

3
НОМЕР

БОИЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>



2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



2017

УЧРЕДИТЕЛИ

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© А.А. Неверов, 2017

УДК: 004.94:551.58:633.171:631.559/470.56

А.А. Неверов

РОЛЬ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОСТОЧНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРЖЬЯ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ ПРОСА

Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Оренбург, Россия

Цель. Разработать математические модели связи урожайности зерна проса с погодно-климатическими условиями восточной зоны Оренбургской области.

Материалы и методы. Для решения поставленных задач была использована информация длительных рядов урожайности проса Адамовского района Оренбургской области (1935-2016 гг.), а так же материалы агрометеорологических бюллетеней Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция - п. Адамовка). Применялись методы многомерного регрессионного анализа.

Результаты. Впервые разработаны математические модели связи: тренда урожайности проса с климатическими факторами и урожайности с погодными факторами Адамовского района Оренбургской области.

Заключение. В последние три десятилетия наблюдаются негативные тенденции изменения климата: снизилось количество осадков в апреле, повысилась температура воздуха в июле и, особенно, в августе, в результате чего произошло снижение урожайности проса с 9,5 до 7 центнера с 1 га по линии тренда.

Ключевые слова: климат, тенденция, температура, осадки, сельскохозяйственная культура, просо, урожайность, регрессия.

A.A. Neverov

THE ROLE OF CLIMATIC FACTORS IN EASTERN ZONE IN ORENBURG REGION FOR THE FORMATION OF A CROP OF MILLET

Orenburg scientific research Institute of agriculture, Orenburg, Russia

Objective. To develop mathematical models of the relationship of grain yield of millet with the weather and climatic conditions of the Eastern zone of Orenburg region.

Materials and methods. To solve the set tasks were used the information of long series of yield of millet adamovsky district of Orenburg region (1935-2016.), as well as materials of agrometeorological bulletins of the Orenburg regional center for Hydrometeorology and environmental monitoring (weather station - p. Adamivka). We have applied the methods of multivariate regression analysis.

Results. First developed a mathematical model of communication: trend in the yield of millet with climatic factors and crop yields and weather factors in adamovsky district of Orenburg region.

Conclusion. In the last three decades, there are negative trends of climate change: decreased rainfall in April, increased air temperature in July and especially in August, resulting in decreased productivity from 9.5 to 7 tons per 1 ha for the trend line.

Key words: climate, trend, temperature, precipitation, agricultural crop, millet, yield, regression.

Введение

Создание компьютерных моделей продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от погодных факторов за длительный период времени в различных зонах Оренбургской области в условиях недостаточного увлажнения имеет важное значение для долгосрочного прогнозирования урожайности по детерминирующим урожай факторам. В наших ранее опубликованных работах [1-7], представлены принципы моделирования и прогнозирования как самой урожайности, так и факторов её определяющих. В свою очередь, это позволяет земледельцу заблаговременно за 10-12 месяцев принимать управленческие решения по оптимизации агротехнологий.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач использована информация длительных временных рядов урожайности проса Адамовского района Оренбургской области (1935-2016 гг.), а так же материалы агрометеорологических бюллетеней Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция – п. Адамовка). Применялись методы многомерного регрессионного анализа программы «Statistica» и «NCSS». В качестве независимых переменных определены осадки, температура воздуха: среднесуточная, максимальная и минимальная, дефицит влажности воздуха. Показатели погодных условий рассчитывались по декадам и месяцам, а также использовались их преобразованные значения за различные периоды сельскохозяйственного года – интегральные значения, обратная функция, логарифмирование, а также квадратичная форма предиктантов.

Для расчёта тренда и отклонений от него использовался метод гармонических весов в авторской программе «Prognostics v.5»

Результаты и обсуждение

Нами установлено, что наблюдаемое распределение осадков чаще всего имело характер экспоненты, причём наибольшая их частота приходилась на минимальные значения и только после преобразования предикторов через функцию натурального логарифмирования их распределение приближалось к нормальному виду (рис. 1 и 2).

