

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА УВЛАЖНЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНО-ПОЧВЕННЫХ ЗАСУХ

Чуб О.В., Страшная А.И.

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации
ais@metcom.ru,*

После сильной засухи в южной половине Приволжского федерального округа в 2009 году и жестокой продолжительной засухи, охватившей обширную территорию всей европейской части России в 2010 году, проблема агрометеорологического мониторинга засух и состояния сельскохозяйственных культур становится одной из наиболее актуальных в агрометеорологии. Известно, что и зарождение сельскохозяйственной метеорологии, как прикладной науки, организация агрометеорологической наблюдательной сети были непосредственно связаны с последствиями сильных и длительных засух, поразивших значительные площади сельхозугодий в России и на Украине в 1885 и 1891–1892 гг. Система регулярных агрометеонаблюдений по единым программам за метеорологическими параметрами и состоянием сельскохозяйственных растений, созданная в конце XIX – начале XX столетия под непосредственным руководством А.Н. Воейкова, А.В. Клоссовского и П.И. Броунова, по существу, «явилась прообразом» современного агрометеорологического мониторинга состояния посевов, оснащенного в настоящее время новыми техническими средствами, разнообразными каналами связи и компьютерными технологиями [1, 9]. В настоящее время при проведении мониторинга ставится задача не только представить реальную картину распространения засухи и состояния посевов, но и определить возможное снижение урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур.

В Российской Федерации, где около 60 % посевных площадей основных сельскохозяйственных культур сосредоточены в районах недостаточного и неустойчивого увлажнения, сильные и обширные засухи вызывают значительные колебания валовых сборов зерна. По нашим данным, за период с 1890 по 2010 год в России наблюдались 32 сильные и обширные засухи, которые охватывали от трех до семи крупных регионов [10]. За последние двадцать лет в современной России было четыре сильные и обширные засухи, которые охватывали пять – семь регионов и вызывали значительные недоборы зерна (1995, 1998, 1999 и 2010 гг.). От сильных засух страдает не только сельское хозяйство, при этом мелеют реки, убытки несет энергетика, судоходство, рыболовство, ухудшается состояние лесов. Во многих районах настоящим бедствием бывают сильные пожары.

По данным Минсельхоза Российской Федерации, в засуху 2010 г., поразившую 43 субъекта страны, посевы сельскохозяйственных культур погибли на 13,3 млн га, что составило 30 % от площади посевов в пострадавших регионах, или 17 % от общей посевной площади. Наблюдавшиеся пожары нанесли значительный ущерб другим отраслям народного хозяйства, а в ряде районов и населению. Кризисной ситуации в сельском хозяйстве в 2010 г. удалось избежать только благодаря своевременным организационным мерам, которые были приняты, в том числе с учетом агрометеорологической информации, органами власти и управления АПК Российской Федерации. В сильную засуху 1998 г. повреждение посевов сельскохозяйственных культур наблюдалось на площади около 10 млн га, из них на 7 млн га урожай был практически уничтожен.

В агрономической литературе интенсивность засух и ущерб от них часто оцениваются величиной снижения валовых сборов зерна. Применяется такая оценка и в агрометеорологии. Как показывает практика, вследствие колебаний посевных площадей, валовой сбор зерна не всегда является объективным показателем интенсивности засухи. Рассмотрим с этой точки зрения колебания валовых сборов зерна в современной России за два последних десятилетия. В первом десятилетии (1991–2000 гг.) наблюдалось три сильные и обширные засухи (1995, 1998 и 1999 гг.). При этом наиболее сильной и обширной была засуха 1998 г., когда валовой сбор зерна составил 47,8 млн т. Во втором рассматриваемом десятилетии (2001–2010 гг.) наблюдалась одна сильная и обширная засуха (2010 г.). В 1991 и 2009 гг. засухи были менее продолжительными и охватывали значительно меньшую территорию, чем в 1998 году. Засуха 2010 г. по интенсивности, продолжительности и напряженности термического режима не имела себе равных за последние 60 лет (с 1951 года) [14]. Валовой сбор зерна в 2010 г. составил 60,9 млн т, т.е. он был на 13,1 млн т больше, чем в самую сильную засуху первого рассмотренного десятилетия (в 1998 году).

Для сравнительной оценки отрицательных последствий засух более надежной характеристикой является величина урожайности. При этом следует иметь в виду, что величина снижения урожайности (ущерб от засухи) обусловлена не только влиянием погодных условий, но существенное значение имеет уровень культуры земледелия в период, когда случается засуха. Как известно, изменения урожайности вследствие меняющейся культуры земледелия определяются трендом урожайности. При этом отклонения от тренда зависят главным образом от агрометеорологических условий [12, 13]. На рис. 1 представлена динамика урожайности зерновых культур, рассчитанная с посевной площади за 1981–2010 гг. При общем тренде за весь этот период отклонение урожайности от тренда в 1998 году за счет погодных условий (засухи) в целом по Российской Федерации составило 6,7 ц/га, а в 2010

году – 4,8 ц/га. Таким образом, при общем за весь период тренде также можно сделать ошибочный вывод о том, что в 1998 г. засуха была более сильная, чем в 2010 году.

