

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ПОТЕРЬ УРОЖАЯ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.Н. Павлова^{1,2)}, С.Е. Варчева²⁾

¹⁾ Главная геофизическая обсерватория им. В.А. Воейкова
Россия, 194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, д. 7; vnp2003@bk.ru

²⁾ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии,
Россия, 249038, Калужская область, г. Обнинск, пр. Ленина, 82; vnp2003@bk.ru

Резюме. Климатический риск крупных неурожаев определяется как функция повторяемости засух и уязвимости сельскохозяйственного производства на конкретной территории. Уязвимость территории определяется соотношением биоклиматического потенциала и средней урожайности сельскохозяйственной культуры. В исследовании использованы данные сетевых наблюдений метеорологических станций, расположенных в черноземной и нечерноземной зонах Центрального федерального округа (ЦФО) в 1995-2014 гг. Представлены оценки климатических рисков для яровой и озимой пшеницы. Показано, что большая часть рассматриваемой территории относится к зоне низких рисков (1-4 %). Максимальные риски (до 14 %) характерны для юго-восточных областей ЦФО. В целом климатические риски при производстве яровой пшеницы выше, чем озимой. Установлено, что регулирование почвенного плодородия путем внесения достаточных доз минеральных удобрений позволяет снизить климатические риски при возделывании зерновых культур в 1.5-2.0 раза. Ряды запасов продуктивной влаги под озимой пшеницей использованы для расчета повторяемости почвенных засух за два двадцатилетних периода: 1976-1995 гг. и 1996-2015 гг. Показано, что за последнее двадцатилетие повторяемость почвенных засух в летний период возросла практически на всей территории рассматриваемого региона.

Ключевые слова. Уязвимость территории, климатический риск, недобор урожая, имитационная система, почвенное плодородие, запасы продуктивной влаги.

ASSESSMENT OF CLIMATIC RISKS OF THE YIELD LOSS IN REGIONAL CROP PRODUCTION SYSTEMS

V.N. Pavlova^{1,2)}, S.E. Varcheva²⁾

¹⁾ Voeikov Main Geophysical Observatory,
7, Karbisheva str., 194021, St. Petersburg, Russia; vnp2003@bk.ru

²⁾ National Research Institute of Agricultural Meteorology,
82, Lenin st., 249038, Obninsk, Kaluga region, Russia; vnp2003@bk.ru

Summary. Climatic risk of major crop failure is defined as a function of droughts frequency and vulnerability of agricultural production in particular area. Vulnerability of a territory is determined by the ratio of bioclimatic potential to average yield of the agricultural crop. The study uses data of network observations at meteorological stations located in chernozem and non-chernozem zones of the

Central Federal District (CFD) in 1995-2014. The estimates of climatic risks for spring and winter wheat are presented. It is shown that the most part of the territory belongs to the low risk zone (1-4%). The maximal risks (up to 14%) are typical for the southeastern regions of CFD. In general, the spring wheat production is characterized by higher climatic risks than the winter wheat production. It is found that soil fertility management with introducing sufficient doses of mineral fertilizers allows to reduce climatic risks for the cereal crops cultivation by factor 1.5-2.0. Time series of productive soil water storage under winter wheat were used to calculate the frequency of soil droughts for two 20-year periods: 1976-1995 and 1996-2015. It is shown that frequency of soil droughts in summer increased almost throughout the entire region in the last 20 years.

Keywords. Vulnerability of territory, climatic risk, yield failure, simulation system, soil fertility, productive water storage.

Введение

Растениеводство в России уязвимо к сезонным засухам и волнам жары. Эта зависимость от погодных условий приводит к изменчивости (волатильности) производства сельскохозяйственной продукции (Diffenbaugh and Field, 2013; OECD, 2013). Очевидно, что неблагоприятные и опасные явления (ОЯ) погоды нередко наносят ущерб экономике страны и, в первую очередь, сельскохозяйственному производству. В связи с этим актуальной представляется разработка единой методической основы для получения сопоставимых данных об ущербах, нанесенных сельскохозяйственной отрасли. В работе (Оганесян, Орлова, 2016) рассматривается оценка рисков нанесения экономических ущербов опасными явлениями погоды (ветром, осадками и температурными аномалиями) на территории России, их динамика во времени, а также оценка рисков экстремальных (наибольших) зафиксированных ущербов. Здесь же показано, что за последние годы из 10 природных катастроф, нанесших наибольший экономический ущерб экономике России, засухи 2010 и 2012 гг. находятся на втором месте по величине нанесенного ущерба после лесных пожаров 2010 г.