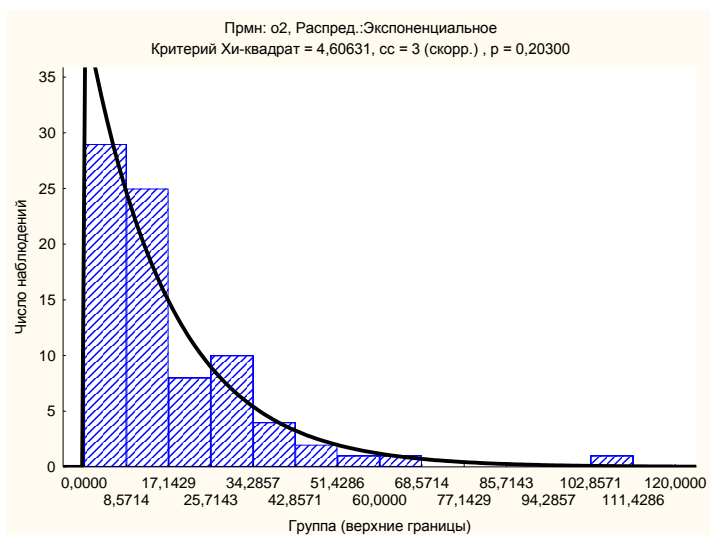


Рис. 1. Фактическое распределение осадков февраля в Адамовском районе за период 1935-2016 гг.

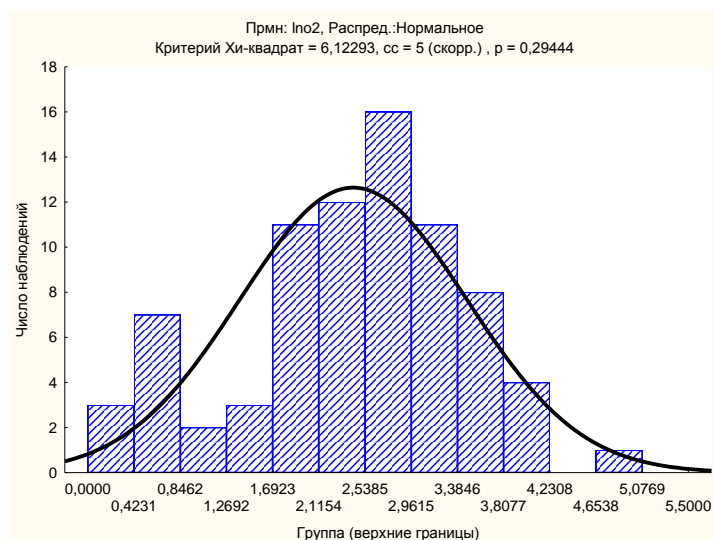


Рис. 2. Приведение распределения осадков февраля к нормальному виду после логарифмирования.

Такое же преобразование для нормального распределения было сделано для урожайности проса путем использования показателя отношения урожайности к тренду вместо его абсолютного значения (рис. 3-4).

Проведенный пошаговый регрессионный анализ в программе NCSS, а также графическое построение зависимостей в программе Statistica 6.1 позволили отобрать наиболее значимые в данных условиях региона факторы погоды, детерминирующие урожайность проса и определить силу воздействия и долю влияния каждого фактора на результативный признак.

