

1  
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

On-line версия журнала на сайте

<http://www.elmag.uran.ru>

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



Павлейчик В.М.

2018

УЧРЕДИТЕЛИ

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН

ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© А.А. Неверов, 2018

УДК: 004.94:551.58:633.171:631.559/470.56

*А.А. Неверов*

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МОДЕЛИ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРЖЬЯ**

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

*Цель.* Разработать альтернативные модели прогнозирования урожайности зерновых культур для повышения точности прогноза.

*Материалы и методы.* Прогнозирование урожайности осуществлялось на основе метода остаточных отклонений урожайности от тренда в совокупности с методом наложения эпох в авторской программе Prognostics. В качестве вариантов использовались две различные матрицы программы, созданные автором: первая на основе квазицикличности, т.е. эпох или циклов, которые описаны и изучены различными исследователями; основу второй матрицы составили циклы изменения положения космических тел относительно Земли, а также периодически меняющееся положение центра масс Солнечной системы.

*Результаты.* Получены альтернативные модели долгосрочного прогнозирования урожайности озимой ржи в Оренбургском районе Оренбургской области на 2018 год с показателями урожайности 9,0 и 13,3 ц с 1 га.

*Заключение.* Многолетний опыт долгосрочного прогнозирования урожайности полевых культур позволяет сделать вывод о необходимости разработки новых методов, что будет способствовать улучшению качества прогноза.

*Ключевые слова:* прогноз, урожайность, временной ряд, планеты, метод наложения эпох, циклы, центр масс Солнечной системы.

---

---

*A.A. Neverov*

## **ALTERNATIVE MODELS OF LONG-TERM FORECASTING GRAIN YIELD FOR THE STEPPE ZONE OF THE ORENBURG REGION**

Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of RAS, Orenburg, Russia

*Purpose.* To develop alternative models of forecasting of productivity of grain crops to improve forecast accuracy.

*Materials and methods.* Prediction of yield was carried out based on the method of residual deviations of productivity from trend in aggregate with the method of superposition of epochs in the author's program Prognostics. As variants, we used two different matrix program, created by the author: first on the basis of quasicycles, i.e. epochs or cycles that have been described and studied by various researchers; the basis of the second matrix made up of the cycles of change of the position of celestial bodies relative to the Earth, and periodically changing the position of the center of mass of the Solar system.

*Results.* Alternative model of long-term forecasting the yield of winter rye in the Orenburg district of Orenburg region in 2018, with yields of 9.0 and 13.3 quintals 1 hectare were obtained.

*Conclusion.* Many years of experience in long-term forecasting of productivity of field cultures allows us to draw a conclusion about necessity of development of new methods that will improve the quality of the forecast.

*Key words:* forecast, productivity, time series, the planets, the method of superposition of epochs, cycles, the center of mass of the Solar system.

## **Введение**

В ранее опубликованных работах [1-6] нами показаны принципы, на которых основано долгосрочное прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур в условиях сухой степи Оренбургской области.

Временной ряд урожайности несёт в себе скрытую информацию о периодичности (цикличности) планетных процессов, развитие которых во времени приводит к изменению погодных условий в предвегетационный и вегетационный периоды, определяющих в свою очередь изменчивость продуктивности посевов. Задача исследователя состоит в нахождении детерминирующей суперпозиции циклов, которые определяют в конкретной географической точке продуктивность растений.

Ряд урожайности должен представлять собой однородную выборку, то есть посевы той или иной культуры должны равномерно распределяться в течение всего времени по определённой территории, уровень агротехники должен быть осреднённым, не должно быть революционных изменений, связанных с деятельностью человека и существенно изменяющих причинно-следственные связи между продуктивностью и погодными факторами. Для обозначенных задач на сегодняшний день лучше всего подходят ряды средней по административному району урожайности основных зерновых культур, которые выращиваются на достаточно больших площадях с более или менее постоянным уровнем агротехники [7-11]. Если происходят изменения в сортовом составе, в технологии выращивания культуры, то эти изменения отражаются в тренде, для анализа используются не сама урожайность, а её отклонения от тренда [1-3].

Показано, что природная цикличность погодных условий реально существует и зависит, прежде всего, от изменения солнечной активности, которая в свою очередь влияет на динамику атмосферных процессов на нашей планете. Солнечно-земные связи определяют как сезонность времён года, так и погодные аномалии. В свою очередь активность Солнца многими авторами рассматривается как следствие гравитационного взаимодействия космических тел Солнечной системы, для которого ключевым звеном является не масса тел, а момент количества движения [4-6].

