

УДК 631/635 : 633.1 : 551.583

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

© 2022 Р.Б. Шарипова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.С. Немцева,
г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 15.09. 2022

В статье рассматривается компонентная и комплексная оценка биологической эффективности климата (БЭК) Ульяновской области за 1961-2021 гг, и природно-ресурсная типология территории, учитывающая сельскохозяйственные и климатические особенности региона. Исследование ведется через совершенствование и расчет коэффициента увлажнения, годовой испаряемости в новых экологических условиях изменения климата. Главное внимание обращается на максимально возможном развитии растительного покрова при сочетании оптимального количества тепла и влаги: наличие одного из факторов при полном отсутствии другого приводит к нулевой продуктивности. По данным исследований, зоне экологического оптимума соответствует БЭК порядка 22. Максимально приближенным к оптимуму является показатель биологической эффективности климата станции Сурское, который составляет 21,27, далее следуют станции Инза, Димитровград, Сенгилей – 23,04, 23,29, 20,03 соответственно, чуть меньше двадцати – Ульяновск -18,34. Наименьшие значения БЭК наблюдаются на самой южной станции региона Канадей – 17,21. Наибольшее значение коэффициента наклона линейного тренда отмечается на станции Инза и наименьший на станции Сенгилей. Это связано с интенсивным потеплением климата в регионе, особенно в XXI веке: увеличением среднегодовой температуры воздуха и годовой суммы осадков.

Ключевые слова: влагообеспеченность, сумма активных температур, биологическая эффективность климата, испаряемость, коэффициент увлажнения, осадки.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-3-8-12

ВВЕДЕНИЕ

В меняющихся климатических условиях, когда задача увеличения объемов зерновой продукции и максимального использования биоклиматического потенциала становится более сложной, возникает необходимость в принятии дополнительных адаптационных мер [1, 2, 3].

Учет всех климатических факторов для определения устойчивости ландшафтного комплекса сложен и физически, и методически. Для оптимального размещения сельскохозяйственных культур и ориентировочной оценки производственных возможностей, а также для экологической оценки территории с точки зрения климатических факторов разработан широкий набор различного рода показателей [4,5]. В качестве индикатора устойчивости эколого-климатического Ульяновской области был рассчитан индекс биологической эффективности климата (БЭК), представляющий собой интегральный критерий тепло- и влагообеспеченности. Тепло и влага имеют не только прямое экологическое значение, но и от них зависят многие другие экологические свойства ландшафта, в том числе его биологическая продуктивность, биогео-

химические условия, степень потенциальной опасности природно-очаговых заболеваний, различные стихийные природные явления и т.д. Они универсальны и определяют территориальную дифференциацию многих экологических показателей [6, 7].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Разнообразие и сложность предметной области исследования обусловили необходимость использования системного подхода, методов научного обобщения, экспертных оценок, группировок, сравнения, методов оптимизации, экономического анализа с использованием цепных подстановок [7].

Научные исследования проведены с использованием Практикума по агрометеорологии (1984), Энциклопедии климатических ресурсов Российской Федерации (2005), Методики проведения наблюдений и исследований в полевых опытах (2003). В оценке многолетних изменений агрометеорологических параметров использовали разложение в ряд Фурье, определялись параметры наилучшей синусоидальной аппроксимации точки максимума и минимума [7, 8, 9].

Исходным материалом для расчета БЭК послужили ежедневные значения метеорологических величин шести агрометеорологических станций, которые захватывают все четыре при-

*Шарипова Разида Бариевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела земледелия
E-mail: rezedasharipova63@mail.ru*

родно-климатические, экономические зоны Ульяновской области: Инза, Сурское, Ульяновск, Димитровград, Сенгилей, Канадей [9, 10, 11].