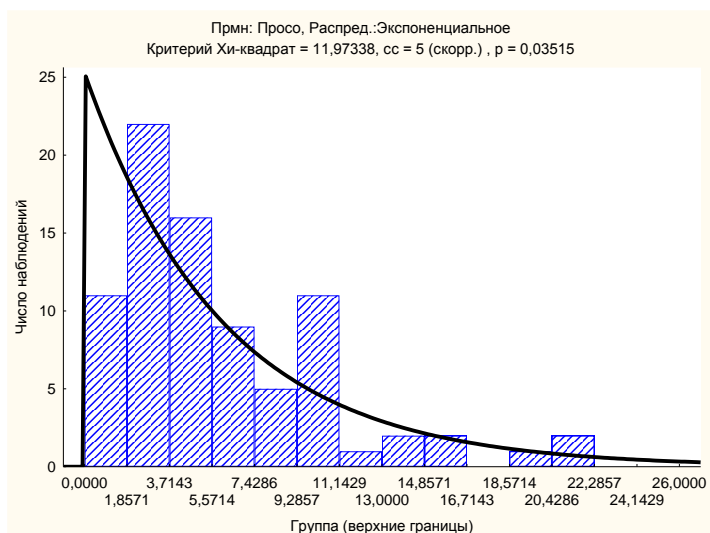


Рис. 3. Фактическое распределение урожайности проса в Адамовском районе за 1935-2016 гг.

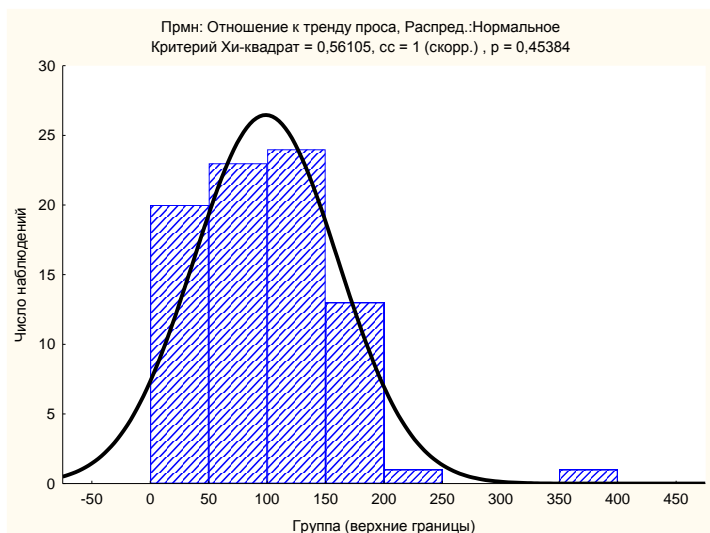


Рис. 4. Приведение распределения урожайности проса к нормальному виду через использование отношения урожайности к тренду.

Полученная регрессионная модель связи урожайности проса с погодными условиями объясняет 85% вариации урожайности за период наблюдений – 1940-2016 гг. (табл. 1).

Все параметры модели значимы и достоверны на высоком уровне, в ней присутствуют факторы температуры и дефицита влажности воздуха, а также осадки за различные периоды времени вегетационного и предвегетационного периодов.

Таблица 1. Влияние погодных условий на урожайность проса (1940-2016 гг.)

Предикторы	Стандартизованный β коэффициент регрессии	Доля влияния фактора - Δ - коэффициент, %	Регрессия		
			Коэффициенты регрессии	T - критерий	P - уровень
Начальная ордината	-	-	-183,28	-2,5	0,016
Температура воздуха 2-й дек. января, °С	-0,28	1,2	-3,497	-3,8	0,000
Температура воздуха 2-й дек. февраля, °С	0,14	0,3	1,856	2,2	0,036
Температура воздуха 2-ой дек. мая, °С	-0,27	3,5	-5,371	-3,8	0,000
Температура воздуха 3-ей дек. мая, °С	0,23	1,0	4,758	3,6	0,001
Температура воздуха 2-ой дек. августа, °С	0,89	0,2	21,331	6,6	0,000
Осадки 2-ой дек. января, мм	-0,32	0,1	-3,093	-3,4	0,001
Осадки января, мм	0,76	2,3	3,633	3,8	0,000
Осадки января (натур. логарифм), мм	-0,55	0,2	-48,904	-2,8	0,007
Осадки 1 дек. марта, мм	0,30	2,5	2,868	4,6	0,000
Осадки апреля (натур. логарифм), мм	0,30	1,8	25,295	4,8	0,000
Осадки 2-ой дек. июля, мм	0,20	8,1	0,911	3,2	0,003
Осадки 3-ей дек. сентября, мм	-0,49	2,3	-3,776	-6,9	0,000
Дефицит вл. воздуха 2-ой дек. августа, мб	-0,77	14,0	-11,761	-5,1	0,000
Температура воздуха 1-й дек. ноября пр. г., °С	-0,42	2,1	-7,007	-6,1	0,000
Темп. воздуха 2-ой дек. ноября пр. г., °С	0,52	15,3	8,355	6,9	0,000
Осадки 1-ой дек. ноября пр.г., мм	-0,50	3,9	-3,328	-5,9	0,000
Осадки ноября пр.г., мм	0,39	5,7	1,518	4,5	0,000
Дефицит вл. воздуха 3-ой дек. августа пр.г., мб	0,45	16,2	8,043	7,0	0,000
Дефицит вл. воздуха августа пр.г., мб	-0,34	4,6	-7,685	-3,7	0,001
Коэффициент детерминации - $R^2 = 0,85$; Критерий $F(18,45) = 13,7$; Станд. ошибка оценки - $\pm 28\%$					

