УДК 632.112:551.58 DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22

ЗАСУХА И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ УВЛАЖНЕНИЯ КАК ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЕЁ ИНТЕНСИВНОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Е. В. Ионова, доктор сельскохозяйственных наук,
руководитель центра фундаментальных научных исследований, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;
В. А. Лиховидова, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений,
ORCID ID:0000-0002-5340-4901;
И. А. Лобунская, агроном лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Рассмотрены следующие вопросы: определение явления засухи и ее классификация (атмосферная, почвенная и комбинированная), вредоносность и распространенность засухи в Российской Федерации. Установлено, что региональные засухи имеют конкретные особенности, а именно: почвенная или атмосферная, весенняя, летняя или осенняя. Представлена классификация по интенсивности и охвату территорий засухами (очень сильные, сильные, средние и слабые). Показана реакция сельскохозяйственных растений на различные типы засух – северо-западной и юго-восточной, из которых в большей степени негативно влияет на растение засуха второго типа, так как сочетает низкую влажность воздуха и почвы с высокой температурой. Частично дана характеристика климата Северо-Кавказского региона (на примере Ростовской области). Наиболее используемым показателем метеорологических исследований является гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) Г. Т. Селянинова, представляющий собой отношение суммы осадков за период не менее месяца к сумме температур выше 10 °С за этот же период, уменьшенной в 10 раз. Классификация зон увлажнения по ГТК: влажная – 1,6–1,3; слабо засушливая – 1,3–1,0; засушливая – 1,0–0,7; очень засушливая – 0,7–0,4; сухая – <0,4). Приведены данные ГТК на примере метеоусловий Зерноградского района Ростовской области (2001–2015 гг.). Установлено, что гидротермический коэффициент увлажнения за 2001–2015 гг. за осенний период в среднем составил 0,13–0,17 (сухой), а ГТК летнего периода был 0,28 (сухой). За рассматриваемый период гидротермический коэффициент в среднем за вегетацию составил 0,78 (засушливый). Таким образом, за изучаемый период 2001–2015 гг. условия для роста и развития сельскохозяйственных растений были неблагоприятными.

Ключевые слова: *засуха, типы засухи, климат, гидротермический коэффициент увлажнения, классификация зон увлажнения по ГТК.*

Для цитирования*: Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. № 6(66). С. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.*

(cc) BY

DROUGHT AND HYDROTHERMAL HUMIDITY FACTOR AS ONE OF THE CRITERIA TO ESTIMATE ITS INTENSITY DEGREE (LITERATURE REVIEW)

E. V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences, head of the center of fundamental researches,
ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;
V. A. Likhovidova, junior researcher of the laboratory of plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;
I. A. Lobunskaya, agronomist of the laboratory of plant physiology, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has considered the following issues: determination of the drought phenomenon and its classification (atmospheric, soil and combined), drought harmfulness and spread in the Russian Federation. It has been established that regional droughts have specific features, namely soil or atmospheric, spring, summer or autumn. There has been given a classification by intensity and coverage of territories by droughts (very strong, strong, medium and weak). There has been shown a response of agricultural plants to various types of droughts. The northwestern and southeastern droughts (the second type) negatively affect the plants, as they combine low air humidity and soil with high temperature. There has been given a partial characteristic of the climate of the North Caucasus region (on the example of the Rostov region). The most used indicators of meteorological research are Selyaninov's hydrothermal humidity factor (HHF) which is the ratio of the amount of precipitation for a period of at least a month to the sum of temperatures above 10 °C for the same period, reduced by 10 times. The classification of humidification zones according to the HHF is as follows: wet (1.6–1.3); slightly arid (1.3–1.0); arid (1.0–0.7); very arid (0.7–0.4); dry (<0.4). The data of the HHF are given on the example of meteorological conditions of the Zernograd district of the Rostov region (the years of 2001–2015). It has been found that in 2001–2015 the hydrothermal humidity factor over the autumn period was 0.13–0.17 (dry) on average, and the HHF of the summer period was 0.28 (dry). During the studied period, the hydrothermal factor during the growing season was 0.78 (dry) on average. Thus, for the period 2001–2015, the conditions for plants growth and development were unfavorable.

