

# **О ДИНАМИКЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСЛОВИЙ СЕВА, ЗИМОВКИ И ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ОСНОВНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*Р.М. Вильфанд, А.И. Страшная, О.В. Береза*

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

## **Общая характеристика термических ресурсов вегетационного осенне-зимнего периода**

В настоящее время общепризнано, что глобальное изменение климата и его влияние на окружающую среду является одной из главных проблем XXI века. Участвовавшие в ряде районов Планеты засухи, стихийные лесные пожары, ураганы и наводнения увеличивают масштабы социально-экономических потерь, а также затрат на решение задач, связанных с этими проблемами [1]. Главным фактором наблюдаемых изменений климата на преобладающей территории Российской Федерации признается прогрессирующее потепление, особенно в последние десятилетия, что уже в настоящее время вызывает необходимость учитывать этот фактор в деятельности погодозависимых отраслей экономики, среди которых одно из первых мест занимает агропромышленный комплекс [9, 16].

В материалах Второго оценочного доклада Росгидромета [2] отмечается, что в «в последней четверти XX века – начале XXI века для формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в России благоприятными факторами оказались рост теплообеспеченности, повышение средней температуры холодного периода года, увеличение продолжительности вегетационного

периода». Изменение увлажненности на территории сельскохозяйственных районов в целом тоже были благоприятными, кроме отдельных районов Сибири и Черноземного центра. Негативным последствием наблюдаемого потепления является смещение к северу и востоку зон обитания и массового размножения некоторых вредителей и зон распространения возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. Приведенные во Втором оценочном докладе результаты исследований по изменению климата и предложенные необходимые меры адаптации сельского хозяйства к наблюдаемым изменениям относятся в основном к крупным регионам и, на наш взгляд, должны дополняться региональными исследованиями. Это связано с тем, что для России с ее чрезвычайно выраженной природно-климатической зональностью изменения термического режима, и особенно режима увлажнения, и других агроклиматических характеристик в различных районах существенно различаются по своему характеру. Эти изменения и различия, прежде всего в количественном аспекте, как и исследования по изменению агроклиматических условий возделывания отдельных культур или групп культур (озимые, ранние яровые, поздние яровые и др.), прежде всего необходимы для разработки неотложных практических мер по адаптации сельскохозяйственного производства к меняющимся климатическим и агроклиматическим ресурсам отдельных территорий или регионов, а также для выработки конкретных рекомендаций. Таких исследований пока проведено мало. В большинстве известных работ исследования изменений климата проводились в разрезе сезонов года и года в целом [3, 4, 8, 9]. В то же время стратегия адаптации земледелия к изменению климата предполагает проведение исследований по оценке последствий наблюдаемых и прогнозируемых климатических изменений и связанной с ними устойчивости производства как общей продукции растениеводства, так и продуктивности отдельных сельскохозяйственных культур не только на федеральном, но и на региональном уровне, на уровне субъектов. Наши исследования направлены на определение количественных показателей изменения агроклиматических ресурсов с целью осуществления информационной поддержки при разработке мер адаптации сельского хозяйства регионов к этим изменениям.

## **Изменение агроклиматических показателей условий осенне-зимнего периода**

Для формирования структуры площадей, отводимых под различные сельскохозяйственные культуры в том или ином регионе, хозяйствующему субъекту (земледельцу) необходимо знать, как изменились в количественном отношении агроклиматические условия не только сезонов года в целом, но и их изменения внутри вегетационного или осенне-зимнего периодов. Так, например, если увеличивается повторяемость весенне-летних засух (май-июнь), это неблагоприятно для ранних яровых зерновых культур, и предпочтение в севооборотах следует отдать более поздним культурам. При увеличении засух в июле-августе, наоборот, выгоднее больше площадей занимать ранними яровыми зерновыми культурами и т. д.

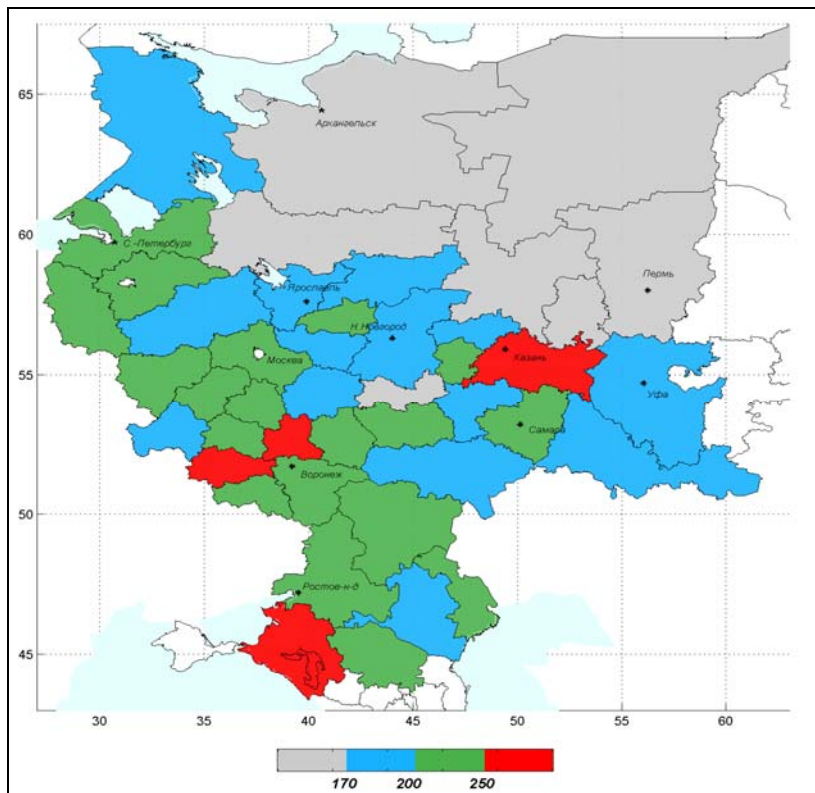
В связи тем, что скорость изменения термических ресурсов в вегетационный и осенне-зимний периоды существенно различаются, для конкретного субъекта весьма важно знать, как изменилась сумма активных температур выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  – основной показатель агроклиматических ресурсов в вегетационный период в условиях потепления климата.

Наши исследования термических ресурсов были проведены за период 1966 по 2015 г. Они показали, что на преобладающей территории европейской части России за последние 50 лет ресурсы тепла существенно изменились.

На рис. 1 показаны изменения сумм активных температур выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (в среднем по субъектам) за период с 1991 по 2015 г. по сравнению с периодом 1966–1990 гг.

Значительные изменения (увеличение сумм активных температур воздуха выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  на  $190\text{--}240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) произошли на западе Северо-Западного, в большинстве субъектов Центрального и Приволжского, а также в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. Результаты расчетов позволяют сделать важный для практики вывод о том, что северная граница сумм температур выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , равная, например,  $2400\text{--}2450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обеспеченная в 90 % лет, в настоящее время существенно продвинулась к северу и проходит по южным районам Брянской, Орловской, Рязанской областей,

Республики Мордовия и далее к югу от Казани, Бугульмы (Республика Татарстан) и Уфы (Республика Башкортостан), где появилась возможность возделывать такую экономически выгодную теплолюбивую культуру, как подсолнечник, причем не только скороспелые, но и высокопродуктивные раннеспелые сорта и гибриды, вегетационный период которых длится 85–90 дней.



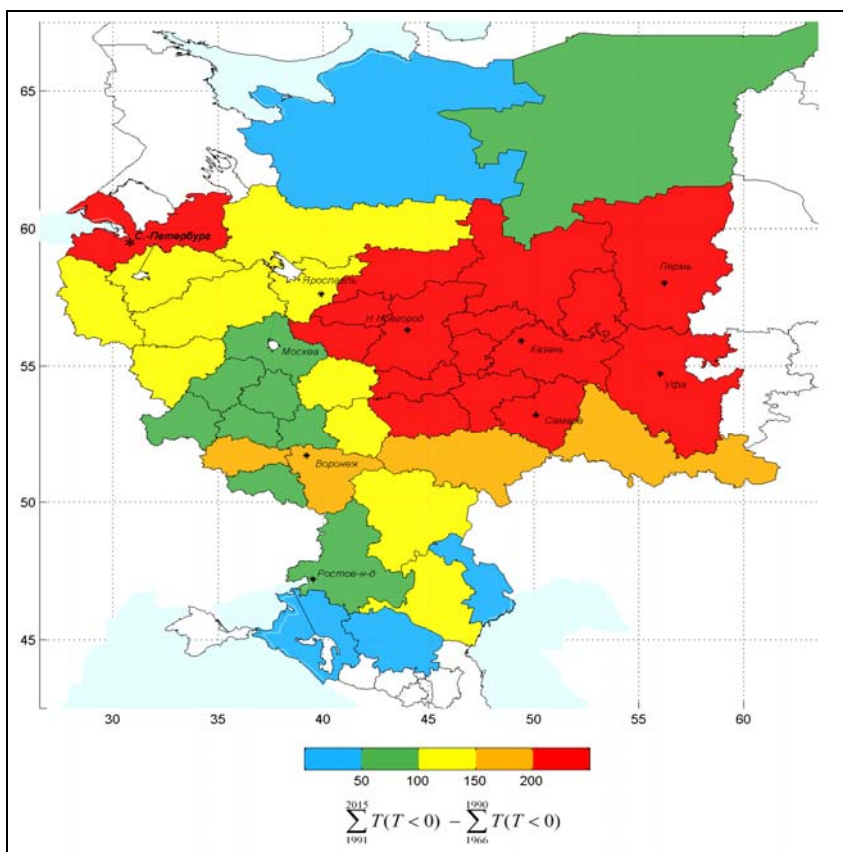
**Рис. 1. Изменение сумм активных температур воздуха выше 10 °С в период 1991–2015 гг. по сравнению с периодом 1966–1990 гг.**