Из 19 предикторов, вошедших в модель, наиболее сильное воздействие на изменчивость урожайности проса оказали погодные условия второй декады августа: температура воздуха (стандартизованный коэффициент 0,89) и дефицит влажности воздуха -0,77, причём последний фактор погоды имел высокую частоту влияния на урожай проса – 14% из всего набора погодных факторов текущего года.

Просо является поздней яровой культурой, поэтому закономерно сильное влияние погодных условий второй половины лета на формирование её продуктивности. Однако для условий Адамовского района чаще других погодных факторов на урожайность проса оказывали влияние факторы, пред-

шествующие вегетации культуры, то есть условия прошлых лет, в частности условия августа и ноября прошлого года, которые определили долю вариации урожайности в 47,8% случаев. В этом перечне чаще других имели преимущество дефицит влажности воздуха 3-ей декады августа – 16,2% и температура воздуха 2-ой декады ноября – 15,3%.

Средняя урожайность проса за период с 1935 по 2016 годы составила 6,0 ц с 1 га, при колебаниях от 0,4 до 22,0 ц с 1 га (табл. 2).

Таблица 2. Описательная статистика предикторов регрессионной модели проса (1935-2016 гг.)

Предикторы	Число наблюдений	Среднее	Минимум	Максимум	Стд. откл.	K _v
Урожайность проса, ц с 1 га	82	6,0	0,4	22,0	4,7	78,3
Отношение урожайности проса к тренду, %	82	98,9	6,2	399,0	61,8	62,5
Температура воздуха 2-й дек. января, °С	77	-14,8	-26,5	-3,9	5,1	34,5
Температура воздуха 2-й дек. февраля, °С	77	-15,0	-28,5	-2,0	5,2	34,7
Температура воздуха 2-ой дек. мая, °С	77	13,9	1,4	19,1	3,4	24,5
Температура воздуха 3-ей дек. мая, °С	77	16,0	9,2	24,0	3,1	19,4
Температура воздуха 2-ой дек. августа, °С	77	19,7	13,0	26,5	2,6	13,2
Осадки 2-ой дек. января, мм	75	6,4	0,0	28,0	6,3	98,4
Осадки января, мм	81	18,0	1,0	55,0	13,3	73,9
Осадки января (натур. логарифм), мм	81	2,6	0,0	4,0	0,9	34,6
Осадки 1 дек. марта, мм	75	4,4	0,0	33,0	6,2	140,9
Осадки апреля (натур. логарифм), мм	81	2,8	0,0	4,1	0,8	28,6
Осадки 2-ой дек. июля, мм	75	14,6	0,0	92,4	16,3	111,6
Осадки 3-ей дек. сентября, мм	75	5,9	0,0	40,0	8,4	142,4
Дефицит вл. воздуха 2-ой дек. августа, мб	66	11,8	5,0	23,0	4,1	34,7
Температура воздуха 1-й дек. ноября пр. г., °С	77	-2,3	-11,8	5,0	3,8	165,2
Температура воздуха 2-ой дек. ноября пр. г., °С	76	-4,6	-16,2	2,9	3,9	84,8
Осадки 1-ой дек. ноября пр.г., мм	72	8,6	0,0	40,6	9,3	108,1
Осадки ноября пр.г., мм	80	22,8	0,0	63,0	15,9	69,7
Дефицит вл. воздуха 3-ой дек. августа пр.г., мб	65	9,9	4,0	17,9	3,5	35,4
Дефицит вл. воздуха августа пр.г., мб	66	11,0	6,3	18,1	2,8	25,5