Keywords: *drought, types of drought, hydrothermal humidity factor, classification of humidification zones according to the HHF.*

Засуха. В Российской Федерации, как и во многих странах мира, отмечается тенденция роста потерь урожая из-за усиливающегося влияния неблагоприятных природных явлений. В связи с большими территориями страны, разнообразием климатических условий аграрные районы подвержены воздействию

различных опасных метеорологических условий (Бедрицкий, 1997; Клещенко, 2000). Из агрометеорологических опасных явлений наибольший ущерб зерновому хозяйству России наносит засуха. При засухе наблюдается дефицит влаги, охватывающий большие территории и наносящий существенный ущерб сельскохозяйственному производству. По данным ООН, он превышает 20% общего ущерба, наносимого всеми стихийными бедствиями. Повторяемость засух на территории России и соседних стран увеличивается с севера на юг и в степной зоне достигает 30 и более раз в столетие (Клещенко, 2000). В районах развитого земледелия засухи наносят наибольший ущерб.

Современное, локальное и глобальное изменение климата, уже произошедшие и ожидаемые в будущем, оказывали и будут оказывать влияние на экстремальность климата, в том числе на засухи.

Засуха как природное явление должна рассматриваться с разных точек зрения. Главное место в определениях засухи занимает недостаток влаги. Трудности в определении засухи заключаются в том, что необходимо точно определить период времени, когда и где недостаток влаги проявляется. При одновременном недостатке влаги в почве в глубоких ее слоях и избытке в верхнем слое возникает сложность при определении типа засухи.

Под засухой понимают сложное агрометеорологическое явление, в результате которого у растения нарушается водный баланс; под влиянием недостатка влаги, вызванного усиленным испарением или длительным бездождьем, растение увядает или гибнет (Бучинский, 1976; Шульмейстер, 1975).

К классификации засух существуют различные подходы. В зависимости от места проявления, в котором наблюдаются признаки недостатка влаги, различают атмосферные и почвенные засухи, а также говорят о комбинированной засухе (атмосферно-почвенной).

Под почвенной засухой понимают явление, при котором вследствие длительного недостаточного количества осадков почва в корнеобитаемом слое значительно высыхает и растения от недостатка влаги начинают увядать. Во время почвенной засухи недостаток влаги в растениях обусловлен несоответствием между потребностью растений во влаге и ее наличием в почве. Однако иногда и при достаточном количестве влаги в почве некоторые растения страдают от недостатка воды. Такая засуха называется атмосферной. Атмосферная засуха возникает при недостаточной увлажненности и высокой температуре воздуха. При атмосферной засухе у растений усиливается транспирация, что зачастую вызывает значительную потерю ими воды. Если температурные условия среды находятся в пределах толерантной зоны и корневая система растений хорошо развита, то непродолжительная атмосферная засуха не причиняет тканям растений большого вреда. Суховейные явления – частный случай атмосферной засухи. Признаками суховея на юге России являются сильный ветер юго-восточного направления и сохранение высокой температуры воздуха ночью (Алексеев, 1948). Атмосферная засуха часто предшествует почвенной. Когда оба типа засух наблюдаются совместно, отрицательный эффект их действия становится наибольшим.

Потребность растений во влаге и реакция их на засуху определяются многими факторами, что еще раз подчеркивает сложный, комплексный характер засухи. К таким факторам относятся: погодные условия, биологические особенности культур, обеспеченность растений питательными веществами, уровень применяемой агротехники. Особого внимания среди них заслуживают биологические свойства растений (Засухи).

Засухи подразделяются на следующие категории: метеорологические, сельскохозяйственные, гидрологические и имеющие социально-экономические последствия.

Определение типа засух позволяет судить о времени их возникновения и планировании приемов борьбы с ними.

По срокам наступления засухи подразделяются на весенние, летние и осенние. Характеристики засух:

– весенняя засуха отличается сравнительно низкими температурами, низкой относительной влажностью воздуха;

– летняя засуха характеризуется низкой относительной влажностью и высокими температурами воздуха, суховейными явлениями и большой испаряемостью;

– осенняя засуха сопровождается умеренной температурой воздуха и низкой относительной влажностью в верхних слоях почвы.