Поскольку положение космических тел относительно Земли, прежде всего, планет и её спутника Луны, несложно вычислить, по известным формулам рассчитывается и положение центра масс Солнечной системы в любой

момент времени [1, 3, 5]. Опираясь на аксиому, что все космические тела между собой находятся в постоянном динамическом взаимодействии, в расчётах необходимо учитывать влияние, прежде всего, всей системы, а не только отдельных её элементов.

Однако имеет место и другая точка зрения о периодичности погодных изменений на планете, не отрицающая приоритета солнечной активности как генератора природных процессов, но постулирующая, что цикличность на Земле проявляется в иной форме за счёт различных флуктуаций [3, 5].

Нашей целью являлся сравнительный анализ двух альтернативных методов по решению задач долгосрочного прогнозирования урожайности зерновых культур.

### **Материалы и методы**

Для решения поставленных задач служила информация по средней урожайности озимой ржи Оренбургского района Оренбургской области (1934-2017 гг.). Прогнозирование урожайности осуществлялось на основе метода остаточных отклонений урожайности от тренда в совокупности с методом наложения эпох в авторской программе Prognostics. При этом в качестве вариантов использовались две различные матрицы программы, созданные автором: первая на основе квазицикличности, то есть эпох или циклов, которые были описаны и изучены различными исследователями в разное время, и проявление которых наблюдали на планете [3, 5]. Основу второй матрицы составили циклы изменения положения космических тел относительно Земли, а также периодически меняющееся положение центра масс Солнечной системы. Качество моделей оценивалось по комплексу показателей: относительная ошибка обучения и коэффициент детерминации, относительная ошибка тестовой выборки и внешний тест.

### **Результаты и обсуждение**

В таблице 1 представлен фрагмент модели долгосрочного прогноза урожайности озимой ржи по первому варианту на основе квазицикличности. Модель состоит из обучающей выборки за период 1934-1999 гг. и тестовой - 2000-2016 гг. с внешним тестом в 2017 году. Внешний тест в процессе обучения отсутствует и служит при последующей экстраполяции на 2018 год одним из критериев оценки качества модели.

В процессе аппроксимации подобраны циклы, размещённые внизу таблицы строкой, разделённые точкой с запятой. Автор оставляет за собой право

не открывать закодированные значения данных циклов. Качество тестовой выборки оценивалось по суммарной относительной ошибке отклонения прогнозного значения от фактического, ошибка по длине выборки составила 7,24%, прогноз урожайности зерна на 2018 год - 8,94 ц с 1 га.

*Таблица 1. Прогноз урожайности озимой ржи на 2018 год на основе квазицикличности*

Фаза скользящего осреднения тренда - 20 лет			Относительная ошибка, %
Период, годы	Уф, факт	Ур, модель	
1934	9,80	9,78	
1935	7,00	7,01	
1936	2,40	2,39	
1937	8,60	8,56	
...	...	...	...
1998	1,70	1,71	
1999	20,10	34,04	
<b>2000</b>	<b>17,00</b>	<b>17,01</b>	<b>0,07</b>
<b>2001</b>	<b>18,40</b>	<b>18,55</b>	<b>0,43</b>
<b>2002</b>	<b>18,10</b>	<b>15,27</b>	<b>5,49</b>
<b>2003</b>	<b>19,00</b>	<b>17,31</b>	<b>6,34</b>
<b>2004</b>	<b>10,00</b>	<b>10,14</b>	<b>5,36</b>
<b>2005</b>	<b>10,70</b>	<b>11,99</b>	<b>6,47</b>
<b>2006</b>	<b>8,90</b>	<b>8,84</b>	<b>5,64</b>
<b>2007</b>	<b>22,70</b>	<b>21,58</b>	<b>5,55</b>
<b>2008</b>	<b>19,30</b>	<b>16,43</b>	<b>6,58</b>
<b>2009</b>	<b>23,40</b>	<b>23,13</b>	<b>6,04</b>
<b>2010</b>	<b>1,30</b>	<b>1,30</b>	<b>5,49</b>
<b>2011</b>	<b>13,70</b>	<b>13,64</b>	<b>5,07</b>
<b>2012</b>	<b>10,80</b>	<b>10,91</b>	<b>4,76</b>
<b>2013</b>	<b>12,40</b>	<b>10,36</b>	<b>5,59</b>
<b>2014</b>	<b>14,10</b>	<b>12,56</b>	<b>5,94</b>
<b>2015</b>	<b>5,00</b>	<b>5,08</b>	<b>5,68</b>
<b>2016</b>	<b>17,00</b>	<b>17,00</b>	<b>5,34</b>
<b>2017</b>	<b>13,40</b>	<b>18,68</b>	<b>7,24</b>
<b>2018</b>		<b>8,94</b>	
19+18;31;11+12;5+6;14.18;10.2;29+30;19.85к;18.61Л;11.7;60.Ф;30+31;40;10.9 Ф;23;28;16;9;25.2к;2.26Ф;8+9;3+2(Л);6.66Ф;3.75Ф;3.24Ф;8.85Л;22+23;25.6;2.44Ф;37;			