Значительную вариабельность, более 100% значения коэффициента вариации, среди предикторов модели показали: температура воздуха 1-ой декады ноября – 165,2%, осадки 3-ей декады сентября прошлого года – 142,4%, осадки 1-ой декады марта – 140,9%, осадки 2-ой декады июля – 111,6% и осадки 1-ой декады ноября – 108,1%.

Нами установлено, что в многолетнем периоде тренд урожайности проса существенно (78,6% объяснённой дисперсии) зависел от осадков 2-ой де-

кады апреля (табл. 3, рис. 5).

Таблица 3. Зависимость тенденции урожайности проса от климатических факторов (1940-2016 гг.)

Предикторы	Доля влияния фактора - Δ - коэффициент, %	Коэффициенты регрессии	Критерий Стьюдента	р-уровень достоверности
Начальная ордината	-	-59,0	-15,3	0,000
Тренд осадков 2-ой декады апреля, мм	78,6	0,366	24,7	0,000
Тренд температуры воздуха июля, °С	6,3	4,074	16,1	0,000
Тренд температуры воздуха августа, °С	10,3	-1,156	-12,8	0,000
Коэффициент детерминации - $R^2 = 0,96$; Критерий F (3,66) = 488,3; Станд. ошибка оценки - $\pm 0,43$ ц с 1 га				

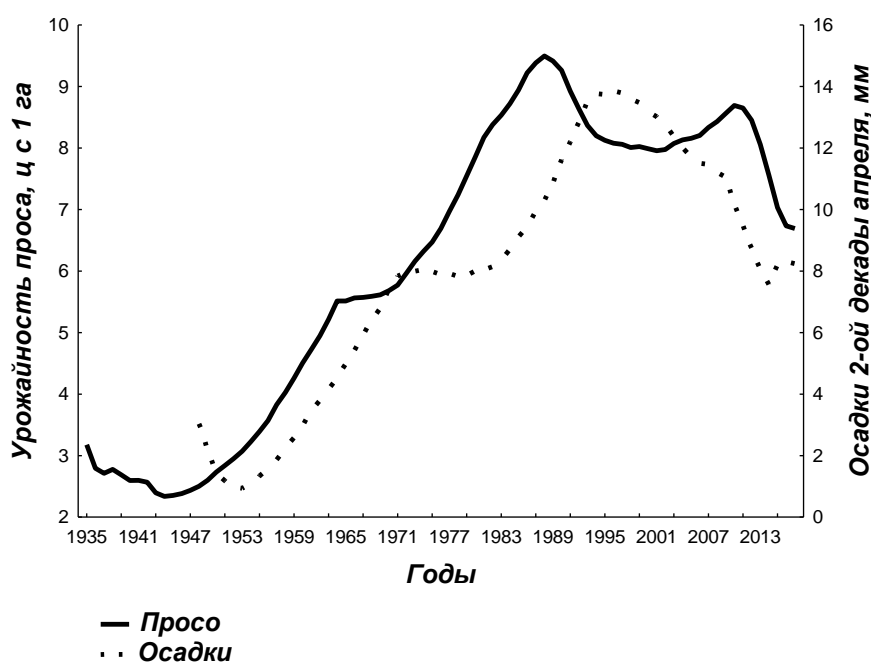


Рис. 5. Влияние тренда осадков 2-ой декады апреля на тенденцию урожайности проса (1935-2016 гг.).

Наряду с атмосферным увлажнением в апреле существенное влияние на тенденцию урожайности проса оказали тенденции изменения среднесуточной температуры воздуха в июле – 6,3% и августе – 10,3% (рис. 6), что характерно для поздних яровых культур в соответствии с их биологическими особенностями.