При весенней засухе отмечаются задержка появления всходов, слабое кущение и укоренение растений, уменьшается закладка числа колосков в колосе. При больших запасах почвенной влаги весной эта засуха влияет на растения незначительно. Минимальному влиянию весенней засухи подвержены хорошо развитые озимые.

Летняя засуха приостанавливает накопление генеративной и вегетативной массы, прирост корней и влияет на выхоленность зерна (щуплость). Это связано с тем, что запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы оказываются недостаточными. Этот тип засухи негативно влияет на сельскохозяйственные растения в большей степени, чем весенняя.

Наступление осенней засухи происходит после уборки зерновых и в период окончания вегетации пропашных и некоторых других культур. Осенняя засуха в первую очередь отрицательно влияет на рост и развитие озимых культур. В связи с сухостью верхних слоев почвы прорастание семян замедляется, а всходы появляются с опозданием. Растения уходят в зиму недостаточно раскустившимися, неокрепшими; зимостойкость таких растений понижена. При осенней засухе в ряде случаев наблюдается небольшое накопление влаги в почве за осенне-зимний период. Особый вред наносят засухи, повторяющиеся в течение ряда лет (2–3 года).

В отдельные годы засухи продолжаются 2–3 и более месяцев, зачастую охватывая несколько сезонов. По интенсивности и территориальному распространению засухи делятся на очень сильные, сильные, средние и слабые. Максимальный ущерб сельскому хозяйству наносят очень сильные и сильные весенне-летние засухи.

В природе комбинация дефицита влаги в почве, атмосфере и высоких температур по-разному влияет на растения. Засуха северо-западного типа характеризуется низкой влажностью воздуха и почвы при умеренной температуре. Засуха юго-восточного типа характеризуется, как правило, пониженной влажностью воздуха и почвы в сочетании с высокими температурами (Косулина и др., 1993).

Из одиннадцати субъектов, входящих в Южный федеральный округ, рассмотрены климатические условия на примере Ростовской области. Климат этой области умеренно-континентальный. Зима отличается неустойчивым характером погоды: морозы чередуются с оттепелями, иногда происходит вторжение холодного воздуха с понижением температуры до опасных отметок (-25…-30 °С), но повторяемость их незначительна (3% в год). Лето сухое и жаркое.

Континентальные черты в климате Ростовской области усиливаются в направлении с северо-запада территории на юго-восток, при этом отмечаются засушливость климата, рост положительных температур и суховейные явления. Одновременно наблюдается вторжение тропических масс воздуха (4% в год), приносящих изнурительную жару летом и повышение температуры воздуха зимой. Отличительной особенностью климата является обилие солнечного света и тепла. Удаленность данной территории от больших водных площадей обусловливает континентальный характер климата. В восточных районах зима холоднее, а лето жарче, чем в западных. Температура воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Самый холодный месяц – январь, среднемесячная температура воздуха которого -5... -9 °С, минимальная температура -35 °С. Самый теплый месяц – июль, среднемесячная температура воздуха составляет +22...+24 °С, а максимальная температура +45 °С. В отдельные годы температурный минимум приходится на февраль, реже на декабрь, а максимум – на август, июнь, сентябрь.

Относительная влажность воздуха отличается хорошо выраженным годовым ходом изменений, но прямо противоположным температуре воздуха. Высокие значения влажности воздуха (85–90%) отмечаются в зимний период, а минимальные – в летние месяцы (48–60% и ниже). Наблюдаются суховейные явления, при которых относительная влажность воздуха понижается до 30% и менее. В среднем за год число суховейных дней колеблется от 45 на юго-западе до 85 на юго-востоке области.

Количество выпадающих осадков значительно варьирует в зависимости от рассматриваемых зон. Годовое количество осадков составляет 530–550 мм на юго-западе области и 320–360 мм на юго-востоке. Среднее годовое количество осадков составляет 423 мм. Выпадение осадков в виде снега отмечается в конце ноября – начале декабря, а устойчивый снежный покров образуется в конце декабря – начале января. Пыльные бури наблюдаются 3–7 дней в году на юго-западе, а на юго-востоке области – 20–25 дней, в отдельные годы до 60 дней.

К неблагоприятным атмосферным явлениям, негативно влияющим на продуктивность сельскохозяйственных растений, относятся также туманы, гололедно-изморозевые явления, грозы, град.