При исследовании временных рядов урожайности (рис. 1) явно прослеживается их статистическая неоднородность. Начавшиеся после 1990 г. структурные изменения в аграрной отрасли в период ее реформирования (1991–1999 гг.) сопровождались резким ухудшением материально-технической базы сельского хозяйства [4], что повлекло за собой изменения в агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур, ухудшение культуры земледелия, что в свою очередь обусловило резкое падение урожайности зерновых культур после тенденции ее роста в предшествующий период. С 2000–2001 гг. при относительной стабилизации и положительных сдвигах в уровне материально-технического обеспечения в аграрной отрасли наметилась тенденция повышения урожайности. Этому способствовали, как показал анализ, и в целом более благоприятные агрометеорологические условия в последнее десятилетие. Таким образом, тенденция падения урожайности сменилась тенденцией ее относительного роста. Указанные тенденции мы выявили, построив кусочно-линейные тренды [4, 11]. При этом отклонение урожайности от тренда (за период 1991–2000 гг.) в засуху 1998 г. составило около 2,9 ц/га, а в засуху 2010 г. (от тренда за 2001–2010 гг.) – около 5,0 ц/га.

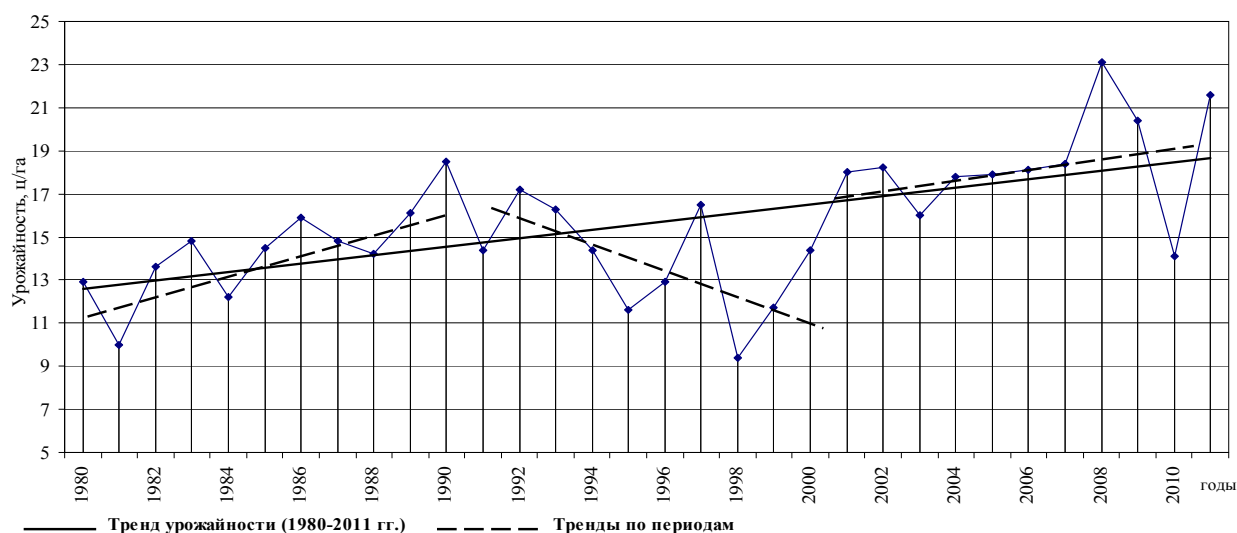


Рис. 1. Динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур (ц/га), общий (1980-2011 гг.) и кусочно-линейные тренды урожайности по периодам в Российской Федерации.

Динамика урожайности зерновых культур, связанная с изменением культуры земледелия, за период с 1991 по 2000 год представлена уравнением

$$\bar{Y} = -0,3964 \cdot t + 16,06,$$

где $t = 1, 2, \dots, 10$, а динамика урожайности с 2001 по 2010 год уравнением

$$\bar{Y} = 0,1079 \cdot t + 17,607,$$

где $t = 11, 12, \dots, 20$.

Можно отметить, что в первый рассматриваемый период (1991–2000 гг.), когда наблюдались три обширные засухи, отклонения урожайности от трендов по годам вследствие агрометеорологических условий, как видно на рис. 1, были заметно большими по величине, чем во второй, более благоприятный по агрометеорологическим условиям период (1991–2010 гг.), коэффициент вариации урожайности составил в эти периоды, соответственно, 0,17 и 0,12.

На карте (рис. 2) показаны границы сильных и очень сильных атмосферных засух в 2010 и 1998 гг. в критический для формирования урожая зерновых культур период – июнь. При этом для характеристики засух нами использовался гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК), представляющий собой отношение сумм осадков за определенный период (не менее месяца) к сумме активных температур за этот же период, уменьшенной в десять раз [5]. $ГТК \leq 0,30$, как установлено ранее [9, 12, 13], характеризует очень сильную атмосферную засуху, а ГТК от 0,31 до 0,60 – сильную. Можно видеть, что атмосферная засуха в июне 2010 г. охватила значительно большую территорию, чем в 1998 году. Отметим, что почвенная засуха в 2010 г. наблюдалась также на существенно большей площади.