Цель данной работы заключалась в определении и количественной оценке таких понятий как риск потерь урожая сельскохозяйственных культур, уязвимость территории, опасное гидрометеорологическое явление. Также рассматриваются вопросы оценки эффективности управления рисками в современных региональных системах земледелия на примере областей черноземной и нечерноземной зоны Центрального федерального округа (ФО).

Методы и материалы

Имитационная система Климат-Почва-Урожай. В систему оперативного агрометеорологического и агроклиматического обеспечения Российского сельскохозяйственного комплекса включена технология мониторинга наблюдаемых и ожидаемых изменений климата по данным сетевых наблюдений Росгидромета. Одним из элементов этой системы является разработанная

в ФГБУ «ВНИИСХМ» технология мониторинга климата и агроклиматических ресурсов с использованием имитационной системы Климат-Почва-Урожай (Сиротенко и др., 1995).

Основу системы Климат-Почва-Урожай составляет динамическая модель продукционного процесса и водно-теплового режима агроценоза Погода-Урожай (Сиротенко, Павлова, 2012). В качестве входной информации используются данные сетевых метеорологических и агрометеорологических наблюдений, а также данные о водно-физических свойствах почвы и уровне её плодородия. Модель позволяет вести расчёт/прогноз динамики накопления фитомассы посева, включая её продуктивную часть (урожай), а также основных составляющих водного баланса почвы и запасов почвенной влаги.

Для системы мониторинга как по отдельным областям, так и для страны в целом, разработан комплекс агроклиматических и биоклиматических показателей, которые включают в себя климатически обусловленный урожай, биоклиматический потенциал, показатели тепло- и влагообеспеченности посевов и др. Назначение предлагаемого комплекса показателей – всесторонняя оценка влияния наблюдаемых изменений климата на сельское хозяйство и сельскохозяйственное землепользование. Кроме того, агроклиматический мониторинг может иметь большое значение для агрометеорологического сопровождения сельскохозяйственного страхования от опасных гидрометеорологических явлений. В статье предлагается расширить существующую систему мониторинга новыми показателями уязвимости территории и климатических рисков при производстве сельскохозяйственных культур.

Определение понятия климатического риска. В системе агрострахования принято рассматривать различные группы рисков, приводящие к недополучению продукции или урожая. Климатический риск проявляется в снижении урожая при воздействии неблагоприятных природных факторов – погодных явлений, не отвечающих потребностям растений в обеспеченности теплом и влагой. До 2014 г. в агростраховании страховщик обязан был выплатить возмещение за гибель урожая, если потери составляли не менее 30% от запланированного урожая, что соответствовало требованиям вхождения этой меры господдержки в «зеленую корзину» ВТО. Позже, в 2015 г., законодателем данный порог был снижен до 25% , а в 2016 г. – до 20% (Страхование урожая..., 2016).

В настоящей работе в развитие подхода, предложенного ранее (Павлова, Варчева) климатический риск (R) определяется как функция повторяемости засух и уязвимости сельскохозяйственного производства на конкретной территории.

Таким образом, климатический риск крупных недоборов урожаев сельскохозяйственных культур рассчитывается по формуле:

$$R = P \cdot V \quad (1)$$

где P – вероятность опасного гидрометеорологического явления, %; V – уязвимость сельскохозяйственного производства на конкретной территории, б/р.

К основным опасным явлениям, которые могут нанести ущерб сельскому хозяйству, относятся заморозки, переувлажнение почвы, суховеи, почвенная и атмосферная засухи, вымерзание, выпревание, вымокание и др. (РД Росгидромета 52.88.699, 2008).