Отметим, что опыт ряда хозяйств в последние годы подтверждает целесообразность возделывания подсолнечника в этих районах для получения маслосемян: по данным Росстата, средняя

по Рязанской и Орловской областям урожайность семян подсолнечника, например, в 2013 г. составила 17,5 и 24,1 ц/га соответственно, что является рентабельным для хозяйств этих субъектов. В южных районах европейской части в связи с большими суммами тепла, остающегося после уборки основных зерновых колосовых культур, появляется возможность для расширения посевов вторых (пожнивных) культур, что способствует более рациональному землепользованию и увеличению выхода растениеводческой продукции. Так, например, на большей части Южного федерального округа после уборки основной культуры – озимой пшеницы, по расчетам, остается еще сумма температур выше 10°C, равная 1400–1800 °C, что достаточно для созревания такой ценной белковой культуры, как горох, причем не только раннеспелых, но и среднеспелых сортов. Положительные последствия потепления климата характерны в разной степени для большинства районов европейской части России. Однако в ряде районов они таковыми не являются, о чем будет сказано ниже.

Так, благоприятным для большинства районов является увеличение повторяемости теплых зим. Наши исследования показали, что на преобладающей части Европейской территории России суммы отрицательных температур воздуха ниже 0 °C в период 1991–2015 гг. уменьшились по сравнению с периодом 1966–1990 гг. на 150–200 °C и более (рис. 2), что благоприятно для зимовки озимых зерновых культур.

Такой вывод справедлив лишь для районов, где преобладающей причиной повреждений и гибели озимых культур является вымерзание. В северо-восточных районах европейской части России, где снежный покров обычно бывает высоким, а почва промерзает при этом не глубоко, а в отдельные годы остается даже талой, агрометеорологические условия зимовки озимых культур при потеплении, напротив, ухудшились. Это обусловлено тем фактом, что температура почвы на глубине узла кущения озимых (3 см), которая является комплексным показателем условий зимовки, повысилась в среднем до значений, при которых при длительной в этих районах зимовке происходят процессы выпревания [7]. При этом возникает необходимость подбора сортов озимых культур, устойчивых к выпреванию.



**Рис. 2. Изменение сумм отрицательных температур воздуха (°C) в период 1991–2015 гг. по сравнению с периодом 1966–1990 гг.**

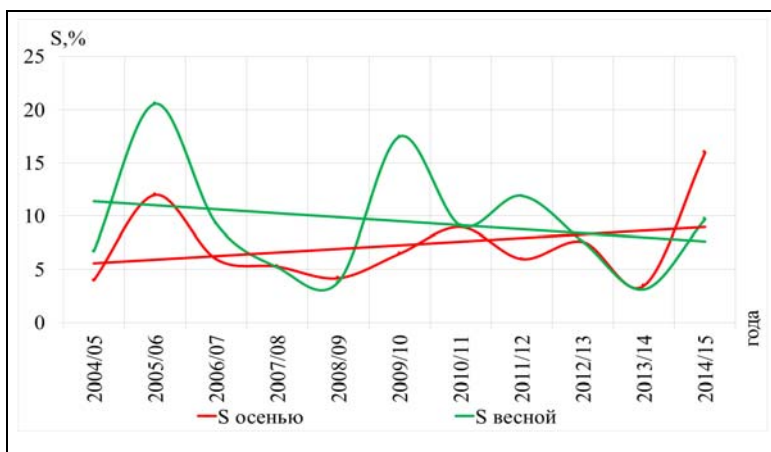
Рассмотрим более подробно изменение комплексного показателя условий зимовки озимых культур – минимальной температуры почвы на глубине залегания узла кущения. За рассмотренный нами период (с 1973 по 2014 г.) в северо-восточных районах средняя по субъектам температура на глубине 3 см (по Кировской и Ярославской областям, например) повышалась в среднем со скоростью 0,6 °C/10 лет и в конце периода составила, соответственно, -3,5 и -3,7 °C (рис. 3).



**Рис. 3. Динамика минимальной температуры почвы на глубине узла кущения озимых зерновых культур (3 см) по Ярославской и Кировской областям за период с 1973/1974 по 2013/2014 гг.**

В таких температурных условиях в период зимовки повреждение растений вследствие выпревания увеличиваются. Следствием этого процесса в северо-восточных районах явилась положительная динамика площадей озимых культур в плохом состоянии после возобновления вегетации их весной. Однако в целом по Российской Федерации площади озимых культур в плохом состоянии весной уменьшаются, так как наибольшие площади озимых сосредоточены в южных районах европейской части, где основной причиной, как указывалось выше, является вымерзание при небольшом снежном покрове. Средняя температура почвы на глубине 3 см здесь также повысилась, и вероятность вымерзания посевов значительно уменьшилась. Это явилось благоприятным фактором, и площади повреждений и гибели озимых весной ( $S_B$ ) в России в целом (в связи с большим удельным весом озимых в южных районах) в период наблюдавшегося «потепления зим» уменьшались.

Как можно видеть на рис. 4, площадь с плохим состоянием озимых культур весной в целом по Российской Федерации за период с 2004/2005 по 2014/2015 г. уменьшилась с 12 % (от общей посевной площади) в начале периода до 7,5 % в конце его.

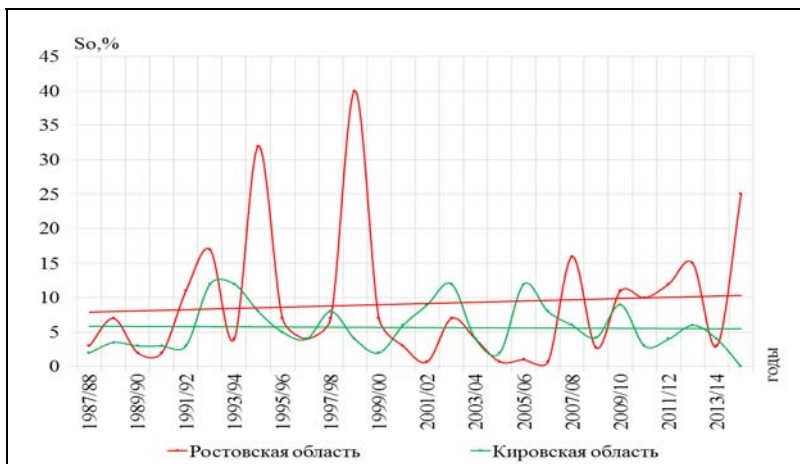


**Рис. 4. Динамика площадей с плохим состоянием озимых зерновых культур осенью и весной в % от общей посевной площади по России за период с 2004/2005 по 2014/2015 г.**

При этом, как известно, большой вклад в исход зимовки озимых культур вносят сроки и условия сева и осенней вегетации растений, которые определяют их состояние после прекращения вегетации [7, 12]. В зависимости от этих условий он колеблется от 15 до 40 %. Известно, что площадь озимых зерновых культур в плохом состоянии весной  $S_v$ , как и других травянистых растений [7], включает в себя площадь в плохом состоянии посевов осенью  $S_o$  и площадь повреждений их в зимний период  $S_z$ , т. е.  $S_v = S_o + S_z$ . Чаще всего большие площади  $S_o$  наблюдаются из-за засух в период сева и вегетации растений осенью (август-сентябрь), особенно в Черноземной зоне [7]. Наиболее характерно это для южной половины Приволжского, юго-востока Центрального и северных районов Южного федеральных округов, что, естественно, прямым образом отражается на площади озимых в плохом состоянии осенью в целом по России. На рис. 4 показана динамика площадей с плохим состоянием озимых осенью по Российской Федерации. За период с 2004/2005 по 2014/2015 г. в целом по Российской Федерации она увеличивалась ежегодно на 0,34 % (от 5,5 % в начале периода до 9,0 % в конце).