На рисунке 1 для наглядности в графической форме показаны прогнозные значения урожайности тестируемого ряда в сравнении с фактическими за 2000-2017 гг. с прогнозом на 2018 год.

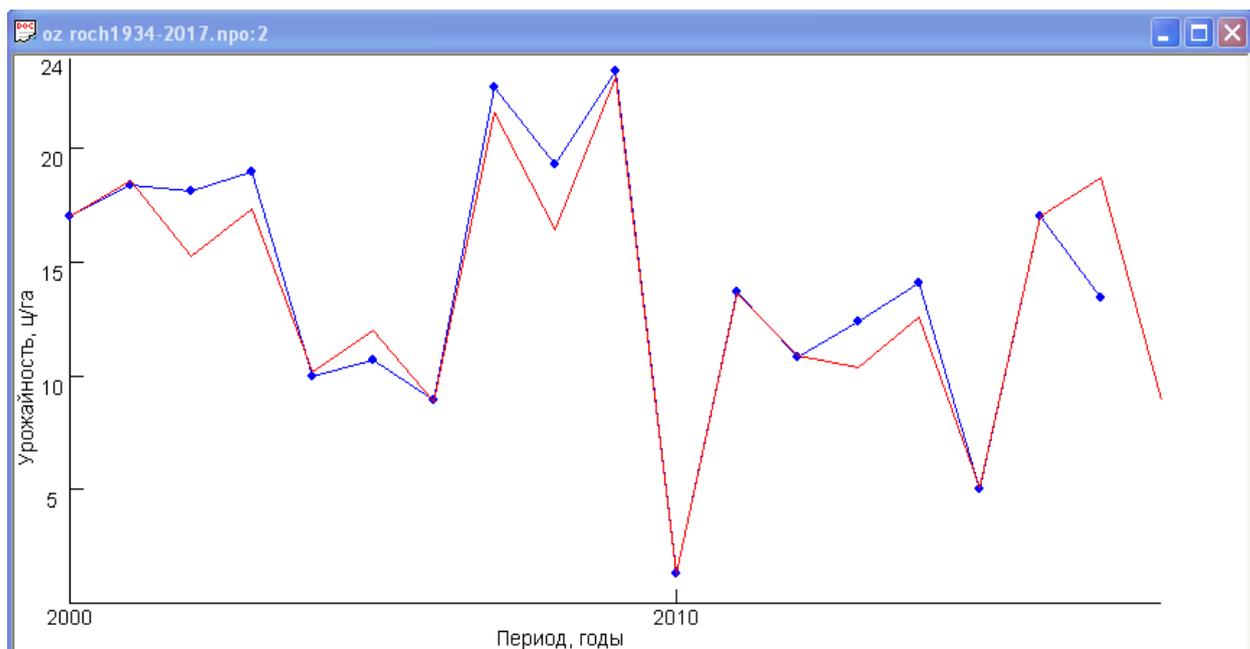


Рис. 1. Прогнозная и фактическая урожайность в тестовой выборке временного ряда озимой ржи на основе квазицикличности ( — факт; — прогноз)

Отклонение прогнозной величины урожая – 18,68 ц с 1 га по внешнему тесту в 2017 году от фактического значения – 13,4 ц с 1 га достигает 5,28 центнера, что можно считать существенным. Однако если судить по критериям, характеризующим качество обучаемой выборки: относительной ошибке модели (0,52%) и коэффициенту множественной детерминации равному 0,99, – то качество модели высокое.