Для объективного определения биоклиматических характеристик реализация методик и алгоритма на базе языка программирования (Excel, Fox Pro), с помощью которых найдены коэффициент увлажнения, коэффициент испаряемости, суммы температур и осадков за устойчивые периоды. Кроме того, использовались пакеты программ (Excel, Statistica), включающие в себя стандартные методы обработки рядов наблюдений на основе математической статистики, с использованием корреляционно-регрессионного анализа, графических методов. Значимость полученных оценок проверялась путем расчета стандартных критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В структуре природного потенциала климата, как известно, принадлежит одно из главных мест. При множестве климатических факторов влияющих на качество среды обитания, для их учета разработан широкий набор различного рода показателей, из которых, как правило, на практике выбирается несколько ведущих, используемых в качестве критериев для оценочных расчетов. На первой стадии экологической оценки территории, когда важно выявить наиболее существенные региональные различия в качестве среды обитания, роль важнейших критериев играют факторы тепло – и влагообеспеченности. Они не только имеют универсальное и непосредственное экологическое значение, но и определяют территориальную дифференциацию многих других экологических показателей, в том числе биогеохимических и биологических. Для целей экологической оценки территории наиболее приемлем показателем биологической эффективности климата Н.Н. Иванова (БЭК), представляющий собой произведение сумм активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ в сотнях градусов ($0,01aT_{>10}$) на коэффициент увлажнения (КУ)

$$\text{БЭК} = 0,01aT_{>10} \text{ КУ}, \quad (1)$$

КУ находится как отношение годового количества осадков (Р, мм) к годовой испаряемости (Е, мм), которую получают суммированием значений испаряемости за каждый месяц года (Е мес.), рассчитываемых по формуле

$$E \text{ мес.} = 0,018(25+t)^2 (100-a), \quad (2)$$

где t – среднемесячная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; a – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

БЭК синтезирует важнейшие климатические параметры: атмосферные осадки, температуру, относительную влажность воздуха и годовую теплообеспеченность, а также хорошо выражает общий экологический фон [6].

Физический смысл такого произведения основан на максимально возможном развитии растительного покрова при сочетании оптимального количества тепла и влаги. Если один из этих факторов убывает, то второй фактор, даже находясь в климатическом оптимуме, не может ни в какой мере компенсировать убыль другого. Оптимальное наличие одного из факторов при полном отсутствии другого фактора приводит к нулевой продуктивности растительного покрова, совершенно также, как если бы оба фактора полностью отсутствовали [6,11,12].

Предлагаемый показатель БЭК – чисто климатический. Он, естественно, не может учитывать огромное значение качества почвы и ее плодородие, а также ее обработку и удобрения.

Значения входных параметров в формулах (1) и (2) и непосредственно величины БЭК рассчитывались для каждого месяца и года. Как видно, несмотря на небольшие размеры территории области, диапазон пространственной вариабельности БЭК достаточно широк.

По оценкам (Пояснительная записка, 1996), зоне экологического оптимума соответствует БЭК порядка 22 [13].

Территория с соответствующим значением БЭК представляет собой некую экологическую ось, или ядро, от которого естественные условия обитания ухудшаются, с одной стороны, к северу – в силу общего понижения запасов тепла, с другой стороны, к югу – вследствие снижения естественной влагообеспеченности территории и одновременного усиления температурного дискомфорта из-за избытка тепла.

Таким образом, как видно из таблицы 1, максимально приближенным к оптимуму является показатель биологической эффективности климата станции Сурское, который составляет 21,27, далее следуют станции Инза, Димитровград, Сенгилей – 23,04, 23,29, 20,03 соответственно, чуть меньше двадцати – Ульяновск -18,34. Наименьшие значения БЭК наблюдаются на станции Канадей – 17,21. Среднее областное значение – 20,53.

Необходимо отметить, что для всех указанных станций угол наклона линии тренда положительный (рис. 1).