Основная масса солнечного тепла расходуется на испарение. На территорию Ростовской области поступает 3821 км3 водяного пара, но только 1,3% этой влаги выпадает в виде осадков. Территория области относится к зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения.

При классификации засух основным индикатором является влажность почвы, так как влага в значительной мере контролирует транспирацию, рост и развитие растений. Кроме этого, влажность почвы является показателем и метеорологической, и гидрологической засух, обусловленных балансом количества осадков, испарения и разных видов стока.

Многие исследователи предлагали в качестве критериев засух различные показатели, такие как минимальное количество осадков за различные календарные периоды, относительная влажность и дефицит влажности воздуха, запасы продуктивной влаги в почве или снижение урожайности относительно ее средней величины более чем на 10% (Дроздов, 1980; Ефремова, 1976; Мещерская, 1988; Раунер, 1981; Страшная, 1993; Страшная, 2005; Уланова, 2000).

Гидротермический коэффициент увлажнения. В России и раньше предпринимались попытки создания простых индексов засушливости, прямо или косвенно отражающих значение испарения в возникновении почвенной засухи. Наиболее распространенным и широко применяемым в метеорологических исследованиях индексом является гидротермический коэффициент увлажнения Г. Т. Селянинова (ГТК), представляющий собой отношение суммы осадков за период не менее месяца (Σос) к сумме температур выше 10 °С за этот же период (ΣТ), уменьшенной в 10 раз (ГТК = Σос/0,1 ΣТ) (Селянинова, 1928). Этот коэффициент увлажнения используют в качестве основного показателя для оценки интенсивности атмосферных засух применительно к зерновым культурам.

Классификация зон увлажнения по ГТК: влажная – 1,6–1,3; слабо засушливая – 1,3–1,0; засушливая – 1,0–0,7; очень засушливая – 0,7–0,4; сухая – <0,4. Колебания значений ГТК для зон неустойчивого увлажнения значительны и связаны с неравномерностью выпадения осадков.

Средняя многолетняя величина ГТК южной зоны Ростовской области составляет 0,70–0,72 (засушливый). В таблице приведен расчет ГТК на примере метеоусловий Зерноградского района Ростовской области (южная зона) за период 2001–2015 гг. Гидротермический коэффициент увлажнения за осенний период в среднем составил 0,13–0,17 (сухой). Сев озимых, развитие и рост за рассматриваемые годы проходили в условиях сильной засухи. ГТК весеннего периода в среднем составил 1,22 (слабо засушливый период). В апреле ГТК составил 1,40, что является оптимальным увлажнением для роста и развития сельскохозяйственных растений. В мае количество осадков существенно сократилось, ГТК составил 0,60. Такие погодные явления характеризуются как очень засушливые (табл. 1).

1. Гидротермический коэффициент увлажнения (по данным метеостанции «Зерноград»)
1. Hydrothermal humidity factor according to the weather station "Zernograd"

Период	Годы														Среднее
	2001–2002	2002–2003	2003–2004	2004–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008	2008–2009	2009–2010	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015	
Сентябрь	0,16	0,00	0,07	0,03	0,00	0,11	0,09	0,23	0,40	0,10	0,12	0,02	0,18	0,09	0,13
Октябрь	0,07	0,00	0,04	0,13	0,14	0,13	0,09	0,15	0,03	0,08	0,28	0,08	0,26	0,15	0,15
Ноябрь	0,19	0,00	–	0,11	–	0,14	0,07	0,10	–	0,12	–	0,02	0,03	–	0,17
Осень	0,36	0,65	0,22	0,27	0,21	0,36	0,25	0,46	0,53	0,29	0,50	0,11	0,45	0,30	0,35
Апрель	0,0	0,67	1,74	0,94	0,75	1,21	1,49	1,77	1,43	5,30	1,03	0,39	1,29	7,69	1,40
Май	0,24	0,05	0,45	0,41	0,91	0,32	0,49	0,86	1,20	0,51	0,92	0,30	0,70	1,13	0,60
Весна	0,12	0,36	1,09	0,68	0,83	0,77	0,99	1,32	1,31	2,91	0,97	0,35	0,99	4,41	1,22
Июнь	1,15	0,18	0,80	0,63	1,48	0,26	0,21	0,24	0,04	0,75	0,10	0,28	0,48	0,89	0,50
Июль	0,14	0,45	0,32	0,24	0,02	0,09	0,37	0,27	0,18	0,10	0,12	0,20	0,09	0,16	0,20
Август	0,19	0,24	0,15	0,07	0,00	0,05	0,07	0,12	0,10	0,13	0,14	0,19	0,03	0,05	0,11
Лето	0,49	0,29	0,42	0,31	0,50	0,13	0,21	0,21	0,11	0,33	0,12	0,22	0,20	0,37	0,28
За вегетацию IV–VIII	0,90	0,73	1,10	0,80	1,16	0,39	0,78	0,72	0,72	0,70	0,71	0,62	0,62	1,13	0,78