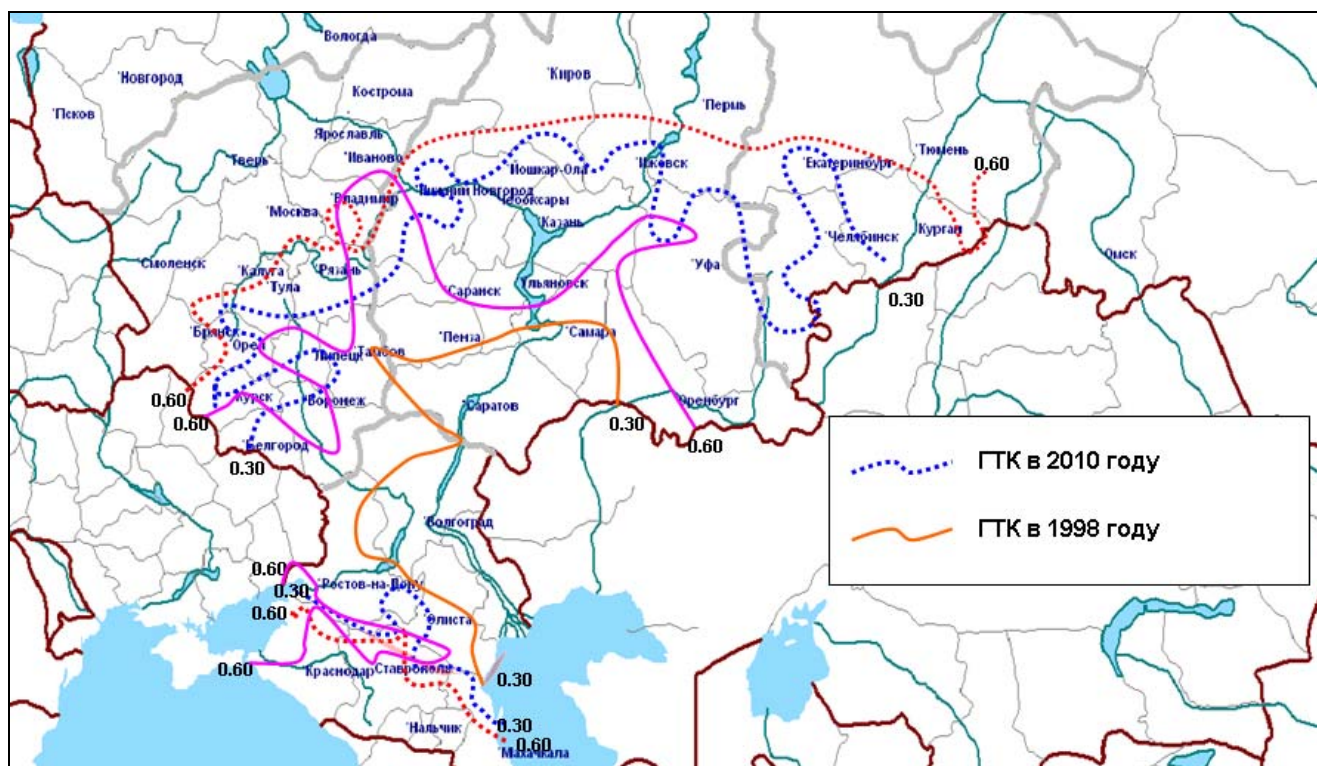


Рис.2. Регионы с очень сильной ($ГТК \leq 0,30$) и сильной ($ГТК \leq 0,60$) атмосферной засухой в июне 1998 и 2010 гг.

Интересным представляется рассмотреть сравнительную агрометеорологическую оценку жесткости (интенсивности) засух 1998 и 2010 гг. по субъектам Российской Федерации, так как в этих случаях можно достаточно точно сравнивать и агрометеоусловия, которые складывались в эти годы. На рис. 3 по Саратовской области показаны общий и кусочно-линейные тренды урожайности зерновых культур с посевной площади. Можно видеть, что отклонения урожайности от общего тренда вследствие погодных условий (засухи) в 1998 и 2010 гг. почти одинаковы – 7,7 и 7,5 ц/га соответственно, т.е. по этой характеристике жесткость засух в указанных годах практически одинакова. При более точном выделении тенденций урожайности, обусловленной культурой земледелия по периодам, т. е. по кусочно-линейным трендам величина отклонений урожайности от тренда вследствие засухи в 1998 г. составила в области около 5,0 ц/га, тогда как в 2010 г. – почти 7,5 ц/га, что указывает на то, что в 2010 г. засуха была значительно более жесткой.