По второму варианту на основе цикличности изменения положения космических тел и центра масс Солнечной системы модель прогнозирования урожайности выглядит несколько по-другому (табл. 2).

Относительная ошибка в тестовой выборке меньше первого варианта и составила 4,52%, прогнозное значение внешнего теста в 2017 году 15,56 ц с 1 га ближе к фактическому – 13,4 ц с 1 га.

Однако качество обучаемой выборки характеризуется большей относительной ошибкой модели – 12,7% и более низким значением коэффициента детерминации равного 0,89.

Прогноз по урожайности зерна озимой ржи также отличается от первого варианта и составляет 13,27 ц с 1 га.

Основу матрицы по второму варианту составляют циклы колебания барицентра Солнечной системы относительно Земли, представленные в виде лаговых переменных.

Таблица 2. Прогноз урожайности озимой ржи на 2018 год  
на основе цикличности планетно-солнечных связей

Фаза скользящего осреднения тренда - 20 лет			Относительная ошибка, %
Период, годы	Уф, факт	Ур, модель	
1934	9,80	9,43	
1935	7,00	6,49	
1936	2,40	2,25	
1937	8,60	6,82	
...	...	...	...
1998	1,70	4,57	
1999	20,10	18,21	
<b>2000</b>	<b>17,00</b>	<b>16,97</b>	<b>0,16</b>
<b>2001</b>	<b>18,40</b>	<b>16,85</b>	<b>4,30</b>
<b>2002</b>	<b>18,10</b>	<b>17,97</b>	<b>3,10</b>
<b>2003</b>	<b>19,00</b>	<b>19,03</b>	<b>2,37</b>
<b>2004</b>	<b>10,00</b>	<b>9,96</b>	<b>1,98</b>
<b>2005</b>	<b>10,70</b>	<b>11,59</b>	<b>3,03</b>
<b>2006</b>	<b>8,90</b>	<b>9,11</b>	<b>2,94</b>
<b>2007</b>	<b>22,70</b>	<b>22,76</b>	<b>2,61</b>
<b>2008</b>	<b>19,30</b>	<b>19,08</b>	<b>2,45</b>
<b>2009</b>	<b>23,40</b>	<b>23,31</b>	<b>2,24</b>
<b>2010</b>	<b>1,30</b>	<b>1,30</b>	<b>2,06</b>
<b>2011</b>	<b>13,70</b>	<b>13,47</b>	<b>2,03</b>
<b>2012</b>	<b>10,80</b>	<b>10,83</b>	<b>1,90</b>
<b>2013</b>	<b>12,40</b>	<b>8,74</b>	<b>3,87</b>
<b>2014</b>	<b>14,10</b>	<b>15,45</b>	<b>4,25</b>
<b>2015</b>	<b>5,00</b>	<b>4,95</b>	<b>4,05</b>
<b>2016</b>	<b>17,00</b>	<b>17,05</b>	<b>3,83</b>
<b>2017</b>	<b>13,40</b>	<b>15,56</b>	<b>4,52</b>
<b>2018</b>		<b>13,27</b>	

1.d1t;11.d1pt;5.д2л2;8.д1л1;m43;12.d2pt;1.д2л3;3.d3t;1.д3л2;1.d3t;3.d1t;2.д2л2;4.d1t;2.д1л1;1.d2t;6.д1л2;3.д2л3;12.д3л2;3.d2t;mr13;4.д2л1;v92p;2.д2л3;4.д1л1;l42;1.д2л1;l102p;9.d2t;l33;11.d2pt

Известно, что изменения в солнечной активности, вызванные перемещением космических тел (планет) и Солнца, проявляются с большим запаздыванием – до 11 и более лет. Кроме того на Земле необходимо учитывать запаздывание процессов, связанных с тепловой инерцией Мирового океана, и перемещения аккумулированной энергии посредством океанических течений.

Второй вариант матрицы программы в той или иной степени учитывает запаздывания, связанные с процессами трансформации энергии в космосе и на Земле. На рисунке 2 графически продемонстрировано соответствие прогнозной и фактической урожайности в тестовой выборке временного ряда

озимой ржи по второму варианту.