Гидротермический коэффициент увлажнения летнего периода составил в среднем 0,28 (сухой). В июне ГТК составил 0,50 (очень засушливый); в июле – 0,20; в августе – 0,11 (сухой). Наибольшее влияние засухи на растения отмечается в фазу колошения – цветения. Неблагоприятные условия в этот период приостанавливают увеличение вегетативной массы, снижают прирост корней и вызывают щуплость зерна. Такие неблагоприятные условия сложились за весь изучаемый период (май – июнь). За рассмотренный период гидротермический коэффициент в среднем за вегетацию составил 0,78. Таким образом, за изучаемый период 2001–2015 гг. условия для роста и развития сельскохозяйственных растений были неблагоприятными.

Основным лимитирующим фактором, ограничивающим устойчивый рост урожайности полевых культур в зоне неустойчивого увлажнения, является влага. По данным ФГБНУ «АНЦ «Донской», суммарный расход воды посевами (на урожай и испарение) очень велик. Так, озимая пшеница по пару расходует 5210–5430 т с 1 га, по непаровым предшественникам – 4580–4960 т; яровой ячмень – 1844–2477 т; кукуруза – 1932–2725 т. Общий расход воды на 1 ц зерна (коэффициент водопотребления) зависит в основном от уровня урожайности и погодных условий. По отдельным культурам он различен: озимая пшеница по пару расходует 92–167 т, по непаровым предшественникам больше – 124–577 т; яровой ячмень – 96–129 т; кукуруза на зерно – 86–100 т; кукуруза на силос – 13–17 т на 1 ц (Гриценко, 2005).

Количество осадков, выпавшее за период 2001–2015 гг., приведено на рисунке.

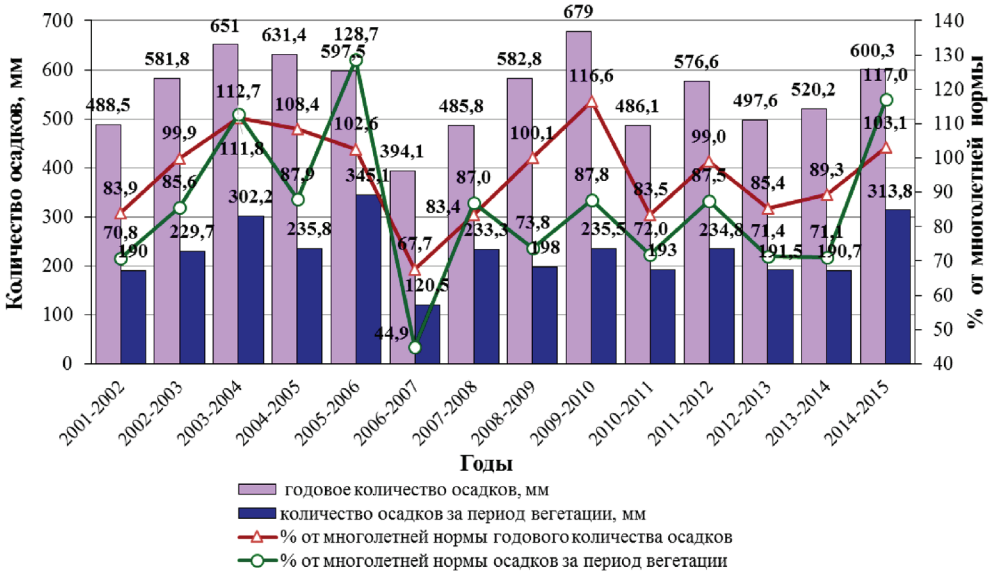

Рис. Количество осадков по данным метеостанции «Зерноград»
Fig. Precipitation amount according to the weather station "Zernograd"