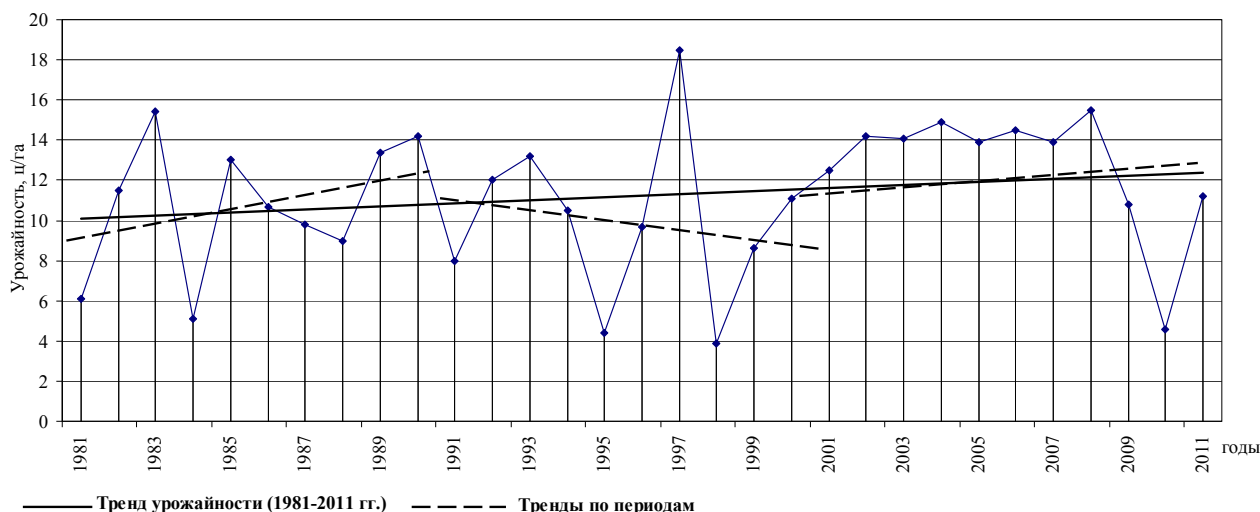


Рис. 3. Динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур (ц/га) и кусочно-линейные тренды по Саратовской области (1981–2011 гг.).

В Воронежской области (рис. 4) в 1998 году отклонение урожайности от общего тренда вследствие засухи составило 6,0 ц/га, в 2010 г. – 11,9 ц/га, при кусочно-линейных трендах, соответственно, 1,2 и 11,9 ц/га, что говорит о том, что в этой области засуха 1998 г. была менее сильной и кратковременной (в июле засухи не было, ГТК был равен 0,70, а в июне ГТК составил 0,54).

В табл. 1 приведены подтверждающие это положение агрометеорологические показатели засух (ГТК, запасы влаги в пахотном слое почвы W_{0-20}) и по другим субъектам Российской Федерации. (Так, в Саратовской области ГТК в 1998 г. в июне составил 0,11, а в июле – 0,23, тогда как в 2010 г. он был в эти месяцы, соответственно, 0,06 и 0,12, т.е. интенсивность атмосферной засухи по агрометеоусловиям в 2010 г. была значительно, почти

в два раза, большей. Почвенная засуха также была несколько более жесткой, среднеобластные запасы продуктивной влаги в июне составили в эти годы, соответственно, 4 и 3 мм. Почти аналогичная ситуация по агрометеорологическим условиям складывалась и в Самарской области, которая в 2010 г. практически была эпицентром засухи. Однако отклонения урожайности от тренда вследствие засух 1998 и 2010 гг. были почти одинаковыми, что можно объяснить тем, что в этой области во второй рассматриваемый период тенденции роста урожайности не наблюдалось. По большинству других областей, где засуха была очень сильной, отклонения урожайности от тренда в 2010 г. были значительно большими, чем в 1998 году.

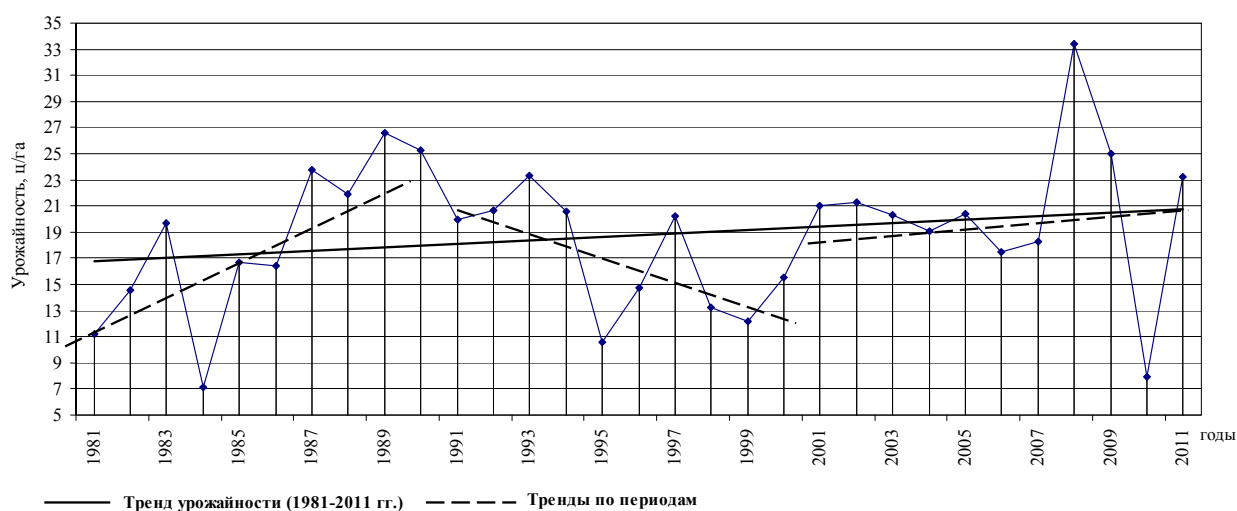


Рис. 4. Динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур (ц/га) и кусочно-линейные тренды по Воронежской области (1981-2011 гг.).

Таблица 1

Агрометеорологические показатели, характеризующие засухи 1998 и 2010 гг.