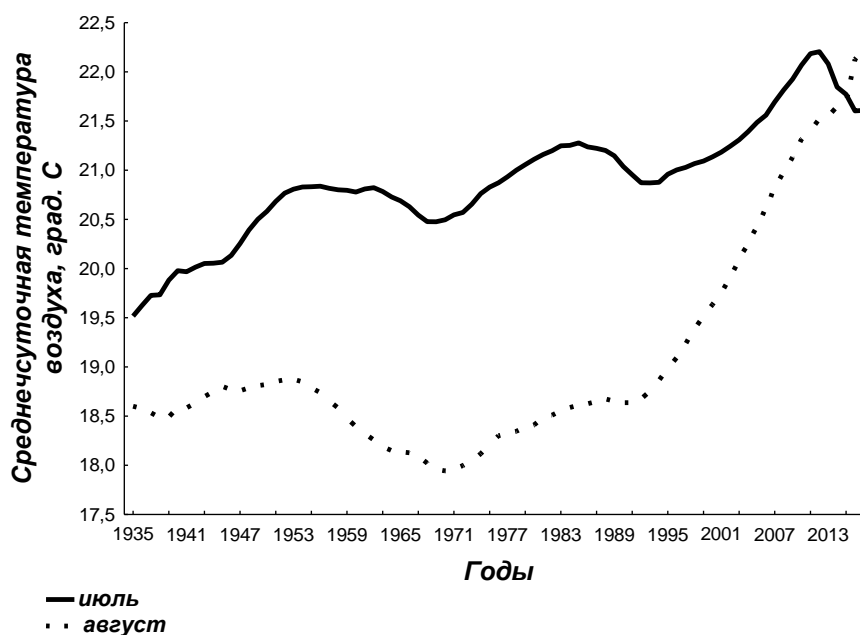


Рис.6. Тенденции изменения среднесуточной температуры воздуха в июле и августе (1935-2016 гг.).

Особенно значительные изменения произошли в августе: за последние тридцать лет среднесуточная температура воздуха выросла с 18,5°С до 21,5°С по линии тренда. В настоящее время температура августа достигла июльских значений и, вероятно, в ближайшее будущее по максимальной температуре воздуха август станет самым тёплым месяцем в Адамовском районе, аналогично тенденции, описанной нами ранее по центральной зоне Оренбургской области [2-4].

Известно, что в условиях недостаточного атмосферного увлажнения в Оренбуржье любое повышение температуры воздуха в летний период приводит к снижению урожайности зерновых культур [4]. Видимо, по этой причине рост температуры воздуха в августе способствовал снижению продуктивности проса.

Заключение

В условиях Адамовского района наиболее сильное воздействие на изменчивость урожая проса оказывают погодные условия второй декады августа: температура и дефицит влажности воздуха, причём последний фактор имеет высокую долю влияния на урожай проса – 14% из всего набора погодных факторов текущего года. Урожайность проса существенно зависит от факторов, предшествующих вегетации культуры, то есть условий прошлых лет, прежде всего, условия августа и ноября прошлого года, которые опреде-

ляют долю вариации урожайности в 47,8% случаев. При этом значительное влияние на тенденцию урожайности проса оказывал тренд осадков второй декады апреля 78,6%.