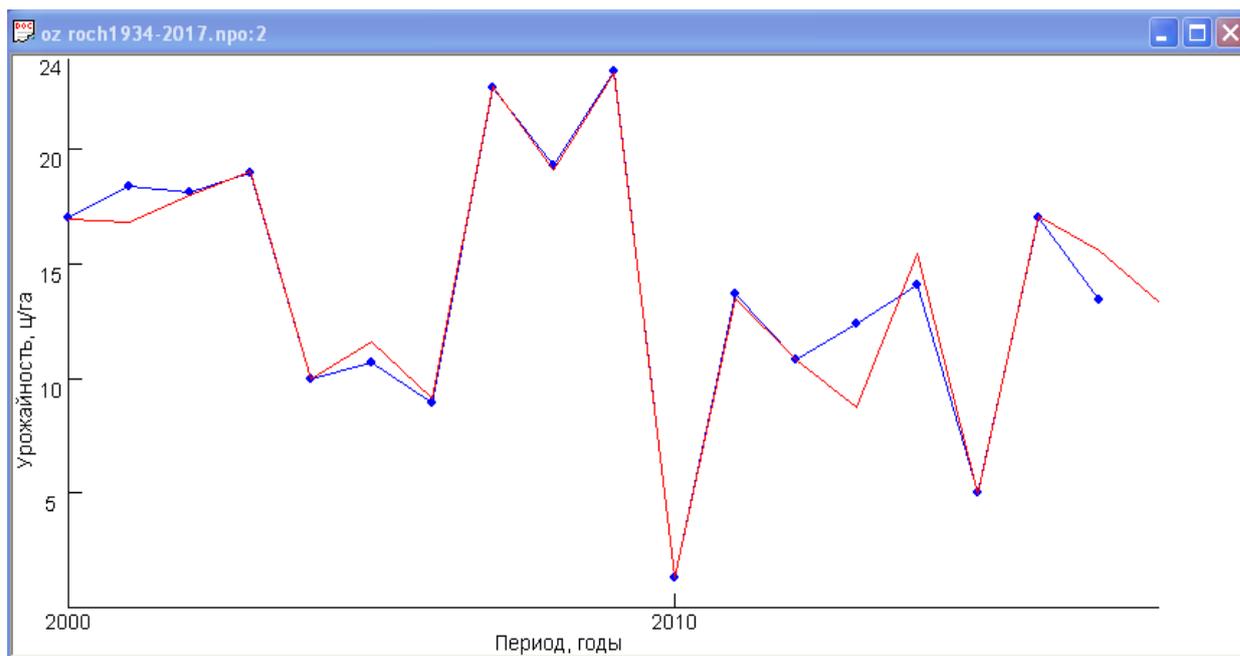


Рис. 2. Прогнозная и фактическая урожайность в тестовой выборке временного ряда озимой ржи на основе планетно-солнечных связей (\_\_\_ факт; \_\_\_ прогноз).

Очевидно, что в данном варианте точность прогнозирования выглядит лучше, за исключением 2013 года, когда фактическое значение урожая 12,4 ц с 1 га заметно отличалось от прогнозного – 8,74. Но поскольку прогнозирование осуществляется с помощью статистических методов, а физическую функциональную связь между процессами во Вселенной человечеству ещё предстоит найти, то ошибки прогнозирования неизбежны. Наша задача заключается в приведении их к минимуму, то есть отклонения прогноза от фактического значения должны находиться в пределах  $\pm 20\%$ .

### Заключение

Таким образом, по результатам исследования временного ряда получены альтернативные модели долгосрочного прогнозирования урожайности озимой ржи в Оренбургском районе Оренбургской области на 2018 г. с показателями урожайности 9,0 и 13,3 ц с 1 га, соответственно. Вариант моделирования на основе квазицикличности автором использовался ранее на протяжении 2011-2017 гг., а модель, учитывающая планетно-солнечные связи представлена впервые. Главными критериями оценки качества моделей могут служить только полученные фактические результаты по урожайности