Субъект Российской Федерации	1998 год				2010 год			
	Отклонение урожайности от тренда, ц/га (кусочно-линейный)	ГТК, июнь	ГТК, июль	W ₀₋₂₀ , мм (июнь)	Отклонение урожайности от тренда, ц/га (кусочно-линейный)	ГТК, июнь	ГТК, июль	W ₀₋₂₀ , мм (июнь)
Белгородская область	-2,6	0,47	1,03	10	-9,6	0,42	0,81	8
Воронежская	-1,2	0,54	0,70	18	-11,9	0,27	0,29	5
Волгоградская	-3,6	0,21	0,33	3	-8,0	0,05	0,34	2
Самарская	-7,0	0,23	0,39	4	-7,2	0,09	0,07	3
Саратовская	-5,0	0,11	0,23	4	-7,6	0,06	0,12	3
Пензенская	-2,5	0,37	0,27	12	-7,1	0,08	0,08	6
Ульяновская	5,3	0,25	0,51	6	-9,6	0,08	0,10	6
Республика Башкортостан	7,3	0,53	0,93	15	15,1	0,22	0,13	9

При исследованиях засушливых явлений большинство авторов различают три типа засух: атмосферную, почвенную и общую [1, 2, 12]. Атмосферная засуха обычно предшествует почвенной, и почвенная засуха возникает уже как следствие атмосферной, когда при сильном испарении запасы влаги в почве быстро уменьшаются и становятся недостаточными для роста растений и формирования их продуктивности. Когда оба типа засух наблюдаются совместно, наступает общая засуха. При длительном периоде общей засухи у растений нарушаются физиологические функции [3], происходят значительные повреждения или их гибель. Априори можно утверждать, что при общей засухе урожайность сельскохозяйственных культур практически всегда бывает ниже, чем только при атмосферной или почвенной.

Покажем это на примере засухи 2010 года. В табл. 2 приведены данные по снижению урожайности зерновых и зернобобовых культур в этот год засухи, по сравнению со средней урожайностью за предшествующие пять лет. При этом в расчетах использовалась урожайность с посевной и уборочной площадями (по данным Росстата), которые в годы засух в большинстве районов сильно различаются. Как видно из таблицы, в районах, где наблюдалась общая засуха (т.е. атмосферная в сочетании с почвенной), снижение урожайности зерновых культур с уборочной площади (за вычетом площади гибели, т.е. списания площадей, на которых никакой урожайности не получено) в 2010 г., по сравнению со средней урожайностью за предшествующие пять лет, составляло в основном от 35 до 45 %, в Республике Башкортостан, Республике Татарстан и Ульяновской области – 51–65 %. При расчетах с посевной площади (основной учет) снижение урожайности этих культур составило преимущественно от 43 до 86 %. Такое различие в величинах снижения урожайности объясняется в основном различием в площадях гибели разных зерновых культур, входящих в эту общую группу (зерновые и зернобобовые), в связи с их неодинаковой реакцией на засуху и различием (календарно) критических по отношению к влаге периодов. Известно, что озимые в отдельные годы «уходят» от засухи в связи с более ранним началом вегетации и более продуктивным использованием весенних влагозапасов в почве [7, 12]. В субъектах Российской Федерации, где наблюдалась только атмосферная засуха, снижение урожайности с уборочной площади составляло от 10 до 20 %, с посевной площади – от 23 до 46 %. Приведенные в таблице данные убедительно показывают, что в районах, где наблюдалась только атмосферная засуха, величины снижения урожайности значительно меньше, чем в районах, где наблюдалась атмосферно-почвенная, или общая засуха. В связи с этим мониторинг общих засух представляется наиболее целесообразным и необходимым с точки зрения определения возможных последствий засух.

В настоящее время в Гидрометцентре России оперативный мониторинг засух в автоматизированном режиме проводится в двух вариантах. Мониторинг атмосферных засух основывается на использовании наиболее распространенного в агрометеорологии гидротермического коэффициента увлажнения, что объясняется удобством расчетов входящих в его формулу и наиболее точно измеряемых параметров (температура, осадки), а также его хорошей корреляцией с урожайностью зерновых культур, что позволяет на основе количественных зависимостей урожайности от ГТК за критические по отношению к влаге периоды (не менее месяца) определять величину урожайности или ее возможное отклонение от тренда [6, 8, 13]. Мониторинг почвенных засух основывается на подекадном анализе фактически измеренных запасов продуктивной влаги в почве, для чего используются критерии, разработанные М.С. Куликом, С.А. Вериго и другими авторами. Для пахотного слоя почвы сильная засуха характеризуется запасами влаги менее 10 мм (продолжительностью не менее трех декад), для метрового слоя – менее 50 мм. Определение возможного снижения урожайности отдельных зерновых культур вследствие почвенных засух при проведении мониторинга производится с использованием погодичного каталога сильных засух с учетом их продолжительности [7]. При этом на основе принципа аналогичности реакций растений на почвенную засуху, особенно в критические по отношению к влаге периоды, можно в первом приближении определить уровень ожидаемой урожайности (по году-аналогу).

В оперативном режиме данные мониторинга атмосферных и почвенных засух сопоставляются и используются при подготовке аналитической агрометеорологической информации для органов власти и управления АПК Российской Федерации, а также в прогнозах урожайности. Однако такой способ весьма трудоемок и недостаточно надежен, что вызвало необходимость поиска путей комплексной оценки атмосферной засухи в сочетании с почвенной.