В последние три десятилетия наблюдаются негативные тенденции изменения климата: снизилось количество осадков в апреле, повысилась температура воздуха в июле и, особенно, в августе, в результате чего произошло снижение урожайности проса с 9,5 до 7 центнера с 1 га по линии тренда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неверов А.А. Современные тенденции изменения урожайности зернофуражных культур в Оренбургской области. Вестник мясного скотоводства. 2014. 3(86): 125-130.
2. Неверов А.А. Современные тенденции изменения климата в Оренбургской области. Вестник мясного скотоводства. 2015. 1 (89): 117-121.
3. Неверов А.А. Влияние погодноклиматических условий на формирование урожая ячменя в центральной зоне Оренбургской области (цикл статей по теме «Исследования методами нейросетевого анализа влияния региональных изменений климата на продуктивность агрофитоценозов»). Вестник мясного скотоводства. 2015. 2 (90): 114-118.
4. Неверов А.А. Математическое моделирование связей урожая озимой ржи с погодноклиматическими условиями в центральной зоне Оренбургской области (цикл статей по теме «Исследования методами нейросетевого анализа влияния региональных изменений климата на продуктивность агрофитоценозов»). Вестник мясного скотоводства. 2015. 3(91): 125-131.
5. Тихонов В.Е., Неверов А.А. Прогноз предикторов многомерной модели урожайности яровой пшеницы для оценки неблагоприятных условий вегетации: времени их наступления, интенсивности и продолжительности. Бюллетень Оренбургского научного центра УРО РАН. 2015. 3: 1-13. [Электр. ресурс] (URL: [http:// elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-3/Articles/VET-AAN-2015-3.pdf](http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-3/Articles/VET-AAN-2015-3.pdf)).
6. Тихонов В.Е., Неверов А.А., Кондрашова О.А. Методология долгосрочного прогнозирования урожайности. Оренбург: ООО «Агентство «Пресса», 2014. 157 с.
7. Тихонов В.Е., Неверов А.А. Прогнозирование предстоящих метеорологических условий вегетации и урожайности зерновых культур в сухостепной зоне Предуралья. Российская сельскохозяйственная наука. 2017. 3: 21-25.

Поступила 21.08.2017

(Контактная информация: Неверов Александр Алексеевич - кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Оренбургский НИИ сельского хозяйства. Россия, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1; моб. тел. 8-922-621-72-36; e-mail: nevalex2008@yandex.ru)

LITERATURA

1. Neverov A.A. Sovremennye tendencii izmenenija urozhajnosti zernofurazhnyh kul'tur v Orenburgskoj oblasti. Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2014. 3(86): 125-130.
2. Neverov A.A. Sovremennye tendencii izmenenija klimata v Orenburgskoj oblasti. Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2015. 1 (89): 117-121.
3. Neverov A.A. Vlijanie pogodnoklimaticheskikh uslovij na formirovanie urozhaja jachmenja v central'noj zone Orenburgskoj oblvasti (cikl statej po teme «Issledovanija metodami nejrosetevogo analiza vlijanija regional'nyh izmenenij klimata na produktivnost'»).

- аgrofitocenozov»). Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2015. 2 (90): 114-118.
4. Neverov A.A. Matematicheskoe modelirovanie svjazej urozhaja ozimoj rzhii s pogodno-klimaticheskimi uslovijami v central'noj zone Orenburgskoj oblasti (cikl statej po teme «Issledovanija metodami nejrosetevogo analiza vlijanija regional'nyh izmenenij klimata na produktivnost' agrofitocenozov»). Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2015. 3(91): 125-131.
 5. Tihonov V.E., Neverov A.A. Prognoz prediktorov mnogomernoj modeli urozhajnosti jarovoj pshenicy dlja ocenki neblagoprijatnyh uslovij vegetacii: vremeni ih nastuplenija, intensivnosti i prodolzhitel'nosti. Bjulleten' Orenburgskogo nauchnogo cen-tra URO RAN. 2015. 3: 1-13. (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-3/Articles/VET-AAN-2015-3.pdf>).
 6. Tihonov V.E., Neverov A.A., Kondrashova O.A. Metodologija dolgosrochnogo prognozirovanija urozhajnosti. Orenburg: ООО «Agentstvo «Pressa», 2014. 157 s.
 7. Tihonov V.E., Neverov A.A. Prognozirovanie predstojashhij meteorologicheskij uslovij vegetacii i urozhajnosti zernovyh kul'tur v suhostepnoj zone Predural'ja. Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka. 2017. 3: 21-25.

Образец ссылки на статью:

Неверов А.А. Роль погодно-климатических факторов восточной зоны Оренбуржья в формировании урожая проса. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. 3: 9с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-3/Articles/AAN-2017-3.pdf>).