По своим отрицательным последствиям в сравнении с другими стихийными бедствиями засухи находятся в числе первых. Оценка рисков в сельскохозяйственном производстве России от воздействия атмосферной и почвенной засух в последние годы становится все более актуальной. В целом по России в годы с сильными засухами весьма существенно снижается валовой сбор зерна. Так, за последние десятилетия валовые сборы зерна в отдельные годы снижались на 40-50 % по сравнению с годами, благоприятными по агрометеорологическим условиям. За последние два десятилетия в засушливые годы, такие как 1998 и 2010, валовые сборы зерновых и зернобобовых культур составили 47.5 и 61 млн. т., соответственно. Для сравнения, в урожайный 2016 г. валовый сбор составил 116 млн.т.

Задача определения наиболее информативных показателей (критериев) засух и влияния их на урожайность зерновых культур наиболее полно рассмотрена в работе (Уланова, Страшная, 2000; Страшная и др. 2013). Так, было показано, что среди множества показателей, характеризующих засуху, гидро-термический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) в большей степени коррелирует с урожайностью. Если в течение оцениваемого периода величина $ГТК \leq 0.6$, то фиксируется наступление сильной атмосферной засухи. В данной работе ГТК рассчитывается за период с мая по август, который охватывает период активной вегетации основных сельскохозяйственных культур на территории земледельческих районов РФ.

Дефицит агроклиматических ресурсов обуславливает уровень уязвимости территории (V) при возделывании сельскохозяйственных культур, который может быть оценен следующим образом (Павлова, Варчева, 2017):

$$V = 1 - \frac{Y}{BCP} \quad (2)$$

где BCP – биоклиматический потенциал территории, $ц \cdot га^{-1}$; Y – средняя урожайность зерновой культуры за рассматриваемый период, $ц \cdot га^{-1}$.

Биоклиматический потенциал (BCP) территории рассчитывается с помощью имитационной системы Климат-Почва-Урожай.

Метеорологические и агрометеорологические данные. Входная метеорологическая и агрометеорологическая информация состоит из данных сетевых метеорологических наблюдений (температура воздуха, сумма осадков, продолжительность солнечного сияния и дефицит влажности воздуха) 16 метеорологических станций, расположенных на территории 12 областей Центрального федерального округа ранее определено за период 1995-2014 гг.

Анализ динамики урожайности выполнялся с привлечением данных Росстата по урожайности зерновых культур (яровая и озимая пшеница) за период с 1995 по 2014 гг. по Центральному федеральному округу (Росстат, 2015).

Результаты и обсуждение

Расчеты выполнялись для территории отдельных областей черноземной и нечерноземной зоны Центрального федерального округа. Полученные оценки климатических рисков крупных недоборов урожайности яровой пшеницы за 1995-2014 гг. приведены в табл. 1. Здесь же даны агроклиматические показатели для расчета климатических рисков: средняя за период 1995-2014 гг. урожайность яровой пшеницы, биоклиматический потенциал территории, повторяемость засух по критерию $ГТК \leq 0.6$, уязвимость территории.

Таблица 1. Климатические риски недоборов урожайности яровой пшеницы в центральных черноземных и нечерноземных областях за 1995-2014 гг.

Область	Средняя урожайность, Y , ц·га ⁻¹	Биоклиматический потенциал BCP , ц·га ⁻¹	Повторяемость засух P , %	Уязвимость V , б/р	Климатический риск, R , %
	черноземная зона				
Тамбовская	17.0	44.2	16	0.62	10
Орловская	21.1	50.8	7	0.58	4
Тульская	17.9	56.9	4	0.69	3
Курская	20.2	58.0	5	0.65	3
Липецкая	20.8	46.5	12	0.55	7
Воронежская	16.3	58.3	20	0.72	14
Белгородская	19.1	71.1	7	0.73	5
Среднее	18.9	55.1	10	0.65	7
нечерноземная зона					
Рязанская	18.5	50.3	8	0.63	5
Брянская	15.1	51.6	3	0.71	2
Московская	17.5	46.1	2	0.62	1
Калужская	13.0	44.1	4	0.71	3
Смоленская	12.8	46.3	3	0.72	2
Среднее	16.0	47.7	4	0.67	3