Динамика площадей с плохим состоянием озимых культур осенью в качестве примера по Ростовской и Кировской областям показана на рис. 5, где видно, что в Ростовской области  $S_o$  увеличилась к концу рассматриваемого периода, а в Кировской области практически не изменилась.

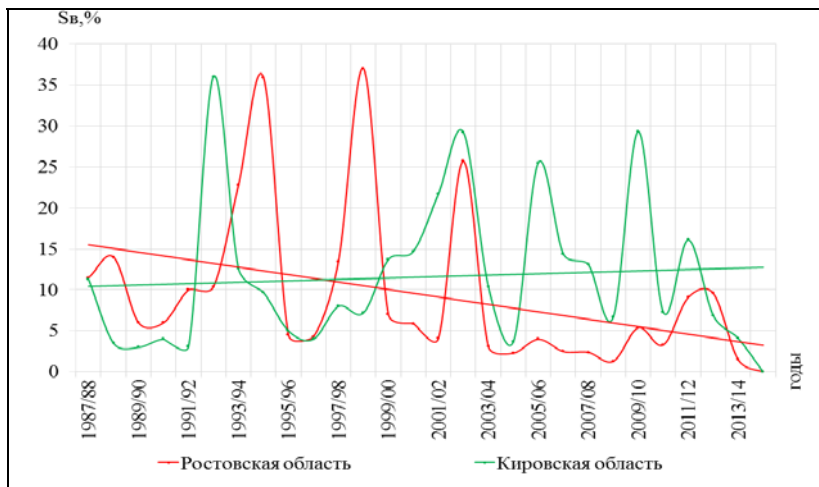


**Рис. 5. Динамика площадей с плохим состоянием озимых зерновых культур осенью в % от общей посевной площади по Ростовской и Кировской областям за период с 1987/1988 по 2014/2015 г.**

На рис. 6 также показана динамика площадей озимых в плохом состоянии весной в этих субъектах, где, напротив, наблюдается значительное уменьшение  $S_v$  к концу периода в Ростовской области, а в Кировской области площадь с плохим состоянием озимых культур весной увеличилась.

В связи с тем, что, основной причиной плохого состояния озимых культур осенью являются засухи [7, 12], для определения рисков засух на европейской части России нами была создана база данных по основному агрометеорологическому параметру, который характеризует условия увлажнения и атмосферные засухи – гидротермическому коэффициенту увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК), который численно равен отношению суммы осадков ( $\Sigma P$ ) к сумме температур ( $\Sigma T$ ), уменьшенной в 10 раз:  $ГТК = \Sigma P / 0,1 \Sigma T$ .

Расчеты велись за основной период сева и вегетации (август и сентябрь). ГТК за эти месяцы рассчитывались в среднем по субъектам Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.



**Рис. 6. Динамика площадей с плохим состоянием озимых зерновых культур весной в % от общей посевной площади по Ростовской и Кировской областям за период с 1987/88 по 2014/2015 г.**

Проведенный анализ значений ГТК по годам показал, что наибольшие площади с плохим состоянием посевов наблюдались в годы сильных засух, т. е. когда значение ГТК в среднем по субъектам было 0,60 и менее. Так, например, за последние десять лет значительные площади с плохим состоянием озимых в Российской Федерации (до 10–15 % от общей посевной площади, а в ряде субъектов Черноземной зоны до 20–30 %) наблюдались в условиях сильных засух в этих субъектах осенью 2005, 2009 и 2015 гг., что наглядно показано на рис. 4.

В связи с изложенным, по каждому субъекту указанных выше округов за период с 1966 по 2015 г. нами были рассчитаны риски (вероятность, %) сильных засух ( $ГТК \leq 0,60$ ) в августе и сентябре. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Риски сильных атмосферных засух (ГТК  $\leq 0,60$ ) за период  
1966–2015 гг.**

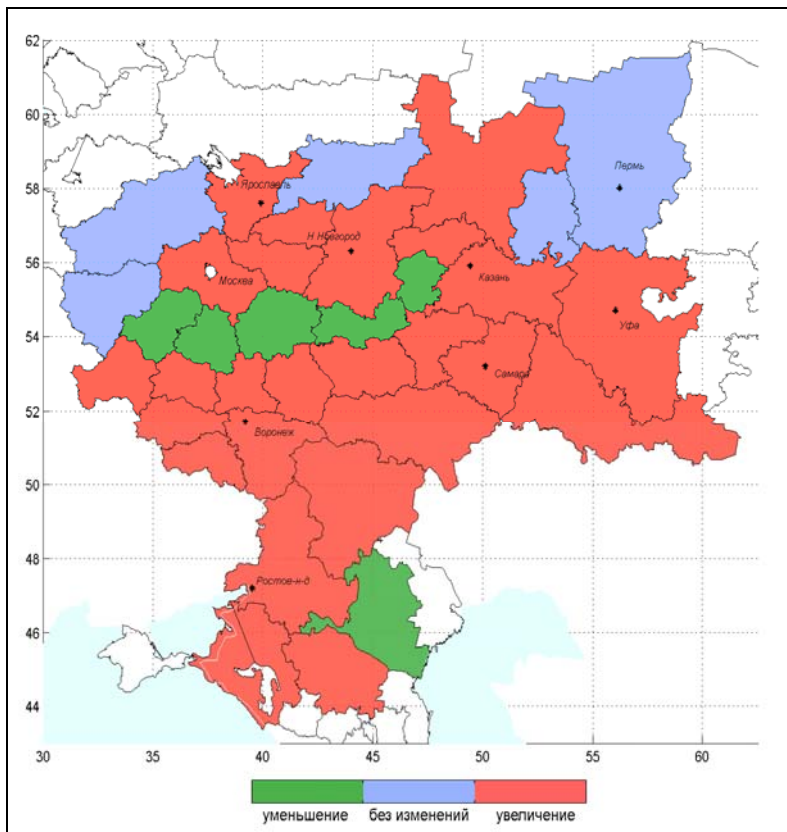
Субъект	Вероятность, %	
	август	сентябрь
<b>Центральный федеральный округ</b>		
Белгородская область	40	32
Брянская	20	16
Владимирская	22	6
Воронежская	50	36
Ивановская	16	10
Калужская	24	8
Костромская	8	4
Курская	32	20
Липецкая	30	20
Московская	12	4
Орловская	30	10
Рязанская	20	16
Смоленская	12	8
Тамбовская	44	34
Тверская	6	2
Тульская	30	12
Ярославская	10	2
<b>Приволжский федеральный округ</b>		
Республика Башкортостан	18	16
Марий-Эл	16	14
Мордовия	26	18
Татарстан	26	18
Чувашия	26	20
Удмуртская Республика	14	8
Кировская область	6	2
Нижегородская	16	10
Оренбургская	58	36
Пензенская	30	20
Самарская	38	34
Саратовская	56	34
Ульяновская	34	20
Пермский край	10	6

Субъект	Вероятность, %	
	август	сентябрь
<b>Южный и Северо-Кавказский федеральный округ</b>		
Республика Калмыкия	84	70
Волгоградская область	70	54
Ростовская	78	36
Краснодарский край	50	28
Ставропольский край	38	40

Из таблицы видно, что вероятность сильных засух в августе во всех округах значительно превосходит вероятность этого опасного агрометеорологического явления в сентябре, при этом наиболее часто сильные засухи наблюдаются в юго-восточных районах Приволжского федерального округа и северных районах Южного. Так, в Оренбургской, Саратовской, Волгоградской и Ростовской областях сильные засухи в августе наблюдались в основном в 6–7 годах из 10 лет, в Самарской, Белгородской, Воронежской, Тамбовской, Липецкой, Орловской, Рязанской областях и Краснодарском крае в 3–5 годах из 10. В сентябре вероятность засух в большинстве субъектов не превышает 10–18 %, однако в Самарской, Саратовской, Оренбургской, Тамбовской, Белгородской, Воронежской и Ростовской областях такие засухи в сентябре наблюдались в 32–36 % лет, что создает крайне неблагоприятные агрометеорологические условия для сева, появления всходов и развития озимых культур, обуславливает изреженность посевов и резкое ухудшение их состояния. Сроки сева в таких случаях передвигаются на более поздние, что создает угрозу слабого развития растений к концу вегетации и, следовательно, увеличивает вероятность их повреждений в зимний период. На юге Южного федерального округа и в Ставропольском крае в сентябре риски сильных засух такие же, но в этих районах осень более продолжительна, и средние многолетние сроки сева здесь приходится в основном на сентябрь.

Проведенный анализ погодичных скользящих значений ГТК в августе за 1982–2015 гг. на преобладающей территории европейской части России выявил существенное уменьшение значений ГТК от начала к концу периода. При разделении этого периода

на два подпериода (1982–1998 и 1999–2015 гг.) выявилось, что вероятность засух во втором периоде была значительно больше, чем в первом, т. е. наблюдалась тенденция увеличения рисков сильных засух в августе. Изменение рисков (вероятности сильных засух) показано на рис. 7.