озимой ржи в 2018 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов В.Е., Неверов А.А. Моделирование ожидаемой урожайности в степном Предуралье с учётом лаговых переменных и изменения расстояния от центра масс Солнечной системы до Земли. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2016. 1: 34-37.
2. 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>).
3. Тихонов В.Е., Неверов А.А., Кондрашова О.А. Методология долгосрочного прогнозирования урожайности. Оренбург: ООО «Агентство «Пресса», 2014. 157 с.
4. Тихонов В.Е., Неверов А.А. Долгосрочное прогнозирование урожайности полевых культур на основе фундаментальной цикличности солнечно-планетных связей. Достижения науки и техники АПК. 2017. 31 (4): 62-67.
5. Тихонов В.Е., Неверов А.А. Интегральные предикторы моделей долгосрочного прогнозирования урожайности для степного Предуралья. Аграрный вестник Юго-Востока. 2017. 1(16): 36-41.
6. Tikhonov V.E., Neverov A.A. Forecasting Upcoming Conditions of Vegetation and Grain-Crop in the Dry-Steppe Zone of the Pre-Ural Region. Russian Agricultural Sciences. 2017. 43 (4): 300-303.
7. Неверов А.А. Современные тенденции изменения урожайности зернофуражных культур в Оренбургской области. Вестник мясного скотоводства. 2014. 3(86): 125-130.
8. Неверов А.А. Современные тенденции изменения климата в Оренбургской области. Вестник мясного скотоводства. 2015. 1(89): 117-121.
9. Неверов А.А. Математическое моделирование связей урожая озимой ржи с погодно-климатическими 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.
10. 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>).
11. Неверов А.А. Влияние погодных факторов на продуктивность ячменя в восточной зоне Оренбургской области. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. 3: 8с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-3/Articles/NAA-2017-3.pdf>).

*Поступила 05.02.2018*

*(Контактная информация: Неверов Александр Алексеевич - кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»; адрес: Россия, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1; моб. тел. 8-922-621-72-36; e-mail: [neva-lex2008@yandex.ru](mailto:neva-lex2008@yandex.ru))*

---

---

## LITERATURA

1. Tihonov V.E., Neverov A.A. Modelirovanie ozhidaemoj urozhajnosti v stepnom Predural'e s uchjotom lagovyh peremennyh i izmenenija rasstojanija ot centra mass Solnechnoj sistemy do Zemli. Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. 2016. 1: 34-37.
2. 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. Bjul'ten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2015. 3: 1-13 [Jelekt. resurs] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-3/Articles/VET-AAN-2015-3.pdf>).
3. Tihonov V.E., Neverov A.A., Kondrashova O.A. Metodologija dolgosrochnogo prognozirovaniya urozhajnosti. Orenburg: OOO «Agentstvo «Pressa», 2014. 157 s.
4. Tihonov V.E., Neverov A.A. Dolgosrochnoe prognozirovanie urozhajnosti polevyh kul'tur na osnove fundamental'noj ciklichnosti solnečno-planetnyh svjazej. Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2017. 31 (4): 62-67.
5. Tihonov V.E., Neverov A.A. Integral'nye prediktory modelej dolgosrochnogo prognozirovaniya urozhajnosti dlja stepnogo Predural'ja. Agrarnyj vestnik Jugo-Vostoka. 2017. 1(16): 36-41.
6. Tikhonov V.E., Neverov A.A. Forecasting Upcoming Conditions of Vegetation and Grain-Crop in the Dry-Steppe Zone of the Pre-Ural Region. Russian Agricultural Sciences. 2017. 43 (4): 300-303.
7. Neverov A.A. Sovremennye tendencii izmenenija urozhajnosti zernofurazhnyh kul'tur v Orenburgskoj oblasti. Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2014. 3(86): 125-130.
8. Neverov A.A. Sovremennye tendencii izmenenija klimata v Orenburgskoj oblasti. Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2015. 1(89): 117-121.
9. Neverov A.A. Matematicheskoe modelirovanie svjazej urozhaja ozimoi rzi 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' agrofitocenzov»). Vestnik mjasnogo skotovodstva. 2015. 3(91): 125-131.
10. Neverov A.A. Rol' pogodno-klimaticheskikh faktorov vostochnoj zony Orenburzh'ja v formirovanii urozhaja prosa. Bjul'ten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2017. 3: 9s. [Jelekt. resurs] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-3/Articles/AAN-2017-3.pdf>).
11. Neverov A.A. Vlijanie pogodnyh faktorov na produktivnost' jachmenja v vostochnoj zone Orenburgskoj oblasti. Bjul'ten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2017. 3: 8s. [Jelekt. resurs] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-3/Articles/NAA-2017-3.pdf>).

### Образец ссылки на статью:

Неверов А.А. Альтернативные модели долгосрочного прогнозирования урожайности зерновых культур для степной зоны Оренбуржья. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 1: 8с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-1/Articles/NAA-2018-1.pdf>).