В результате проведенного анализа наибольшее количество осадков, выпавших за сельскохозяйственный год, отмечено в 2003–2004, 2004–2005, 2009–2010 гг. и составило 651,0; 631,4; 679,0 мм, что выше средней многолетней нормы на 8,4; 12,7; 16,6% соответственно. Наименьшее количество осадков зафиксировано в 2006–2007 гг. – 394,1 мм в сравнении со средней многолетней нормой осадков (582,4 мм). Установлено, что за рассмотренный 14-летний период в течение 6 лет отмечалось выпадение осадков ниже средней многолетней нормы от 62,2 до 188,3 мм.

Выводы. Проведенный анализ метеорологических данных за 2001–2015 гг. показал, что данный период был засушливым (ГТК – 0,78), с отмечаемыми суховеями, атмосферной и почвенной засухой, высокой температурой почвы и воздуха. Все эти природные явления оказывают негативное влияние на рост и развитие растений. Следует отметить, что гидротермический коэффициент – это далеко не единственный показатель, играющий важную роль в растениеводстве. Необходимо учитывать и уровень залегания грунтовых вод, и водно-физические свойства почв, и агроэкологический потенциал сортов, а также используемые технологические мероприятия при возделывании сельскохозяйственных культур.

Библиографические ссылки

1. Алексеев А. М. Водный режим растений и влияние на него засухи. Казань: Татгосиздат, 1948. 355 с.
2. Бедрицкий А. И. О влиянии погоды и климата на устойчивость и развитие экономики // Метеорология и гидрология. 1997. № 10. С. 5–11.
3. Бучинский И. Е. Засухи и суховеи. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 214 с.
4. Гольдварг Б. А., Боктаев М. В., Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Влияние количества осадков в период вегетации на урожайность районированных сортов ярового ячменя в засушливой центральной зоне республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С. 14–17.
5. Гольдварг Б. А., Грициенко В. Г., Боктаев М. В. Влияние изменения климата на продуктивность зерновых культур в центральной зоне Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 17–20.
6. Гриценко А. А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930–2002 гг.). Ростов н/Д., 2005. 80 с.
7. Дроздов О. А. Засухи и динамика увлажнений. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 92 с.

8. Ефремова Н. И. Месячные количества атмосферных осадков. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 112 с.
9. Засухи [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://collectedpapers.com.ua/ru/agroclimatology/posuhi.
10. Клещенко А. Д. Современные проблемы мониторинга засух // Труды ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 3–13.
11. Косулина Л. Г., Луценко Э. К., Аксенова В. А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1993. 240 с.
12. Мещерская А. В. О показателе засух и урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология. 1988. № 2. С. 91–98.
13. Раунер Ю. Л. Климат и урожайность зерновых культур. М.: Наука, 1981. 163 с.
14. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.
15. Скворцова Ю. Г., Филенко Г. А., Фирсова Т. И. и др. Влияние водного стресса на посевные качества семян озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 6(54). С. 52–55.
16. Страшная А. И. Использование показателей увлажнения для оценки засушливости и прогноза урожайности зерновых культур в Поволжском экономическом районе // Труды ГМЦ РФ. 1993. Вып. 327. С. 15–22.
17. Страшная А. И., Коренкова Н. В. О засушливости в Среднем Поволжье и ее влиянии на урожайность яровой пшеницы // Труды Гидрометцентра России. 2005. Вып. 340. С. 25–34.
18. Уланова Е. С., Страшная А. И. Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Труды ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 64–83.
19. Шульмейстер К. Т. Борьба с засухой и урожай. М.: Колос, 1975. 336 с.