**Рис. 7. Изменение рисков сильных атмосферных засух в августе за период 1999–2015 гг. по сравнению с 1982–1998 гг.**

Как видно на приведенном рисунке, в большинстве субъектов вероятность сильных засух увеличилась (в основном на 11–20 % и более). Можно также констатировать, что не изменилась

вероятность таких засух в эти периоды лишь на крайнем северо-востоке территории (Пермский край, Удмуртская Республика и Костромская область), где они весьма редки, и на северо-западе (Тверская, Смоленская области). В Калужской, Тульской, Рязанской областях, республиках Мордовия и Чувашия вероятность сильных засух в августе несколько уменьшилась (в основном на 6–10 %).

Изменчивость значений ГТК по годам (среднее квадратичное отклонение этого показателя) во втором периоде, как показали расчеты, также увеличилась, особенно в субъектах, где засухи наиболее часты (в южной половине Приволжского, на юго-востоке Центрального и севере Южного федеральных округов). В табл. 2 в качестве примера показаны средние значения ГТК и среднее квадратическое отклонение СКО этого показателя, рассчитанное по годам указанного периода по Центральному федеральному округу.

*Таблица 2*

**Изменчивость увлажнения (СКО) в августе в ЦФО за периоды 1982–1998 и 1999–2015 гг.**

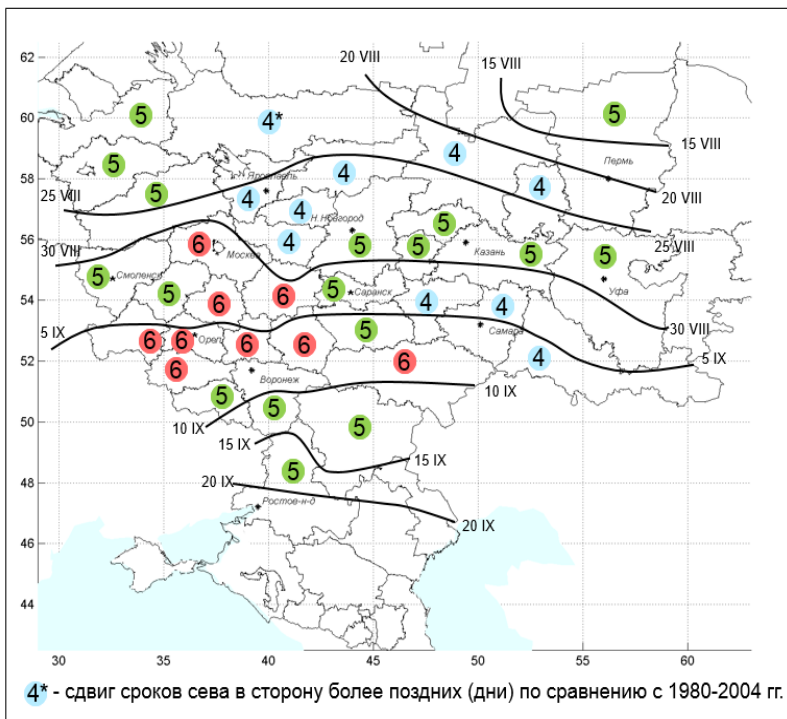
Субъект	1982–1998 гг.		1999–2015 гг.	
	Среднее значение ГТК	СКО	Среднее значение ГТК	СКО
Белгородская область	0,86	0,41	0,65	0,49
Брянская	1,20	0,69	1,01	0,56
Владимирская	1,24	0,57	1,06	0,55
Воронежская	0,73	0,33	0,56	0,38
Ивановская	1,27	0,65	0,99	0,53
Калужская	1,24	0,82	1,18	0,69
Костромская	1,50	0,71	1,32	0,55
Курская	0,96	0,35	0,78	0,63
Липецкая	0,85	0,39	0,83	0,62
Московская	1,35	0,68	1,20	0,62
Орловская	1,21	0,63	0,95	0,76
Рязанская	0,92	0,43	0,99	0,51
Смоленская	1,41	0,98	1,33	0,66
Тамбовская	0,75	0,32	0,74	0,46
Тверская	1,51	0,70	1,42	0,58

Можно отметить, что во втором периоде в большинстве субъектов округа среднее значение ГТК в августе было существенно меньше, чем в первом, т. е. увлажнение в этом периоде в целом уменьшилось. Изменчивость условий увлажнения (изменчивость ГТК) существенно увеличилась в основном в черноземных областях, а также в Орловской, Тульской, Рязанской областях. В большинстве нечерноземных областей округа изменчивость во втором периоде была в основном меньше, чем в первом. Наибольшее увеличение СКО во втором периоде наблюдалось в Курской, Липецкой и Тамбовской областях (на 30–45 %), в Воронежской и Белгородской областях – на 13–17 %.

В условиях увеличения повторяемости (вероятности, %) сильных засух в большинстве субъектов Черноземной зоны возникает необходимость отодвигать сроки сева на более поздние, т. е. на сентябрь, когда условия увлажнения по сравнению с августом улучшаются. В связи с этим необходимо было рассчитать оптимальные сроки сева, которые обеспечивали бы нормальное развитие растений (кустистость 3–4 побега) ко времени прекращения вегетации. Во многих случаях сдвиг сроков сева на более поздние бывает в этих районах вполне допустим, так как в связи с наблюдаемым потеплением продолжительность осенней вегетации озимых существенно увеличилась, что показано нами ранее [12] и оптимальные сроки сева в связи с этим изменились.

В данной работе были уточнены оптимальные сроки сева озимых с учетом последних семи лет (рис. 8). На рисунке показан также сдвиг расчетных оптимальных сроков сева на текущий период (в настоящее время) по сравнению с 1980–2004 гг. Использование на практике этих сроков сева может являться одной из предлагаемых адаптационных мер в изменившихся агроклиматических условиях (при увеличении повторяемости засух осенью и увеличившейся продолжительности осенней вегетации растений) и будет способствовать уменьшению площадей озимых в плохом состоянии осенью (изреженных и невзошедших). Однако следует заметить, что в связи с тем, что изменчивость условий увлажнения в большинстве районов черноземной зоны увеличилась, эта мера не исключает необходимости использования в период осеннего сева озимых культур составляемых в Гидрометцентре России

прогнозов погоды на месяц и десять дней, что в ряде случаев помогает скорректировать указанные сроки сева в зависимости от сложившихся в текущем году конкретных агрометеорологических условий.



**Рис. 8. Оптимальные сроки сева на европейской части России (2005–2014 гг.)**

### **Динамика условий увлажнения и засух в основной период весенне-летней вегетации озимой и яровой пшеницы**

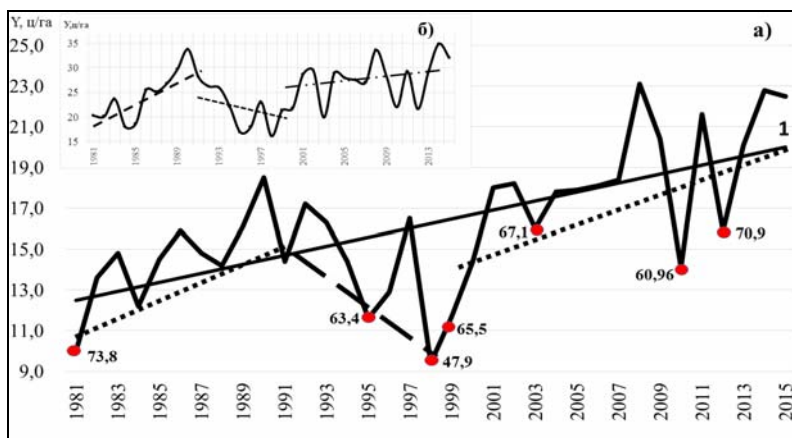
Как известно, одной из наиболее важных стратегических задач АПК России является устойчивое производство зерновых культур для обеспечения потребностей населения и достижения приемлемого уровня продовольственной безопасности. Наблюдавшиеся значительные колебания урожайности и валовых сборов зерна в



нашей стране обусловлены в основном сильными засухами [6, 11, 13–15]. Они не только снижают урожайность зерновых культур, но и вызывают гибель посевов на больших площадях. Так, в 2009 г. от засухи погибли посевы (в основном зерновых культур) на площади 4,48 млн га, в наиболее жестокую засуху 2010 года гибель посевов наблюдалась на площади 13,3 млн га, в менее обширную и менее интенсивную засуху 2012 г. посевы погибли на площади 5,75 млн га, а в условиях локальных засух 2013 и 2015 гг. гибель посевов составляла, соответственно, 2,4 и 2,0 млн. га.