Анализ представленных данных показывает, что оценки уязвимости территории в нечерноземной и черноземной зоне различаются незначительно (0.67 и 0.65). В то же время, повторяемость засух выше на территории черноземных областей (Воронежская, Тамбовская и Липецкая), что обуславливает больший климатический риск на данной территории. Так, оценки климатических рисков в черноземной зоне колеблются в интервале от 3 % (Тульская и Курская области) до 14 % (Воронежская область). В нечерноземной зоне климатические риски невелики и изменяются от 1 % в Московской области до 5 % – в Рязанской.

Перейдем к анализу полученных результатов по озимой пшенице, представленных в табл. 2. Расчеты показали, что оценки уязвимости рассматрива-

емой территории по отношению к озимой пшенице ниже, чем к яровой и изменяются в интервале от 0.43 (Липецкая область) до 0.66 (Смоленская область). В зоне сравнительно высоких рисков оказывается территория Воронежской области (13 %), а в нечерноземной зоне все климатические риски можно отнести к уровню средних и низких – от 1 % до 5 %.

Таблица 2. Климатические риски недоборов урожайности озимой пшеницы в центральных черноземных и нечерноземных областях за 1995-2014 гг.

Область	Средняя урожайность, Y , ц/га ¹	Биоклиматический потенциал <i>ВСП</i> , ц/га ¹	Повторяемость засух, P , %	Уязвимость, V , б/р	Климатический риск, R , %
	черноземная зона				
Тамбовская	23.6	44.2	16	0.47	7
Орловская	27.1	50.8	7	0.47	3
Тульская	23.5	56.9	4	0.59	2
Курская	26.0	58.0	5	0.55	3
Липецкая	26.5	46.5	12	0.43	5
Воронежская	20.5	58.3	20	0.65	13
Белгородская	29.1	71.1	7	0.59	4
Среднее	25.2	55.1	10	0.53	5
нечерноземная зона					
Рязанская	21.7	50.3	8	0.57	5
Брянская	20.9	51.6	3	0.59	2
Московская	23.3	46.1	2	0.49	1
Калужская	18.4	44.1	4	0.58	2
Смоленская	15.8	46.3	3	0.66	2
Среднее	20.0	47.7	4	0.58	2

На рис. 1 представлено пространственное распределение климатических рисков крупных недоборов урожайности яровой и озимой пшеницы за период 1995-2014 гг. Прослеживается выраженная широтно-долготная закономерность изменений рисков по территории региона. Максимальные риски характерны для юго-восточных областей Центрального ФО Воронежской и Тамбовской, где соответствующие риски составляют 14 и 10 %. На большей части территории наблюдаются низкие риски (1-4 %). В целом, как указывалось выше, климатические риски при производстве яровой пшеницы выше, чем озимой.

Оценка эффективности управления рисками. Полученные оценки климатических рисков при сельскохозяйственном производстве позволяют перейти к вопросу, связанному с оценками эффективности управления рисками в современных региональных системах земледелия. Принято считать (Якушев и др., 2016), что основными показателями экономической эффективности любой технологии являются урожайность, прямые затраты труда, производ-

ственная и полная себестоимость, уровень хозяйственной рентабельности. В данной работе эффективность управления рисками была оценена через урожайность зерновых культур.