Надо отметить, что в ФГБУ «ВНИИСХМ» Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомяковой была разработана автоматизированная система мониторинга общих засух и засушливых явлений, где для оценки интенсивности засухи используются несколько известных в агрометеорологии показателей увлажнения, температуры и влажности воздуха, запасов продуктивной влаги в слоях почвы 0–20, 0–50 и 0–100 см. Комплексование указанных показателей осуществляется с помощью алгоритмов распознавания образов – путем осреднения мер близости фактического значения каждого показателя за i -ю декаду с критериями (граничными значениями) этих же показателей. При этом рассчитываются пять категорий интенсивности засух, что на больших территориях затрудняет их анализ в оперативном режиме. Предложенная система мониторинга засух отслеживает начало и распространение

общих засух по территории, однако она используется в основном для агроклиматических исследований и не предназначена для оценки возможных последствий засух. В связи с этим перед нами была поставлена задача разработать такой показатель общих (атмосферно-почвенных) засух, который был бы удобен для расчетов в оперативном режиме на основе стандартной декадной агрометеорологической информации и позволял бы с определенной вероятностью оценивать возможные последствия засух (снижение урожайности) по субъектам Российской Федерации.

Нами за основной показатель атмосферной засухи был выбран ГТК, для оценки почвенной засухи – запасы продуктивной влаги в пахотном (W_{0-20}) и метровом (W_{0-100}) слоях почвы. На основе созданной базы данных этих показателей, осредненных по субъектам, был разработан новый показатель общих засух – агрометеорологический коэффициент увлажнения (АКУ). Для расчета АКУ за период с 1980 по 2010 год были предварительно рассчитаны приведенные значения показателей, входящих в АКУ.

Приведенный ГТК рассчитывался по формуле

$$ГТК^{прив} = \frac{ГТК^{фак} - ГТК^{мин}}{ГТК^{мак} - ГТК^{мин}}.$$

Максимумы и минимумы значений ГТК выбирались за указанный выше период.

Аналогичные процедуры были проведены для W_{0-20} и W_{0-100} :

$$W_{0-20}^{прив} = \frac{W_{0-20}^{фак} - W_{0-20}^{мин}}{W_{0-20}^{мак} - W_{0-20}^{мин}}, \quad W_{0-100}^{прив} = \frac{W_{0-100}^{фак} - W_{0-100}^{мин}}{W_{0-100}^{мак} - W_{0-100}^{мин}}.$$

Для каждого из этих приведенных значений показателей путем осреднения экспертных оценок, основанных на проведенном по субъектам Российской Федерации корреляционном анализе связей каждого показателя (ГТК, W_{0-20} , W_{0-100}) с урожайностью зерновых культур (данные трех экспертов), устанавливались средние весовые коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 для ГТК, W_{0-20} и W_{0-100} соответственно.

В общем виде АКУ (для мая, июня и июля) рассчитывался по формуле

$$АКУ = K_1 ГТК^{прив} + K_2 W_{0-20}^{прив} + K_3 W_{0-100}^{прив}.$$

По специально написанной О.В. Вирченко (ФГБУ «ВНИИСХМ») программе были рассчитаны АКУ по 8 субъектам Черноземной зоны за май, июнь и июль (основные месяцы вегетации и формирования урожая зерновых культур) 1980–2010 гг.

На рис. 5 показана динамика урожайности яровой пшеницы и динамика АКУ за июнь 1980-2010 гг. по Оренбургской области. Как можно видеть, они хорошо согласуются.

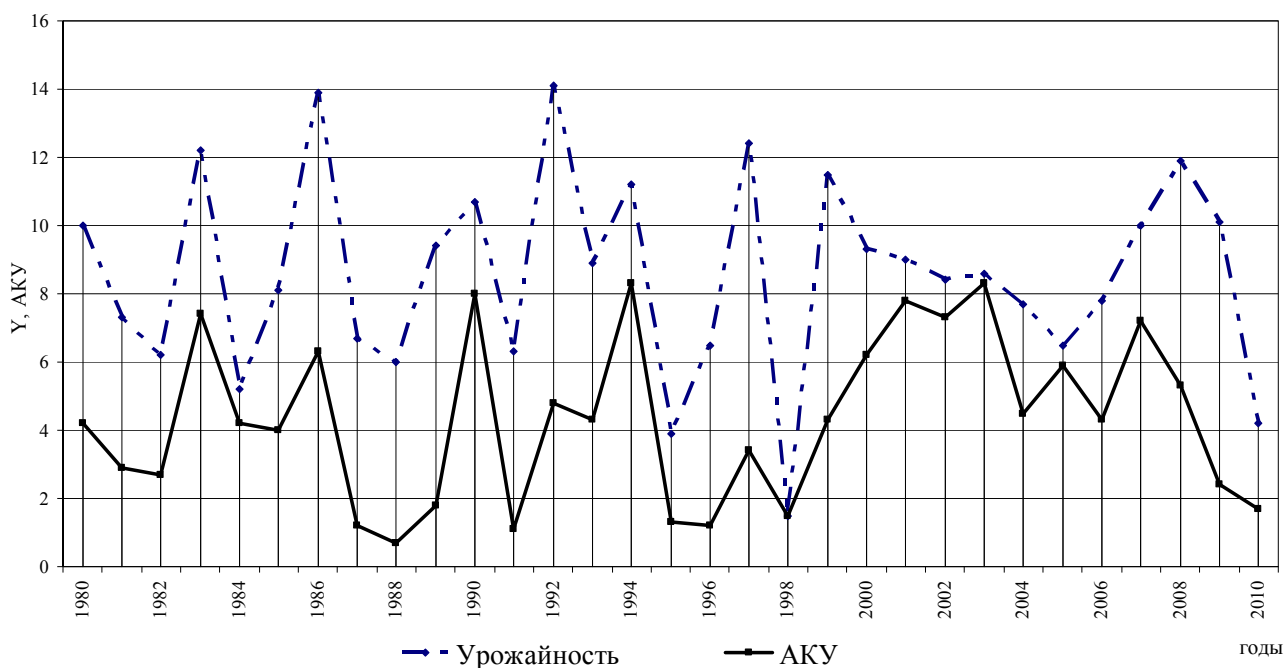


Рис. 5. Динамика урожайности (ц/га) яровой пшеницы и агрометеорологического коэффициента увлажнения за июнь (АКУ·10) по Оренбургской области за 1980-2010 гг.