На рис. 9 а показана динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур (с посевной площади) в Российской Федерации за последние 35 лет.

На основании анализа этой динамики можно судить о потерях (крупных недоборах урожая) по сравнению с общей положительной тенденцией урожайности за этот период.



**Рис. 9.** Динамика урожайности (ц/га с посевной площади) зерновых и зернобобовых культур (а) и озимой пшеницы (б) за период с 1981 по 2015 г. (1 – линия тренда).

В то же время на основе анализа приведенных здесь же кусочно-линейных трендов, необходимо отметить, что в годы происходивших структурных изменений в сельскохозяйственной отрасли, ухудшением материально-технической базы хозяйств, снижением

количества удобрений в менее сильную и обширную засуху 1998 г., например, урожайность зерновых культур была на 35 % ниже, чем в наиболее жестокую засуху 2010 г., но наблюдавшуюся при более высоком агротехнологическом фоне.

Аналогичная ситуация выявляется и при анализе динамики урожая озимой пшеницы – основной зерновой культуры, которая дает около 40 % валового сбора зерна в стране (рис. 9 б). Почти в такой же степени влияние засух сказывается и на колебаниях урожайности яровой пшеницы – ценной продовольственной культуры. Отметим, что валовой сбор озимой и яровой пшеницы составляет около 60 % от общего валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур. Основные площади озимой и яровой пшеницы сосредоточены на европейской части России, в связи с этим влияние условий увлажнения и атмосферных засух на их продуктивность проводилась нами на этой территории. В работах, выполненных нами, а также другими исследователями [6, 10, 11, 13–15] показано, что наибольшее влияние на урожайность зерновых колосовых культур, в том числе яровой и озимой пшеницы, в период весенне-летней вегетации оказывают условия увлажнения в мае-июне. На преобладающей территории Приволжского, южной половины Центрального и северных районов Южного федеральных округов эти условия можно считать наиболее важными или «критическими» для формирования урожая яровой и озимой пшеницы. Условия атмосферного увлажнения в период весенне-летней вегетации этих культур нами, как и в осенний период, характеризовались общепринятым в агрометеорологии и в смежных областях гидротермическим коэффициентом увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) [14].

На первом этапе исследований условий увлажнения и засух применительно к возделыванию яровой и озимой пшеницы была сформирована база данных рассчитанных в среднем по субъектам значений ГТК за май, июнь и в среднем за май-июнь за период с 1966 по 2015 год.

По всем субъектам европейской части России за основной период глобального потепления (1971–2010 гг.) были рассчитаны средние по десятилетиям этого периода значения ГТК за май и июнь (а также за последнее пятилетие с 2011 по 2015 г.).

Полученные данные осреднялись по округам (табл. 3). Анализ этих данных показывает, что в Центральном федеральном округе в мае самым «сухим» было второе десятилетие (1981–1990 гг.), когда в округе наблюдались две сильные засухи (1981 и 1984 гг.).

*Таблица 3*

**Значения гидротермического коэффициента увлажнения (ГТК) в мае и в июне в федеральных округах европейской части России (1971-2015 гг.)**

Годы	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО
<b>май</b>				
1971–1980	1,52	1,01	0,81	1,03
1981–1990	1,02	1,03	0,86	1,33
1991–2000	1,29	1,23	0,95	1,40
2001–2010	1,22	1,06	0,94	1,48
2011–2015	1,10	0,73	0,91	1,32
<b>июнь</b>				
1971–1980	1,31	1,22	0,79	0,95
1981–1990	1,63	1,27	0,90	1,48
1991–2000	1,28	1,07	0,82	1,36
2001–2010	1,31	1,21	0,72	1,25
2011–2015	1,40	1,15	0,81	1,15

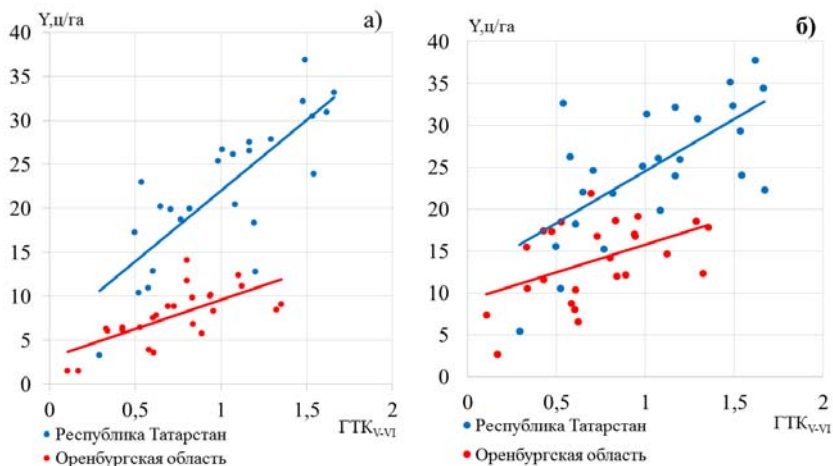
В Приволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах наиболее сухим в этом месяце было первое десятилетие (1971–1980 гг.), когда сильные засухи наблюдались в 1972, 1975 и 1979 гг. Отметим, что в Приволжском федеральном округе наиболее сухим оказалось и последнее пятилетие, когда засухи (в основном в юго-восточной половине округа) наблюдались в 2012 и 2013 гг. (в Оренбургской области сильная засуха наблюдалась и в 2015 г.). В июне в Центральном и Приволжском федеральных округах самым сухим было десятилетие 1991–2000 гг., засухи в этих округах наблюдались в 1995, 1998 и 1999 гг. (в Приволжском федеральном округе и в 1991 г.). В Южном федеральном округе очень сухим в июне оказалось десятилетие 2001–2010 гг., сильные засухи и недобор урожая озимой пшеницы здесь наблюдались в 2002, 2003, 2007 гг., а в Северо-Кавказском федеральном округе

(Ставропольский край) засушливым был период 1971–1980 гг., когда сильные засухи отмечались в 1975, 1979 гг. Из приведенных данных следует, что определенной тенденции в условиях увлажнения по округам в целом по десятилетиям не выявлено и для оценки засушливости территорий таких данных недостаточно, в основном в связи с их малой информативностью из-за осреднения очень разных по увлажнению территорий. Так, в Южном и Приволжском федеральных округах различия в условиях увлажнения в южных и северных районах этих округов весьма значительны, а осреднение нивелирует различия в агроклиматических ресурсах территорий.

В более ранних работах [6, 10, 13, 14] было показано, что наибольшее влияние на урожайность зерновых колосовых культур в основных зерносеющих районах европейской части России оказывают условия увлажнения в мае-июне. Влияние увлажнения на урожайность озимой и яровой пшеницы в современных изменившихся агрометеорологических условиях (1991–2015 гг.) в качестве примера показано на рис. 10 по Республике Татарстан и Оренбургской области, где приводятся зависимости урожайности этих культур от среднего за май-июнь гидротермического коэффициента ( $ГТК_{V-VI}$ ).

Как видно на рисунке, наиболее четко прямая зависимость (коэффициент корреляции равен 0,80) урожайности яровой пшеницы от условий увлажнения в мае-июне (или от  $ГТК$  за май-июнь) наблюдается в Республике Татарстан. Уравнение такой зависимости, например, имеет вид:  $Y = 16,054ГТК_{V-VI} + 5,953$ . Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,64$ , по Оренбургской области  $R^2 = 0,47$ . Близки по значениям они и в других субъектах Приволжского федерального округа, а также на севере Южного и юго-востоке Центрального федеральных округов. В связи с этим можно заключить, что в среднем более 50 % изменчивости урожайности яровой пшеницы по годам определяются условиями увлажнения в мае-июне. Отметим, что связь урожайности озимой пшеницы с  $ГТК_{V-VI}$  несколько менее тесная, коэффициент детерминации в полученных уравнениях для озимой пшеницы не превышает 0,36–0,44, в связи с чем примерно лишь до 40 % изменчивости урожайности по годам описываются условиями увлажнения в мае-июне. Это можно объяснить большой ролью весенних влагозапасов в почве, когда

озимая пшеница уже вегетирует и хорошо использует весеннюю влагу, а яровая пшеница только сеется, а также определенным влиянием на урожайность озимой пшеницы осенне-зимних условий. С учетом установленной значимости условий увлажнения в мае-июне основное внимание в исследованиях уделялось анализу этих условий и анализу засух.