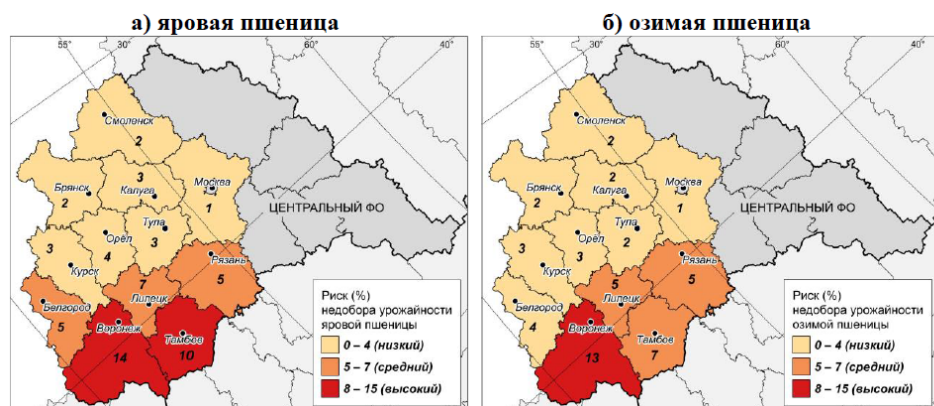


Рисунок 1. Пространственное распределение рисков недобора урожайности за период 1995-2014 гг.
а) яровой пшеницы и б) озимой пшеницы

Эффективность производства сельскохозяйственных культур может достигаться при достаточном уровне тепло- и влагообеспеченности растений и почвенного плодородия. Поскольку большая часть территории региона относится к зоне достаточного увлажнения (Природно-сельскохозяйственное районирование..., 1983), то естественно предположить, что основным лимитирующим урожайность фактором здесь является плодородие почвы. С помощью имитационной системы Климат-Почва-Урожай была проведена серия численных экспериментов. Была рассчитана климатически обусловленная урожайность яровой пшеницы при условии, что уровень почвенного плодородия не лимитирует ее рост и развитие, т.е. при «достаточном» минеральном питании посевов (табл. 3). Численные эксперименты показали, что внесение минеральных удобрений может значительно повысить среднюю урожайность яровой пшеницы. Если при естественном уровне плодородия (табл. 1) в рассматриваемом регионе урожайность изменяется в диапазоне от $12.8 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$ до $21.1 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$, то при «достаточном» минеральном питании урожайность может превысить $35.0 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$ (табл. 3). Повышение уровня минерального питания может привести к снижению оценок уязвимости в нечерноземных областях – Брянской, Калужской и Смоленской – от 0.71 до 0.27.

Как изменились климатические риски при производстве яровой пшеницы в условиях регулирования минерального питания? Численный эксперимент с «повышением» уровня почвенного плодородия продемонстрировал большую эффективность в областях нечерноземной зоны, где почвенное плодородие заметно ниже, чем в черноземной. При этом оценки климатических рисков практически на всей территории уменьшились в 1.5-2.0 раза.

Таким образом, регулирование почвенного плодородия путем внесения достаточных доз минеральных удобрений позволило оценить эффективность управления рисками при возделывании зерновых культур.

Таблица 3. Риски недоборов климатически обусловленной урожайности яровой пшеницы при достаточном минеральном питании (Y_n)

Область	Климатический риск, R , %	Климатически обусловленная урожайность Y_n , ц·га ⁻¹	Повторяемость засух P , %	Уязвимость V , б/р
Тамбовская	8	23.5	16	0.47
Тульская	2	30.0	4	0.47
Курская	2	30.2	5	0.48
Липецкая	5	25.3	12	0.46
Воронежская	12	23.6	20	0.60
Белгородская	4	30.5	7	0.57
Рязанская	3	28.4	8	0.44
Брянская	1	37.9	3	0.27
Московская	1	36.9	2	0.42
Калужская	1	34.1	4	0.23
Смоленская	1	26.9	3	0.20

Оценка условий увлажнения посевов сельскохозяйственных культур.

Большая часть территории рассматриваемого региона при агроклиматическом районировании отнесена к зоне достаточного увлажнения. Однако, согласно прогнозам, при изменении климата увеличение частоты засух может наблюдаться не только в регионах с прогнозируемым снижением количества осадков, но и в областях, где количество осадков увеличивается вследствие изменений климата (Второй оценочный доклад..., 2014). В перспективе дальнейших исследований при оценке повторяемости неблагоприятных условий (P) планируется использовать запасы продуктивной влаги в почве, которые являются надежным показателем почвенной засухи.