Для оценки влияния предложенного агрометеорологического показателя увлажнения (АКУ) на урожайность сельскохозяйственных культур полученные его значения для указанных месяцев коррелировались с урожайностью зерновых и зернобобовых культур, а также по отдельным субъектам с урожайностью озимых или яровых в зависимости от преобладающей культуры в субъекте Российской Федерации.

Наиболее тесные связи АКУ с урожайностью зерновых и зернобобовых культур для северных районов черноземной зоны (по субъектам) были получены для июня ($r = 0,42-0,69$), по югу зоны (например Ростовская область) – для мая. Для наглядности на рис. 6 представлена зависимость урожайности зерновых культур (Y , ц/га) от АКУ за июнь по Оренбургской и Ульяновской областям (а) и зависимость отклонений урожайности озимой пшеницы от тренда (ΔY , ц/га) от АКУ за июль по Воронежской области (б).

Полученные результаты исследований по отдельным областям черноземной зоны показали возможность использования нового агрометеорологического коэффициента увлажнения (АКУ) для мониторинга атмосферно-почвенных засух в этой зоне, где засухи наиболее часты. В дальнейшем необходимо разработать автоматизированную технологию мониторинга засух с использованием этого показателя и предложить количественную оценку ожидаемого снижения урожайности от засух по субъектам черноземной зоны.

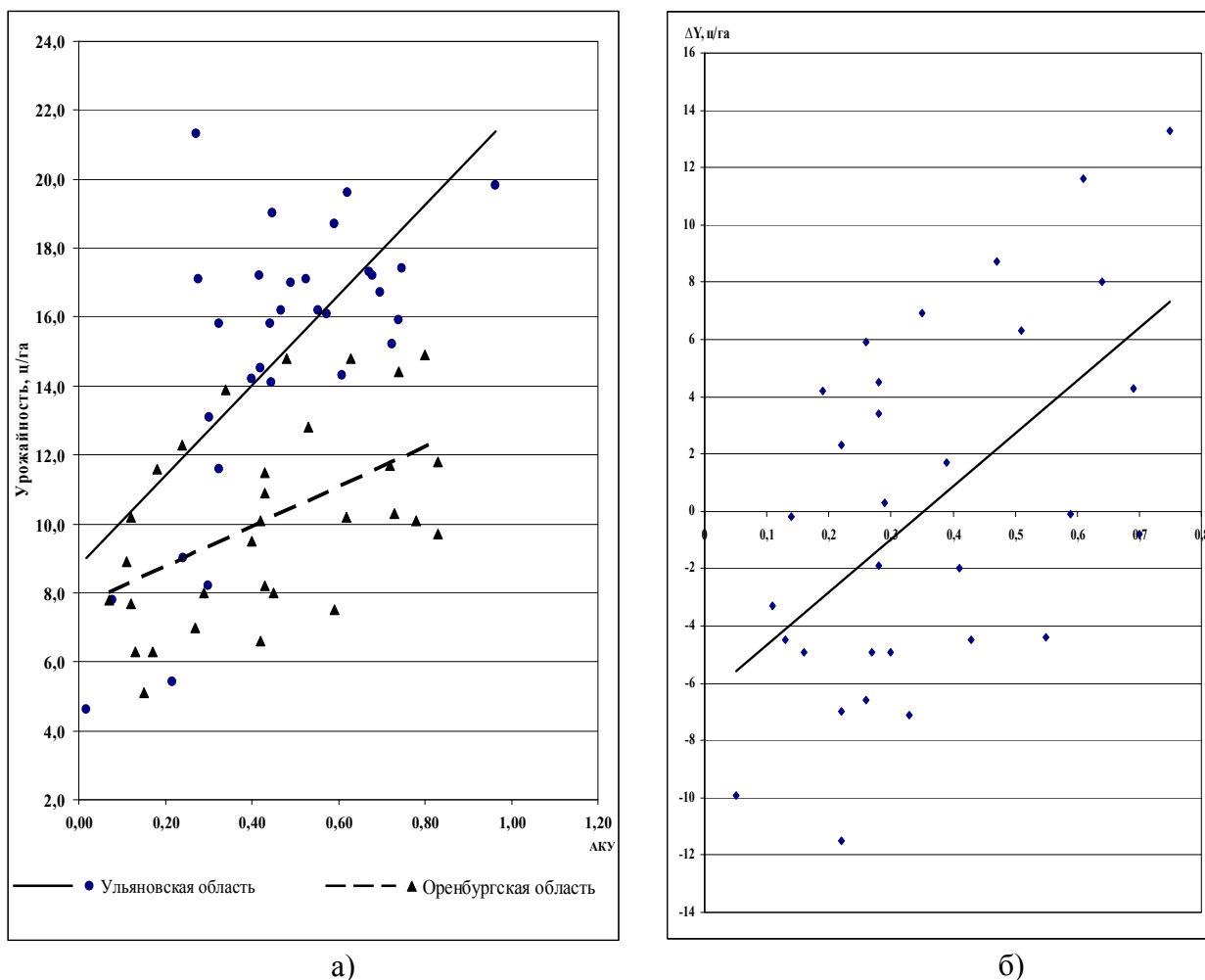


Рис. 6. Зависимость урожайности зерновых культур (Y, ц/га) от АКУ за июнь по Оренбургской и Ульяновской областям (а), зависимость отклонений урожайности озимой пшеницы от тренда (ΔY, ц/га) от АКУ за июль по Воронежской области (б).