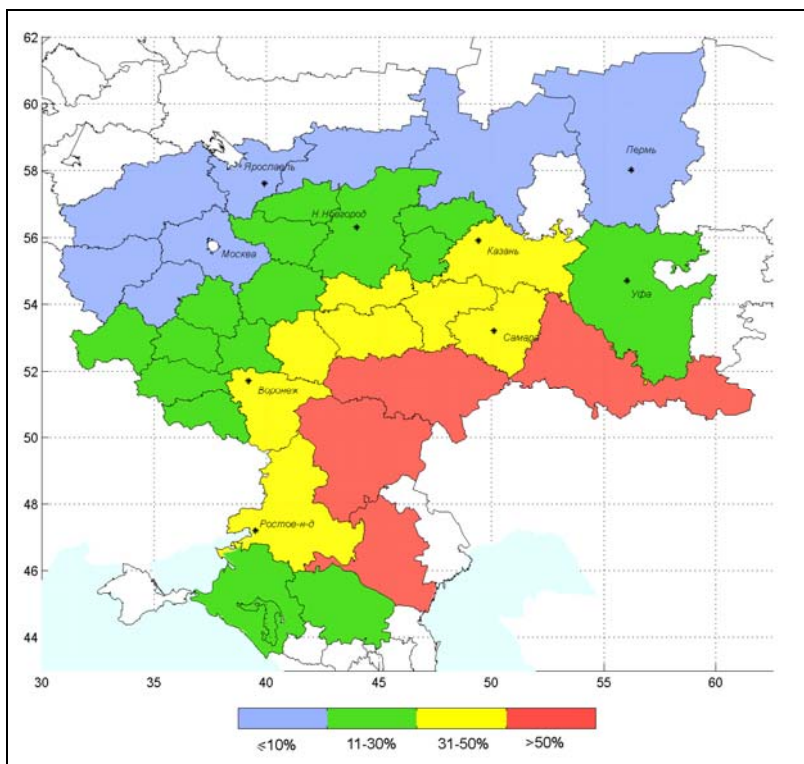


**Рис. 10. Зависимость урожайности яровой (а) и озимой (б) пшеницы от гидротермического коэффициента за май-июнь по Республике Татарстан и Оренбургской области.**

Засушливость территорий обычно характеризуют основываясь на анализе повторяемости как сильных, так и средних атмосферных засух. Как известно, сильные засухи за любой период (не менее месяца) характеризуются  $ГТК \leq 0,60$ , средние –  $ГТК = 0,61-0,80$  и слабые –  $ГТК = 0,81-1,00$  [14]. Наибольшее потери зерна обуславливают сильные засухи, а во многих случаях и средние. Слабые засухи обычно мало влияют на формирование урожая.

На европейской части России засушливость с точки зрения влияния ее на формирование урожая озимой и яровой пшеницы характеризовалась нами на основе проведенных расчетов рисков

(вероятность, %) сильных и средних засух без их разделения (т. е. рисков  $ГТК_{v-vI} \leq 0,80$ ). Вероятность таких засух за период с 1966 по 2015 г. в мае-июне представлена на рис. 11.



**Рис. 11. Вероятность (%) атмосферных засух ( $ГТК \leq 0,80$ ) в мае-июне за период 1966–2015 гг.**

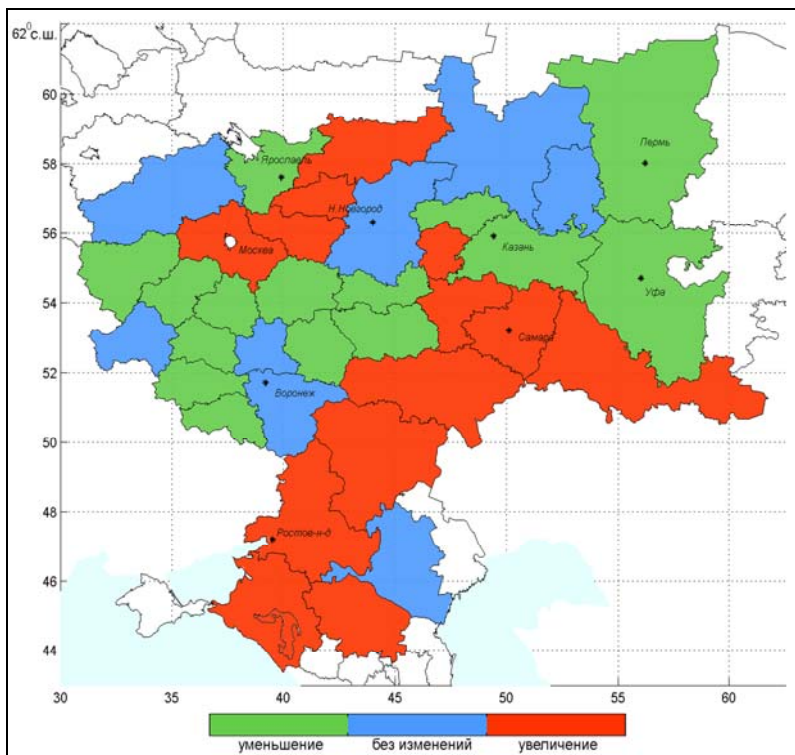
Из анализа рис. 11 можно сделать вывод, что риски этих засух в мае-июне (т. е. вероятность значений  $ГТК_{v-vI}$ , равных 0,80 и менее) в республиках Татарстан и Мордовия, в Самарской, Ульяновской, Пензенской, Тамбовской, Воронежской и Ростовской областях значительны и наблюдаются в трех-пяти годах из десяти лет. Наиболее значительные риски засух (в шести-семи годах из десяти лет) наблюдаются в Саратовской, Оренбургской, Волгоградской

областях и в Республике Калмыкия. Эта территория на европейской части России самая засушливая и наиболее важным мероприятием для адаптации к наблюдающимся засушливым условиям является мелиорация. В Курской, Калужской, Белгородской, Орловской, Липецкой, Тульской, Рязанской, Ивановской, Владимирской, Нижегородской областях, республиках Марий Эл, Чувашия, Башкирия и Удмуртии, а также в Краснодарском и Ставропольском краях вероятность таких засух составляет в основном 15–20 %, а на остальной территории зерносеющих районов европейской части она не превышает 4–10 % (в Тверской области за рассматриваемый период такой длительной засухи не наблюдалось).

В практическом земледелии для принятия оптимальных решений по адаптации к меняющимся агроклиматическим условиям важно знать не только риски засух в количественном выражении за какой-то период, но и их динамику или тенденцию изменений. Целесообразно, на наш взгляд, рассматривать ее за более короткий (тридцатилетний) период. С этой целью нами были рассчитаны риски сильных и средних засух в мае-июне ( $ГТК \leq 0,80$ ) за период 2001–2015 гг. по сравнению с 1986–2000 гг. Результаты расчетов показаны на рис. 12.

Оказалось, что на территории Центрального федерального округа риски таких засух в 2001–2015 гг. увеличились по сравнению с 1986–2000 гг. на 7–20 % лишь в Московской, Владимирской, Ивановской и Костромской областях. В Тверской, Брянской, Липецкой и Воронежской областях они практически не изменились, а на остальной преобладающей территории округа риски средних и сильных засух уменьшились на такую же величину. В Приволжском федеральном округе увеличение рисков таких засух на 7–20 % наблюдалось в Саратовской, Оренбургской, Ульяновской областях и Республике Чувашия (в Самарской области на 34 %), т. е. на территории, где сосредоточены основные площади яровой и озимой пшеницы. Не изменились риски этих засух в Нижегородской, Кировской областях и Удмуртской Республике, а в остальных субъектах округа во втором периоде риски уменьшились на 7–20 %. Наиболее значительное изменение рисков сильных

и средних засух в мае-июне ( $\text{ГТК} \leq 0,80$ ) наблюдалось в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, где они увеличились в Ростовской области на 14 %, в Волгоградской области, Краснодарском и Ставропольском краях на 26–34 %. Лишь в Республике Калмыкия изменения рисков не наблюдалось.



**Рис. 12. Риски (вероятность, %) сильных и средних засух в мае-июне ( $\text{ГТК} \leq 0,80$ ) за период 2001–2015 гг. по сравнению с 1986–2000 гг.**

В связи с тем, что наиболее значительные колебания (снижение) урожайности зерновых культур обусловлены влиянием сильных засух ( $\text{ГТК} \leq 0,60$ ), по субъектам европейской части России нами были рассчитаны риски (вероятность, %) таких засух в мае, июне и в среднем за май-июнь за период 1966–2015 гг. (табл. 4).