Наибольшее значение КНЛТ отмечается на станции Инза (0,1538) с максимальной достоверностью (0,1270) и наименьший на станции Димитровград (0,0989), достоверность также значимая (0,0486). Это указывает на увеличение и уменьшение годового количества атмосферных в указанных станциях, что в свою очередь связано с общим потеплением и увлажнением климата. Наибольшее значение среднего квадратического отклонения БЭК прослеживается на станции Сенгилей (табл. 1).

Изменчивость БЭК по десятилетиям представлена в таблице 2. Наглядно видно, что от

Таблица 1. Значения биологической эффективности климата Ульяновской области

Станции	Уравнение тренда	Коэффициент увлажнения	БЭК	Среднее квадратич. отклонение БЭК	К-т достоверности
Инза	0,1538x+18,274	0,89	23,04	3,98	0,1270
Сурское	0,116x+17,674	0,84	21,27	4,01	0,0957
Ульяновск	0,1189x+14,65	0,71	18,34	2,96	0,1143
Димитровград	0,0979x+20,25	0,88	23,29	2,77	0,0486
Сенгилей	0,0986x+16,973	0,78	20,03	5,00	0,0497
Канадей	0,1425x+12,79	0,62	17,21	3,68	0,1226
Ср. по обл.	0,1213x+16,769	0,79	20,53	3,75	0,1070

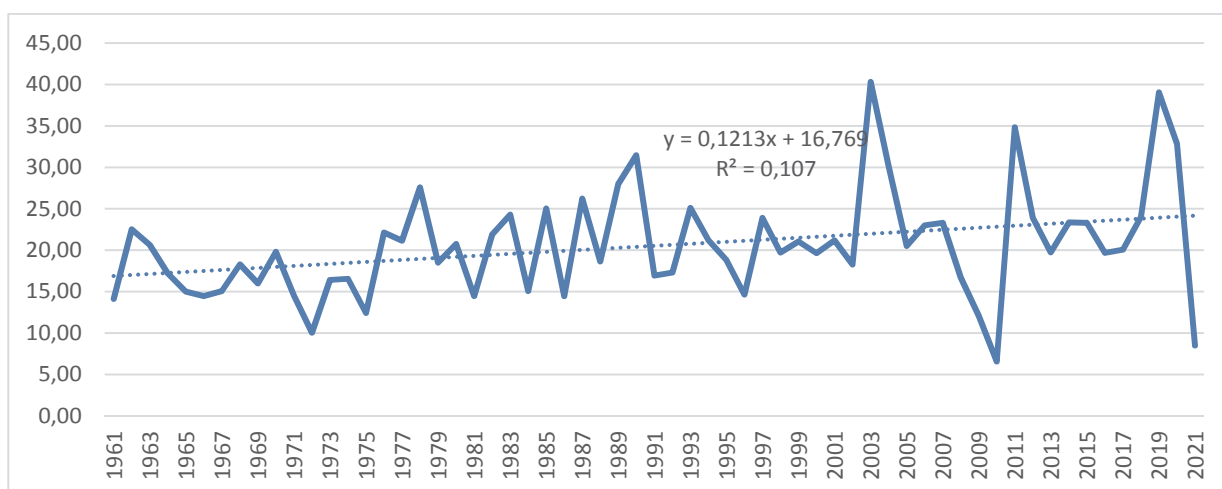


Рис. 1. Межгодовая изменчивость осредненного по области БЭК за 1961 – 2021 гг.

Таблица 2. Изменчивость биологической эффективности климата по десятилетиям

Станции	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2021
Инза	19,47	20,04	24,02	21,26	27,70	28,02
Сурское	19,05	18,50	20,44	21,70	25,56	24,61
Ульяновск	15,82	15,28	19,14	18,53	20,45	22,46
Димитровград	19,63	21,58	25,90	21,96	27,47	25,73
Сенгилей	15,98	18,0	23,92	20,04	19,64	24,15
Канадей	13,92	14,08	18,27	15,48	20,52	21,95
Ср. по обл.	17,31	18,0	21,95	19,83	23,56	24,49

десятилетия к десятилетию идет повышение БЭК, со скоростью 1,37°/10 лет, за исключением девяностых годов. Понижение БЭК в девяностые годы является следствием уменьшения сумм активных температур.