Ранее была разработана методика расчета средних областных запасов продуктивной влаги под озимой пшеницей с помощью динамико-статистической схемы, реализованной в рамках системы мониторинга климата (Сиротенко и др. 2011; Семендяев, 2011; Варчева, 2015). Предикторами уравнений являются среднемесячная температура воздуха и месячная сумма осадков с января по декабрь. Восстановленные (рассчитанные) ряды запасов продуктивной влаги охватывают период с 1967 по 2015 гг. Расчёты ведутся для пахотного и метрового слоёв почвы круглогодично, причем начальные запасы продуктивной влаги для заданного многолетнего периода задаются один раз в октябре 1967 г. Информационная ценность восстановленных рядов влагозапасов в почве заключается в их однородности и достаточной продолжительности.

Рассчитанные многолетние временные ряды запасов продуктивной влаги позволили оценить наблюдаемые изменения повторяемости почвенной засухи за последнее двадцатилетие (1996-2015 гг.) по сравнению с предшествующим двадцатилетием (1976-1995 гг.). Согласно критерию опасного явления, поч-

венная засуха отмечалась, если запасы продуктивной влаги пахотного слоя почвы не превышали 10 мм (РД Росгидромета 52.88.699, 2008).

О тенденциях условий увлажнения посевов сельскохозяйственных культур на рассматриваемой территории за последние десятилетия можно судить по материалам, представленным табл. 4. Здесь представлена повторяемость почвенных засух в областях Центрального федерального округа за два двадцатилетних периода: 1976-1995 гг. и 1996-2015 гг.

Анализ данных, приведенных в табл. 4, подтверждает тот факт, что условия увлажнения посевов сельскохозяйственных культур в Центральном ФО в весенний период не ухудшаются (Доклад об особенностях климата..., 2015). В мае частота почвенных засух за последние два десятилетия практически не изменилась, за исключением Воронежской области. В летний период, особенно в июле и в августе, наблюдается увеличение повторяемости засух в данном регионе. Так, если в 1976-1995 гг. в Липецкой и Воронежской областях в июне засухи наблюдались в 10 и 25 % лет, то в 1996-2015 гг. они отмечались в 15 и 50 % лет, соответственно. В июле засухи участились в большинстве областей и черноземной и нечерноземной зоны. Заметим, что за последнее двадцатилетие в Воронежской области засухи в июле отмечались в 60 % лет. Если в августе в предшествующее двадцатилетие засухи отмечались только в Брянской области, то за последние двадцать лет повторяемость засух возросла до 15 % в Курской области, до 10 % лет – в Тамбовской, Воронежской и Брянской областях. Таким образом, проведенный анализ показал, что практически на всей рассматриваемой территории частота почвенных засух в летний период имеет тенденцию к росту.

Таблица 4. Повторяемость почвенных засух (в % лет) в областях Центрального федерального округа за периоды 1976-1995 гг. и 1996-2015 гг.

Область	Повторяемость засух в пахотном слое почвы, %							
	1976-1995				1996-2015			
	май	июнь	июль	август	май	июнь	июль	август
Тамбовская	5	15	5	0	0	5	20	10
Орловская	0	5	5	0	0	5	10	5
Тульская	0	5	0	0	0	0	0	0
Курская	0	10	15	0	0	5	15	15
Липецкая	0	10	5	0	0	15	15	0
Воронежская	5	25	35	0	15	50	60	10
Белгородская	5	15	5	0	0	10	25	0
Рязанская	0	15	5	0	0	5	15	5
Брянская	0	5	5	5	0	0	10	10
Московская	0	0	5	0	0	0	20	0
Калужская	0	0	5	0	0	0	10	0

Заключение

Проведены исследования, связанные с количественной оценкой уязвимости территории и риска недобора урожаев сельскохозяйственных культур, вызванного неблагоприятными гидрометеорологическими условиями – засухами и засушливыми явлениями.

Расчеты показали, что на территории областей Центрального ФО прослеживается достаточно выраженная широтно-долготная закономерность изменений климатических рисков. Наибольшие оценки рисков получены для юго-восточных областей региона, Воронежской и Тамбовской, где они составляют 14 и 10 %, соответственно. На большей же части территории наблюдаются низкие риски (1-4 %). В целом, оценки климатических рисков при производстве яровой пшеницы выше, чем озимой.