Таблица 4

**Риски (вероятность, %) сильных засух (ГТК  $\leq 0,60$ ) в мае, июне и мае-июне за период 1966–2015 гг.**

Субъект	ГТК $\leq 0,60$		
	май	июнь	май-июнь
<b>Центральный федеральный округ</b>			
Белгородская область	22	16	8
Брянская	12	6	2
Владимирская	12	10	2
Воронежская	30	28	20
Ивановская	18	16	6
Калужская	10	8	4
Костромская	2	4	2
Курская	22	10	6
Липецкая	30	20	16
Московская	16	10	2
Орловская	16	10	4
Рязанская	28	14	6
Смоленская	8	2	2
Тамбовская	40	20	18
Тверская	4	6	0
Тульская	28	10	6
Ярославская	8	10	0
<b>Приволжский федеральный округ</b>			
Республика Башкортостан	26	18	12
Марий-Эл	22	14	12
Мордовия	36	14	18
Татарстан	38	28	18
Чувашия	26	16	10
Удмуртская Республика	18	10	4
Кировская область	4	6	0
Нижегородская	18	8	6
Оренбургская	42	30	34
Пензенская	32	12	18
Самарская	44	22	24
Саратовская	44	36	34
Ульяновская	32	20	24
Пермский край	6	2	0

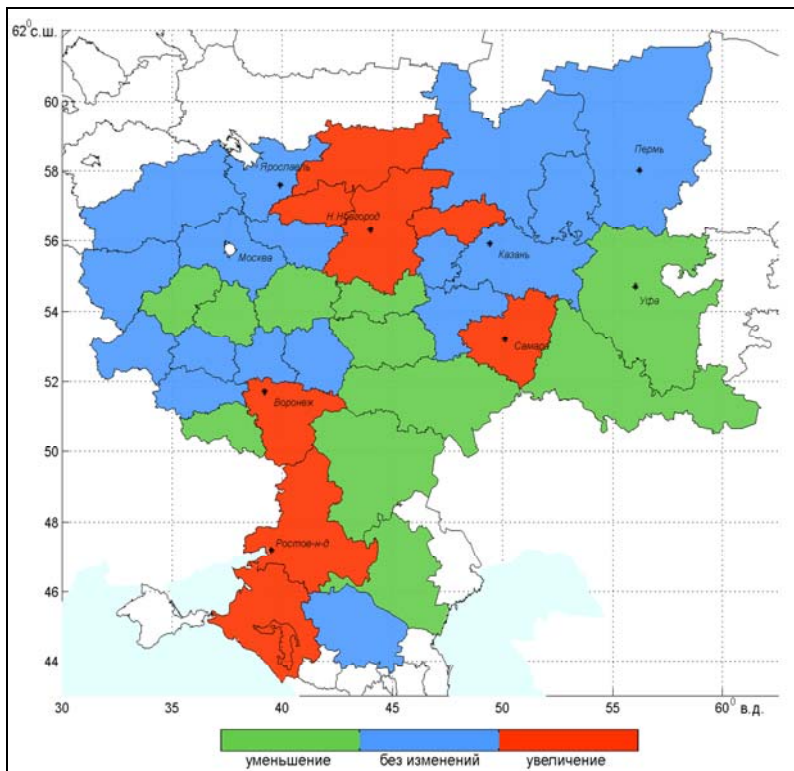
Субъект	ГТК ≤ 0,60		
	май	июнь	май-июнь
<b>Южный и Северо-Кавказский федеральный округ</b>			
Республика Калмыкия	54	58	52
Волгоградская область	50	48	42
Ростовская	26	26	28
Краснодарский край	8	10	6
Ставропольский край	6	6	6

Из анализа таблицы следует, что наиболее часто сильные засухи в Центральном и Приволжском федеральных округах наблюдались в мае; в июне в большинстве субъектов этих округов риски таких засух несколько уменьшались – в основном на 7–12 %, а в Тамбовской, Пензенской, Самарской областях и Республике Мордовия на 20–22 %.

Риски сильных засух, когда в среднем за май-июнь значения ГТК ≤ 0,60 наблюдались в двух-трех годах из десяти, отмечены в Воронежской, Тамбовской, Пензенской, Ульяновской, Самарской, Саратовской, Оренбургской и Ростовской областях, республиках Татарстан и Мордовия; Волгоградской области и Республике Калмыкия вероятность таких засух составляла 42–52 %, т. е. такие засухи наблюдались в 4–5 годах из десяти.

Динамику изменения рисков сильных засух (ГТК ≤ 0,60) в мае-июне по субъектам европейской части России мы рассматривали также за последние тридцать лет (1986–2015 гг.), разделив этот период на два подпериода. На рис. 13 показано изменение рисков таких засух в 2001–2015 гг. по сравнению с 1986–2000 гг. В динамике этих засух прослеживается важная особенность: на большей части Центрального и особенно Приволжского федеральных округов риски сильных засух во втором периоде уменьшились (в основном на 7–13 %) либо практически не изменились. Увеличение рисков сильных засух наблюдалось в Воронежской, Самарской, Нижегородской, Владимирской, Костромской областях и Республике Марий Эл. В Южном федеральном округе риски сильных засух почти также уменьшились (на 7–14 %) только в Волгоградской области и Республике Калмыкия, однако в Ростовской

области и Краснодарском крае риски таких засух, напротив, увеличились на 13–26 %. Таким образом, в разных субъектах тенденции изменений частоты (вероятности, %) сильных засух оказались разнонаправленными.



**Рис. 13. Изменение рисков сильных засух (GTK ≤ 0,60) в мае-июне в 2001–2015 гг. по сравнению с 1986–2000 гг.**

Нами также была рассчитана изменчивость (среднее квадратическое отклонение СКО) условий увлажнения (погодичных значений GTK за май-июнь) по субъектам Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2001–2015 гг. по сравнению с 1986–2000 гг. (табл. 5).

Таблица 5

**Изменчивость условий увлажнения в мае-июне за 1986–2000 гг.  
и 2001–2015 гг.**

Субъект	1986–2000 гг.		2001–2015 гг.	
	средн. ГТК	СКО	средн. ГТК	СКО
<b>Центральный федеральный округ</b>				
Белгородская область	1,19	0,38	1,08	0,28
Брянская	1,38	0,37	1,34	0,32
Владимирская	0,30	0,29	1,40	0,58
Воронежская	0,92	0,22	0,85	0,24
Ивановская	1,25	0,32	1,26	0,55
Калужская	1,49	0,39	1,49	0,34
Костромская	1,61	0,56	1,43	0,42
Курская	1,20	0,39	1,11	0,27
Липецкая	1,18	0,47	0,94	0,24
Московская	1,35	0,36	1,39	0,45
Орловская	1,31	0,37	1,19	0,28
Рязанская	1,09	0,53	1,16	0,33
Смоленская	1,53	0,49	1,60	0,52
Тамбовская	1,04	0,44	1,06	0,33
Тверская	1,51	0,55	1,58	0,32
Тульская	1,29	0,46	1,22	0,33
Ярославская	1,61	0,51	1,31	0,30
<b>Приволжский федеральный округ</b>				
Республика Башкортостан	1,05	0,45	1,12	0,45
Марий-Эл	1,13	0,40	1,06	0,42
Мордовия	1,10	0,43	1,09	0,36
Татарстан	1,05	0,42	1,03	0,41
Чувашия	1,13	0,41	1,03	0,32
Удмуртская Республика	1,37	0,55	1,27	0,49
Кировская область	1,52	0,50	1,43	0,35
Нижегородская	1,22	0,52	1,19	0,37
Оренбургская	0,75	0,37	0,72	0,32
Пензенская	1,03	0,48	1,04	0,33
Самарская	0,93	0,40	0,80	0,35
Саратовская	0,82	0,37	0,74	0,22
Ульяновская	1,14	0,53	0,91	0,35
Пермский край	1,72	0,71	1,52	0,42

Субъект	1986–2000 гг.		2001–2015 гг.	
	средн. ГТК	СКО	средн. ГТК	СКО
<b>Южный и Северо-Кавказский федеральный округ</b>				
Республика Калмыкия	0,68	0,30	0,73	0,25
Волгоградская область	0,78	0,34	0,64	0,18
Ростовская	0,92	0,22	0,80	0,25
Краснодарский край	1,38	0,37	1,17	0,42
Ставропольский край	1,44	0,39	1,32	0,38

В большинстве субъектов Центрального федерального округа существенных изменений средних по периодам ГТК, а также СКО практически не наблюдалось. Однако в Приволжском федеральном округе в большинстве субъектов среднее значение ГТК во втором периоде уменьшалось, т. е. этот период в среднем оказался «более сухим». Хотя значения СКО в среднем также уменьшались, колебания урожайности озимой и яровой пшеницы во многих субъектах оставались значительными. Так, например, на юго-востоке округа (в Оренбургской и Саратовской областях) наблюдалась тенденция снижения урожайности со скоростью 0,17 ц/га/год и 0,34 ц/га/год соответственно. В Саратовской области, например, снижение урожайности озимой пшеницы от начала к концу периода составило 4,5 ц/га, в Оренбургской области – 2,5 ц/га.

Значительное уменьшение ГТК и увеличение изменчивости увлажнения (увеличение СКО) во втором периоде наблюдалось в субъектах северных районов Южного федерального округа. В Ростовской области, например, СКО во втором периоде было примерно на 12 % большим по значению, чем в первом, при этом устойчивость урожаев озимой пшеницы на фоне ухудшения условий увлажнения уменьшалась. Тенденция средней по области урожайности была положительной (в основном за счет интенсивных технологий), но при этом погодичный прирост урожайности был небольшим и в целом за период урожайность увеличилась лишь на 2,0 ц/га.