References

1. Alekseev A. M. Vodnyj rezhim rastenij i vliyanie na nego zasuhi [The water regime of plants and the drought effect on it]. Kazan': Tatgosizdat, 1948. 355 s.
2. Bedrickij A. I. O vliyanii pogody i klimata na ustojchivost' i razvitie ekonomiki [On the impact of weather and climate on the sustainability and development of the economy] // Meteorologiya i gidrologiya. 1997. № 10. S. 5–11.
3. Buchinskij I. E. Zasuhi i suhovei [Droughts and dry winds]. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 214 s.
4. Gol'dvarg B. A., Boktaev M. V., Filippov E. G., Doncova A. A. Vliyanie kolichestva osadkov v period vegetacii na urozhajnost' rajonirovannyh sortov yarovogo yachmenya v zasushlivoj central'noj zone respubliki Kalmykiya [The effect of precipitations during the growing season on the yield of zoned spring barley varieties in the arid central zone of the Republic of Kalmykia] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 5(65). S. 14–17.
5. Gol'dvarg B. A., Gricienko V. G., Boktaev M. V. Vliyanie izmeneniya klimata na produktivnost' zernovyh kul'tur v central'noj zone respubliki Kalmykiya [The impact of climate change on grain crop productivity in the central zone of the Republic of Kalmykia] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 2(62). S. 17–20.
6. Gricenko A. A. Agrometeorologicheskie usloviya v Zernogradskom rajone Rostovskoj oblasti (1930–2002 gg.) [Agrometeorological conditions in the Zernograd district of the Rostov region (1930–2002)]. Rostov n/D., 2005. 80 s.
7. Drozdov O. A. Zasuhi i dinamika uvlazhnenij [Droughts and moisture dynamics]. L.: Gidrometeoizdat, 1980. 92 s.
8. Efremova N. I. Mesyachnye kolichestva atmosfernyh osadkov [Monthly precipitation]. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 112 s.
9. Zasuhi [Droughts] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://collectedpapers.com.ua/ru/agroclimatology/posuhi.
10. Kleshchenko A. D. Sovremennye problemy monitoringa zasuh [Current problems of drought monitoring] // Trudy VNIISKHM. 2000. Vyp. 33. S. 3–13.
11. Kosulina L. G., Lucenko E. K., Aksenova V. A. Fiziologiya ustojchivosti rastenij k neblagopriyatnym faktoram sredy [Physiology of plant resistance to unfavorable environmental factors]. Rostov n/D.: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1993. 240 s.
12. Meshcherskaya A. V. O pokazatele zasuh i urozhajnosti zernovyh kul'tur [About drought and grain crop yields] // Meteorologiya i gidrologiya. 1988. № 2. S. 91–98.
13. Rauner Yu. L. Klimat i urozhajnost' zernovyh kul'tur [Climate and productivity of grain crops]. M.: Nauka, 1981. 163 s.
14. Selyaninov G. T. O sel'skohozyajstvennoj ocenke klimata [About agricultural climate assessment] // Trudy po sel'skohozyajstvennoj meteorologii. 1928. Vyp. 20. S. 165–177.
15. Skvorcova Yu. G., Filenko G. A., Firsova T. I. I dr. Vliyanie vodnogo stressa na posevnye kachestva semyan ozimoj pshenicy [The effect of water stress on the sowing qualities of winter wheat seeds] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 6(54). S. 52–55.
16. Strashnaya A. I. Ispol'zovanie pokazatelej uvlazhneniya dlya ocenki zasushlivosti i prognoza urozhajnosti zernovyh kul'tur v Povolzhskom ekonomicheskom rajone [The use of moisture indicators to assess aridity and forecast grain crop yields in the Volga economic region] // Trudy GMC RF. 1993. Vyp. 327. S. 15–22.
17. Strashnaya A. I., Korenkova N. V. O zasushlivosti v Srednem Povolzh'e i ee vliyanii na urozhajnost' yarovoj pshenicy [On the aridity in the Middle Volga region and its effect on spring wheat productivity] // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2005. Vyp. 340. S. 25–34.
18. Ulanova E. S., Strashnaya A. I. Zasuhi v Rossii i ih vliyanie na urozhajnost' zernovyh kul'tur [Droughts in Russia and their impact on grain crop productivity] // Trudy VNIISKHM. 2000. Vyp. 33. S. 64–83.
19. Shul'mejster K. T. Bor'ba s zasuhoj i urozhaj [Drought fight and yield]. M.: Kolos, 1975. 336 s.

Поступила: 10.09.19; принята к публикации: 14.10.19.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ионова Е. В. – концептуализация исследования; Лиховидова В. А. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных; Ионова Е. В. – анализ данных и их интерпретация; Лобунская И. А. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.