Список использованных источников

1. *Грингоф И.Г.* Засухи и опустынивание – экологические проблемы современности // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 33. – С. 14–40.
2. *Клеценко А.Д.* Современные проблемы мониторинга засух // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 33. – С. 3–13.
3. *Кошкин Е.И.* Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. – М.: Дрофа, 2010. – 640 с.
4. *Манелля А.И. и др.* Развитие рынка зерна в России. – М.: Зерновой союз. Центр экономической конъюнктуры при Правительстве РФ, 1977. – 128 с.
5. *Селянинов Г.Т.* Агроклиматическая карта мира. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 12 с.

6. *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.
7. *Страшная А.И., Богомолова Н.А.* О каталоге сильных почвенных засух под ранними яровыми зерновыми культурами в черноземной зоне России // Труды Гидрометцентра России. – 2005. – Вып. 340. – С. 35–47.
8. *Страшная А.И.* Использование показателей увлажнения для оценки засушливости и прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур в Поволжском экономическом районе // Труды ГМЦ РФ. – 1993. – Вып. 327. – С. 15–22.
9. *Страшная А.И., Русакова Т.И., Зойдзе Е.К.* Развитие системы оперативного агрометеобеспечения аграрного сектора экономики // В кн. «Развитие сельскохозяйственной метеорологии в России». – Обнинск.: ГП «Облиздат». – 2009. – С. 306–330.
10. *Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В.* Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет // Труды Гидрометцентра России. – 2011. – Вып. 345. – С. 194–214.
11. *Strasnyaya A., Maksimenkova T., Chub O.* Grain Yield Prediction in the Russian Federation // Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability. – Springer, Netherlands. – 2010. – P. 93–97.
12. *Уланова Е.С.* Методы оценки агрометеорологических условий и прогноза урожайности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 53 с.
13. *Уланова Е.С., Страшная А.И.* Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 33. – С. 64–83.
14. *Фролов А.В., Страшная А.И.* О засухе 2010 года и ее влиянии на урожайность зерновых культур // Сборник докладов совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного совета Российской академии наук – Исследования по теории климата Земли». М.: Триада ЛТД, 2011. – С. 22–31.

Поступила в редакцию 4.05.2012 г.

Таблица 2

Снижение урожайности зерновых и зернобобовых культур от сильной атмосферной и почвенной засух в мае-июне 2010 г.

Территория	Урожайность (ц/га)				Снижение урожайности, %			
	Средняя 2005-2009 гг.		2010 г.		Атмосферная засуха + почвенная засуха (2-3 декады)		Атмосферная засуха	
	с уборочной площади	с посевной площади	с уборочной площади	с посевной площади	с уборочной площади	с посевной площади	с уборочной площади	с посевной площади
Центральный федеральный округ	25,6	22,1	17,5	14,1	32	36	–	–
Белгородская область	29,6	29,2	18,8	16,8	37	43	–	–
Брянская	18,0	16,5	16,3	12,1	–	–	10	27
Воронежская	24,6	22,9	14,0	7,9	43	66	–	–
Липецкая	33,2	30,2	19,6	16,0	41	47	–	–
Орловская	26,6	25,2	21,6	19,3	–	–	19	23
Рязанская	26,2	24,4	15,6	13,1	41	46	–	–
Тамбовская	23,9	23,2	13,8	11,3	42	51	–	–
Южный федеральный округ	27,4	26,2	29,4	24,8	–	5	–	–
Волгоградская область	19,4	17,5	12,0	9,3	38	47	–	–
Приволжский федеральный округ	17,6	15,8	10,0	4,9	43	69	–	–
Республика Башкортостан	23,4	21,8	9,5	4,2	59	81	–	–
Республика Марий Эл	13,3	13,2	11,1	7,2	–	–	17	46
Мордовия	24,1	24,0	15,8	6,8	34	–	27	72
Татарстан	29,8	28,6	10,4	4,0	65	86	–	–
Удмуртская Республика	14,3	13,8	11,4	7,4	–	–	20	46
Чувашская	20,2	19,9	11,2	5,0	45	75	–	–
Оренбургская область	10,5	9,2	6,3	2,5	40	73	–	–
Пензенская	17,1	15,7	11,7	6,4	32	59	–	–
Самарская	14,9	11,3	11,1	4,8	26	58	–	–
Саратовская	14,7	13,7	8,4	4,6	43	66	–	–
Ульяновская	18,2	16,7	8,9	4,6	51	73	–	–
Уральский федеральный округ	15,5	15,0	12,6	9,0	19	40	–	–
Курганская область	14,5	14,5	10,3	7,7	29	47	–	–
Челябинская	13,4	12,9	8,4	4,3	37	67	–	–