Как известно из [5, 16], применительно к задачам оценки влияния изменений климатических (агроклиматических) условий при глобальном потеплении на производство растительной продукции

риск ассоциируется с вероятностью (климатической повторяемостью) потерь, превосходящих некоторый критический уровень, т. е. под риском недобора урожая, обусловленных неблагоприятным воздействием опасного погодного явления, понимаются хозяйственно значимые отклонения урожайности от средней многолетней величины.

Насколько близки риски сильных засух и значительного недобора урожая (в нашем случае из-за засух) можно определить, сопоставив количественные значения вероятности сильных засух в мае-июне, когда  $ГТК \leq 0,60$ , и недобора урожая (отклонений урожайности от средней многолетней) рассматриваемых культур за один и тот же период (в нашем случае 1986–2015 гг.). За критический уровень недобора урожая мы приняли отклонение средней по субъекту урожайности яровой и озимой пшеницы от среднего значения за период 1986–2015 гг., равное 20 % и более, т. е. такое значение отклонения урожайности от средней, когда в регионе создается угроза недостатка продовольственного зерна для бесперебойного обеспечения населения и других нужд и возникает необходимость его закупки за пределами региона.

Земледельцы при этом терпят убытки, особенно если посевы не застрахованы, так как наблюдается не только снижение урожайности, но часть посевов в условиях сильных засух может погибнуть. Повторяемость неурожайных лет (недобора урожая) рассчитывалась как отношение числа лет с урожайностью 20% и более от средней многолетней за рассматриваемый период к общему числу лет за тот же период. Результаты таких расчетов приведены в табл. 6.

Можно отметить, что для засушливых территорий риски (вероятность, %) сильных засух в мае-июне ( $ГТК_{v-vi} \leq 0,60$ ), а по отдельным субъектам в июне, наиболее критичном периоде вегетации яровой пшеницы, близки по величине, а в отдельных субъектах они совпадают. Например, в Саратовской области вероятность сильных засух в мае-июне ( $ГТК_{v-vi} \leq 0,60$ ) составляет 30 %, а вероятность недобора урожайности более 20 % от средней многолетней для преобладающей здесь яровой пшеницы тоже равна 30 %, а для озимой пшеницы – 33 %. В Воронежской области

вероятность  $ГТК_{v_i} \leq 0,60$  составляет 20 % и вероятность недобора урожайности преобладающей в этом субъекте озимой пшеницы такая же. Аналогичная ситуация наблюдается и в Ростовской области, где риски недобора урожайности для озимой пшеницы, равно-го 20 % и более, и вероятности сильных засух в мае-июне совпадают.

Таблица 6

**Риски сильных засух в мае-июне ( $ГТК \leq 0,60$ ) и отклонений урожайности, равных 20 % и более ( $\Delta Y$ ) от средней за 1986–2015 гг.**

Территория	Вероятность, %		
	$ГТК_{v_i} \leq 0,60$	$\Delta Y$ , яровая пшеница	$\Delta Y$ , озимая пшеница
Республика Башкортостан	17 (23)*	27	23
Татарстан	20 (37)*	37	30
Оренбургская область	37	30	27
Самарская	23 (27)*	27	27
Саратовская	30	30	33
Ульяновская	20	27	17
Воронежская	13 (20)*	27	20
Тамбовская	13 (20)*	27	13
Ростовская	20	33	20

Примечание: \* вероятность  $ГТК \leq 0,60$  в июне.

### Выводы

Результаты исследований показали, что суммы активных температур выше 10 °С на европейской части России увеличились в большинстве районов на 190–240 °С. Это позволяет возделывать теплолюбивые культуры, например подсолнечник, в более северных районах территории по сравнению с тем, что практикуется в настоящее время.

Потепление зим благоприятно для зимовки озимых зерновых культур на большей части европейской части России. На северо-востоке территории оно несколько ухудшило условия зимовки.

Показано, что в результате увеличения вероятности сильных засух в период сева и начала вегетации озимых культур осенью

возникает необходимость отодвигать сроки сева на более поздние. В условиях наблюдаемого увеличения продолжительности осенней вегетации рассчитаны новые оптимальные сроки сева озимых в изменившихся агроклиматических условиях.

Проведенные исследования рисков сильных, а также отдельно сильных и средних засух и динамики их изменений в мае-июне за последние 30 лет (1986–2015 гг.) выявили тенденцию увеличения этих рисков в последние 15 лет этого периода в южной половине Приволжского, на большей части территории Южного округов, а также в Ставропольском крае и Воронежской области. Эти районы обеспечивают значительную долю продовольственного зерна в стране. В связи с этим количественная оценка рисков засух весьма актуальна, особенно с учетом возможного усиления засушливости в зерновом поясе. Полученные результаты исследований могут способствовать информационной поддержке при разработке мероприятий по адаптации сельского хозяйства к изменениям агроклиматических условий.

Близость рисков сильных засух в мае-июне и рисков значительных недоборов урожая зерна озимой и яровой пшеницы указывают на возможность использования установленного положения на практике: если средний по субъекту гидротермический коэффициент за май-июнь (или июнь) меньше или равен 0,60 в конкретном году, то в конце июня (с большой заблаговременностью до конца уборки) уже можно предполагать, что снижение урожайности этих культур составит 20 % и более.

Результаты исследований в целом, как по осенне-зимнему, так и по весенне-летнему периодам, будут способствовать решению задач, стоящих перед АПК России, связанных с изменением агроклиматических ресурсов, адаптации к этим изменениям и разработкой мер по снижению рисков в сельскохозяйственном производстве, обусловленных опасными агрометеорологическими явлениями не только для яровой и озимой пшеницы, но и для других сельскохозяйственных культур. Эти меры должны предусматривать как внедрение влагосберегающих технологий, так и развитие орошения, что позволит получать устойчивые урожаи яровой и озимой пшеницы.



Для смягчения последствий воздействия неблагоприятных погодных условий в оперативном режиме необходимо совершенствование созданной в Росгидромете системы мониторинга состояния посевов и засух на основе комплексирования наземных и спутниковых данных, которая будет способствовать раннему обнаружению засух, оценке их интенсивности и заблаговременному принятию необходимых мер по уменьшению ущерба.

### Список использованных источников

1. *Бедрицкий А.И., Коришунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З.* Показатели влияния погодных условий на экономику: чувствительность потребителя к воздействующему гидрометеорологическому фактору // *Метеорология и гидрология.* – 2000. – № 2. – С. 5–9.

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

3. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Платова Т.В.* Оценка сезонных особенностей региональных проявлений изменения глобального климата // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.* – 2010. – Т. 23. – С. 11–22.

4. *Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А.* Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.* – 2007. – Т. 21. – С. 160–182.

5. *Кобышева Н.В., Васильев М.П.* Уязвимость социальной сферы регионов России к опасным гидрометеорологическим явлениям // *Труды ГГО.* – 2015. – Вып. 578. – С. 59–73.

6. *Мещерская А.В.* О показателе засух и урожайности зерновых культур // *Метеорология и гидрология.* – 1988. – № 2. – С. 91–98.

7. *Моисейчик В.А.* Агрометеорологические условия перезимовки озимых культур. – Л.: Гидрометеозидат, 1975. – 294 с.

8. *Семенов С.М., Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Попов И.О., Титкина С.Н.* Распределение приповерхностной температуры на территории России и соседних стран при заданном уровне глобального потепления // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.* – 2013. – Т. 25. – С. 29–41.

9. *Сиротенко О.Д., Абашина Е.В., Павлова В.Н.* Динамика климатообразующих изменений теплообеспеченности и продуктивности

земледельческой зоны России // Труды ВНИИСХМ. – 2013. – Вып. 38. – С. 41–53.

10. *Страшная А.И.* Использование показателей увлажнения для оценки засушливости и прогноза урожайности зерновых культур в Поволжском экономическом районе // Труды Гидрометцентра России. – 1993. – Вып. 327. – С. 15–22.

11. *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.

12. *Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В.* О сроках сева озимых культур в условиях изменения климата и их прогнозирование в Приволжском федеральном округе // Труды Гидрометцентра России. – 2011. – Вып. 345. – С. 175–193.

13. *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.

14. *Уланова Е.С., Страшная А.И.* Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 33. – С. 64–83.

15. *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.

16. *Якушев В.П., Иванов А.Л.* Оценка изменений климата и стратегия адаптации к ним земледелия // Сборник докладов международная научно-практическая конференция, 7–11 декабря 2010 г. – М.: Изд. РГАУ МСХ им. К.А. Тимирязева, 2011. – С. 58–64.

*Поступила в редакцию 25 мая 2016 г.*