Установлено, что регулирование почвенного плодородия путем внесения достаточных доз минеральных удобрений позволяет снизить климатические риски при возделывании яровой пшеницы в 1.5-2.0 раза на территории рассматриваемого региона.

Расчеты средних областных запасов продуктивной влаги под озимой пшеницей с помощью динамико-статистической схемы, реализованной в рамках системы мониторинга климата, показывают, что при наблюдаемых колебаниях климата возросла повторяемость почвенных засух в летний период почти на всей территории Центрального ФО. Показано, что за последнее двадцатилетие (1996-2015 гг.) повторяемость засух возросла на территории отдельных областей черноземной зоны Центрального ФО до 60% лет.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке РФФ (проект № 16-17-00063) и ERA.net RUS Plus (проект № 16-55-76006).

Список литературы

Варчева С.Е. 2015. Мониторинг динамики запасов влаги и органического вещества пахотных почв для оценки повторяемости засух и прогноза урожайности озимой пшеницы. – В сб.: Труды научно-практической конференции с международным участием «Научные основы устойчивого развития АПК в современных условиях». – Калуга, изд. ФГБНУ «Калужский НИИСХ», с. 217-223.

Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. – Росгидромет, 1008 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&Itemid=73&gid=27&lang=ru.

Оганесян В.В., Орлова Е.А. 2016. Оценки рисков нанесения ущерба экономике опасными метеорологическими явлениями погоды. – Труды Гидрометцентра России, вып. 362, с. 214-223.

Павлова В.Н., Варчева С.Е. 2016. Анализ и оценка уязвимости и риска про-

изводства зерновых культур при современных изменениях климата в Калужском регионе. – В сб.: Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. – Калуга, изд. Калужский государственный институт развития образования, вып. 21, с. 246-251.

Павлова В.Н., Варчева С.Е. 2017. Оценки степени уязвимости территории и климатического риска крупных неурожаев зерновых культур в зерносеющих регионах России. – Метеорология и гидрология, № 8, с. 39-40.

Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. 1983. / Под ред. А.Н. Каштанова. – М., Колос, 336 с.

РД Росгидромета 52.88.699. 2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. – М., Росгидромет.

Росстат 2015. www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstatmain/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy

Семендяев А.К. 2011. Численная схема мониторинга динамики запасов продуктивной влаги и составляющих углеродного баланса органического вещества пахотных почв. – Труды ГГО им. А.И. Воейкова, вып. 564, с. 89-103.

Сиротенко О.Д., Абашина Е.В., Павлова В.Н. 1995. Чувствительность сельского хозяйства России к изменениям климата, химического состава атмосферы и плодородия почв. – Метеорология и гидрология, № 4, с. 107-114.

Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. 2012. Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России. – Труды ГГО им. А.И. Воейкова, вып. 565, с. 132-151.

Сиротенко О.Д., Клещенко А.Д., Павлова В.Н., Абашина Е.В., Семендяев А.К. 2011. Мониторинг изменений климата и оценка последствий глобального потепления для сельского хозяйства. – Агрофизика, №3, с. 31-39.

Страхование урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений с государственной поддержкой: государственная экспертиза. 2016. / Под ред. проф. В.Н. Баскакова. – М., Янус-К, 311 с.

Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В. 2013. Оперативное агрометеорологическое обеспечение аграрного сектора экономики России в условиях изменения агроклиматических ресурсов. – Труды ФГБУ «ВНИИСХМ», вып. 38, с. 21-40.

Уланова Е.С., Страшная А.И. 2000. Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур. – Труды ВНИИСХМ, вып. 33, с. 64-83.

Якушев В.П., Лекомцев П.В., Первак Т.С., Воропаев В.В. 2016. Анализ экономической эффективности возделывания яровой пшеницы в системе точного земледелия. – Агрофизика, № 1, с. 43-52.

Diffenbaugh N.S., Field C. B. 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. – Science, vol. 341, pp. 486-492.

OECD, 2013. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation. Ch. 19: Russia.

Статья поступила в редакцию: 23.05.2017

После переработки: 13.06.2017
