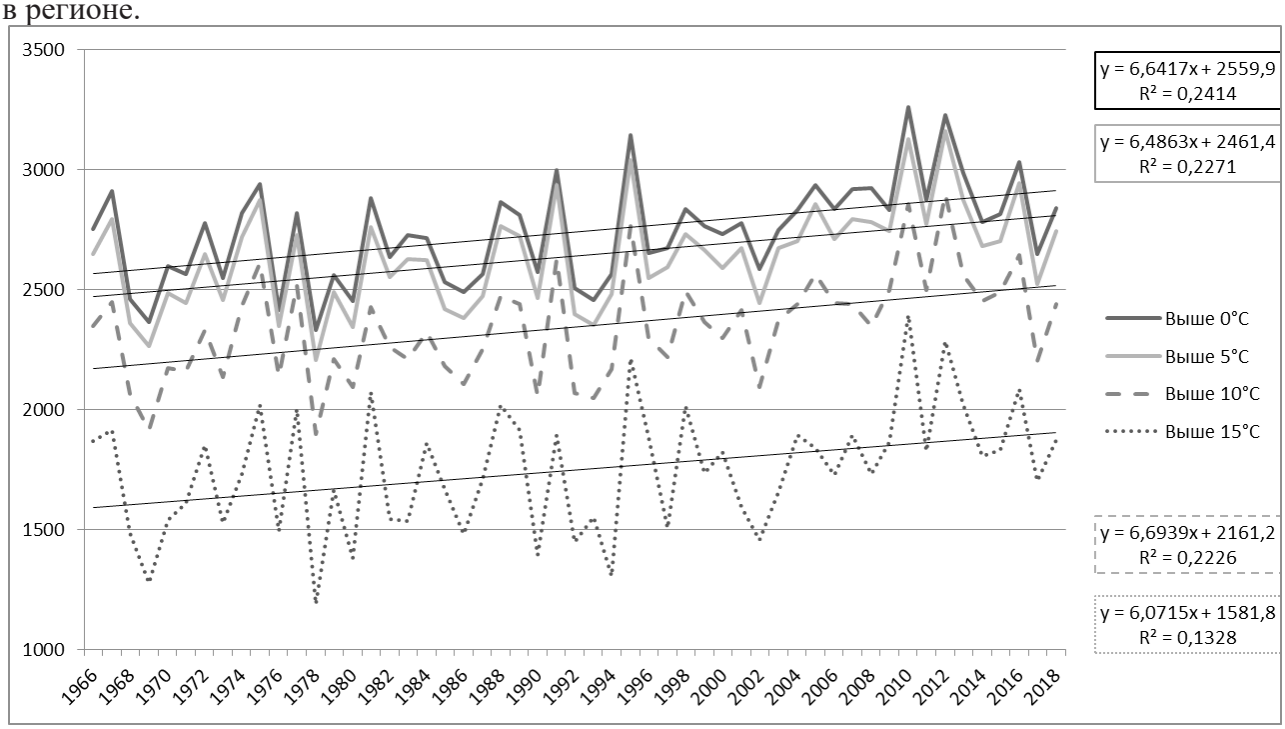

Рисунок 1. Многолетний ход сумм температур выше 0, 5, 10, 15 °С, осредненных для ПФО (1966–2018 гг.). По оси ординат – сумма положительных температур, по оси абсцисс – годы

Анализ рассчитанных значений ГТК показывает, что увеличение значений ГТК за вегетационный период (май – август) происходит с юга на северо-восток. Наибольшие значения наблюдаются на северо-востоке ПФО (станция Ныроб, ГТК = 1,5), а наименьшие на юге региона (станции Оренбург и зерносовхоз Озерный, ГТК = 0,5).

Рассчитанная повторяемость возникновения условий в градациях «очень засушливо» (ГТК > 0,5), «избыточное увлажнение» (ГТК > 1,0) и в промежуточных показывает, что наблюдается их значительная дифференциация по территории и месяцам. Так, в мае условия в ГТК > 0,5 возникают с вероятностью до 54% на станции Перелюб (Саратовская область) и с вероятностью до 20% на северо-западе округа (станция Киров). В целом по округу эта величина составляет ~ 20%.

Повторяемость избыточного увлажнения в мае возрастает от 13% (юг ПФО) до 49% (северо-восток ПФО). По аналогии этот вопрос рассмотрен для всех месяцев. Отметим лишь, что в июле наиболее засушливые условия возникают в Оренбургской области (47%), а наименьшие – на северо-западе Кировской области (6%). И, наоборот, условия избыточного увлажнения маловероятны на юге ПФО (9%) и часто встречаются на северо-востоке ПФО (до 66%).

Расчеты коэффициента сухости М.И. Будыко и коэффициентов увлажнения С.А. Сапожниковой и Ю.И. Чиркова в целом подтверждают результаты, полученные с использованием индексов Педя и Селянинова.

Выводы

1. Сумма эффективных температур возрастает на территории ПФО с северо-востока на юго-восток от 1500 до 3000°С, что позволяет выращивать в регионе различные сельскохозяйственные культуры.

2. Отмечена устойчивая тенденция роста сумм положительных температур в ПФО со скоростью от 43 до 98°С/10 лет, в периоды со средней суточной температурой, превышающей 0, 5, 10 и 15°С

3. Согласно вычисленным индексам ГТК и Педя, в теплый период на северо-востоке ПФО формируются избыточно влажные условия, а на юге и юго-востоке засушливые. Дана оценка повторяемости различных градаций засушливости и увлажненности по месяцам и территории региона. Выявлена значительная дифференциация территории округа по природным условиям.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-27-20080).

Список литературы

1. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press. 2013. PP. 1535.

2. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press. 2021. PP. 2913.

3. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М., Гурьянов В.В., Аухадеев Т.Р. Климатические изменения в Среднем Поволжье в XIX–XXI веках // Метеорология и гидрология. 2020. № 6. С. 36–46.

4. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья: учебное пособие по региональной климатологии / Ю.П. Переведенцев [и др.]. Казань: Центр инновационных технологий, 2011. 296 с.

5. Педь Д.А. О показателях засухи и избыточного увлажнения / Д.А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–39.