ВЫВОДЫ

На основе анализа выполненных исследований можно заключить, что биологическая эффективность климата синтезирует важнейшие климатические параметры: атмосферные осадки, температуру, относительную влаж-

ность воздуха и годовую теплообеспеченность, а также хорошо выражает общий экологический фон. максимально приближенным к оптимуму является показатель биологической эффективности климата станции Сурское, который составляет 21,27, далее следуют станции Инза, Димитровград, Сенгилей – 23,04, 23,29, 20,03 соответственно, чуть меньше двадцати – Ульяновск -18,34. Наименьшие значения БЭК наблюдаются на станции Канадей – 17,21. Среднее областное значение – 20,53. Наибольшее значение коэффициента наклона линейного тренда отмечается на станции Инза и наименьший на

станции Сенгилей. Это связано с тем, что в последние десятилетия в области идет увеличение среднегодовой температуры и годовой суммы осадков, что в свою очередь связано с общим потеплением и увлажнением климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарипова, Р.Б. Уязвимость и адаптация сельского хозяйства Ульяновской области к изменяющемуся климату / Р.Б. Шарипова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 52-58.
2. Влияния изменения климата на сельское хозяйство России: национальные и региональные аспекты (на примере производства зерна). – М.: ОКСФAM, 2013. – № 4. – С. 37-54.
3. Предстоящие изменения климата [под ред. М. И. Будыко, М.С. Маккракена]. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 272 с.
4. Переведенцев, Ю.П. Современные тенденции изменения климата в Приволжском федеральном округе / Ю.П. Переведенцев, Н.А. Важнова, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский, Р.Б. Шарипова // Георесурсы. – 2012. – № 6 (48). – С. 19-24.
5. Иванов, А.Л. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / А.Л. Иванов. – Под редакцией академиков Россельхозакадемии А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 518 с.
6. Иванов, Н.Н. Показатель биологической эффективности климата / Н.Н. Иванов // Изв. ВГО. – 1962. – Т. 94. – Вып. 1. – С.65 – 70.
7. Павлова М.Д. Практикум по агрометеорологии / М.Д. Павлова. – Гидрометеоздат, 1984. – 185 с.
8. Кобышева, Н.В. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Н.В. Кобышева и др.]. – Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гл. геофиз. обсерватория им. А. И. Воейкова; под ред. Н. В. Кобышевой, К. Ш. Хайруллина. – СПб: Гидрометеоздат, 2005 (СПб.: САВОЖ). – 319 с.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Агрометеорологический ежегодник. – Гос. ком. СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (с 1961 по 2021 гг.). – Ульяновск.
11. Шарипова, Р.Б. Тенденция изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Р.Б. Шарипова. – Ульяновск: УлГТУ. – 2020. – 138 с.
12. Природные условия Ульяновской области [под ред. А.П. Дедкова]. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1978. – 328 с.
13. Пояснительная записка к научно-справочной эколого-географической карте Российской Федерации масштаба 1: 4000000. – М., 1996. – 46 с.

EVALUATION OF THE BIOLOGICAL EFFICIENCY OF THE CLIMATE IN THE TERRITORY OF THE ULYANOVSK REGION IN THE PERIOD OF INTENSIVE CLIMATE WARMING

© 2022 R.B. Sharipova

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Ulyanovsk Scientific Research Agriculture Institute named after N.S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia

The article considers a component and comprehensive assessment of the biological climate efficiency (BEC) of the Ulyanovsk region for 1961-2021, and a natural resource typology of the territory, taking into account the agricultural and climatic features of the region. The study is carried out through the improvement and calculation of the coefficient of moisture, annual evaporation in the new environmental conditions of climate change. The main attention is paid to the maximum possible development of the vegetation cover with a combination of the optimal amount of heat and moisture: the presence of one of the factors in the complete absence of the other leads to zero productivity. According to studies, the zone of ecological optimum corresponds to a BEC of about 22. The closest to the optimum is the indicator of the biological efficiency of the climate of Surskoye station, which is 21.27, followed by stations Inza, Dimitrovgrad, Sengilei - 23.04, 23.29, 20.03 respectively, a little less than twenty - Ulyanovsk - 18.34. The lowest BEC values are observed at the southernmost station of the Canaday region - 17.21. The largest value of the coefficient of slope of the linear trend is noted at Inza station and the smallest at Sengilei station. This is due to the intense climate warming in the region, especially in the 21st century: an increase in the average annual air temperature and annual precipitation.

Key words: moisture supply, sum of active temperatures, biological efficiency of climate, evaporability, coefficient of humidification, precipitation.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-3-8-12

REFERENCES

1. Sharipova, R.B. Uyazvimost' i adaptaciya sel'skogo hozyajstva Ul'yanovskoj oblasti k izmenyayushchemusya klimatu / R.B. SHaripova // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2012. – № 3. – С. 52-58.
2. Vliyaniya izmeneniya klimata na sel'skoe hozyajstvo Rossii: nacional'nye i regional'nye aspekty (na

- primere proizvodstva zerna). - M.: OKSFAM, 2013. - № 4. - S. 37-54.
3. Predstoyashchie izmeneniya klimata [pod red. M. I. Budyko, M.S. Makkrakena]. - L.: Gidrometeoizdat, 1991. - 272 s.
 4. *Perevedencev, Yu.P.* Sovremennye tendencii izmeneniya klimata v Privolzhskom federal'nom okruge / YU.P. Perevedencev, N.A. Vazhnova, E.P. Naumov, K.M. Shantalinskij, R.B. Sharipova // Georesursy. - 2012. - № 6 (48). - S. 19-24.
 5. *Ivanov, A.L.* Global'nye izmeneniya klimata i prognoz riskov v sel'skom hozyajstve Rossii / A.L. Ivanov. - Pod redakciej akademikov Rossel'hoz akademii A.L. Ivanova i V.I. Kiryushina. - M.: Rossel'hoz akademiya, 2009. - 518 s.
 6. *Ivanov, N.N.* Pokazatel' biologicheskoy effektivnosti klimata / N.N. Ivanov // Izv. VGO. - 1962. - T. 94. - Vyp. 1. - S.65 - 70.
 7. *Pavlova M.D.* Praktikum po agrometeorologii / M.D. Pavlova. - Gidrometeoizdat, 1984. - 185 s.
 8. *Kobysheva, N.V.* Enciklopediya klimaticeskikh resursov Rossijskoj Federacii / N.V. Kobysheva i dr.]. - Feder. sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy, Gl. geofiz. observatoriya im. A. I. Voejkova; pod red. N. V. Kobyshevoj, K. SH. Hajrullina. - SPb: Gidrometeoizdat, 2005 (SPb.: SAVOZH). - 319 s.
 9. *Dospekhov, B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) / B.A. Dospekhov. - 5-e izd., dop. i pererab. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 s.
 10. Agrometeorologicheskij ezhegodnik. - Gos. kom. SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoj sredy (s 1961 po 2021 gg.). - Ul'yanovsk.
 11. *Sharipova, R.B.* Tendenciya izmeneniya klimata i agroklimaticeskikh resursov Ul'yanovskoj oblasti i ih vliyanie na urozhajnost' zernovyh kul'tur / R.B. SHaripova. - Ul'ya-novsk: UIGTU. - 2020. - 138 s.
 12. Prirodnye usloviya Ul'yanovskoj oblasti [pod red. A.P. Dedkova]. - Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 1978. - 328 s.
 13. Poyasnitel'naya zapiska k nauchno-spravochnoj ekologo- geograficheskoy karte Rossijskoj Federacii masshtaba 1: 4000000. - M., 1996. - 46 s.