

О СРОКАХ СЕВА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

А.И. Страшная, Т.А. Максименкова, О.В. Чуб

Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации
ais@mecom.ru

В Приволжском федеральном округе в связи с большой его протяженностью с севера на юг очень велика климатическая дифференциация земледелия и применяемых агротехнологий, поэтому зональные системы земледелия в 70-х годах прошлого столетия разрабатывались в соответствии с ранее проведенным природно-сельскохозяйственным районированием. В настоящее время при наблюдаемых изменениях климата разработка новых агротехнологий, а также эффективных мероприятий по адаптации сельского хозяйства к изменению климата должна проводиться на основе новых представлений о климатических изменениях и связанных с ними агроклиматических характеристиках. Понятно, что при этом весьма важным является установление количественных оценок изменения агроклиматических показателей. Сказанное относится не только к вегетационному периоду, но и к отдельным приемам и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, среди которых очень важным является выбор оптимальных сроков сева.

Приволжский федеральный округ является крупным производителем зерна в Российской Федерации. По данным за 2005–2009 гг. доля этого округа в зерновом балансе страны составляла более 25 %, т.е. больше, чем в Центральном и даже в Южном федеральных округах. При преобладании площадей, занятых яровыми зерновыми культурами, доля озимых здесь значительна, они дают до 35–36 % валового сбора зерна, производимого в округе. При этом урожайность озимых (пшеницы) практически во все годы превосходит урожайность яровой пшеницы. За указанный период она составила 19,3 ц/га, тогда как яровой пшеницы – 16,8 ц/га. Это связано с тем, что озимые культуры в связи с более ранним развитием, лучше используют весенние запасы влаги в почве и часто уходят от засухи или менее резко реагируют на нее. Однако колебания урожайности озимой пшеницы часто бывают не менее значительными, чем яровой. Эти колебания можно объяснить тем, что урожайность озимых зависит не только от агрометеорологических условий весенне-летнего периода, но и от условий сева и осенней вегетации, а также перезимовки растений,

вклад которых в зависимости от этих условий в конкретные годы колеблется от 25 до 40 % [3].

В исследованиях ученых метеорологов и агрометеорологов по изменению климата изучению агрометеорологических условий периода сева озимых зерновых культур и их развития осенью уделялось крайне мало внимания. В большинстве работ изменение термического режима и режима увлажнения рассматривалось по календарным периодам или вегетационному периоду в целом. Однако на преобладающей территории озимосеющих районов, в том числе и в Приволжском федеральном округе, сев озимых начинается уже в первой половине августа, а на юге округа продолжается и в сентябре, в связи с чем изучение условий этого периода является необходимым для выбора оптимальных сроков сева, как одного из приемов разрабатываемых в настоящее время адаптивных технологий возделывания озимых культур.

Сроки сева озимых оказывают большое влияние не только на величину урожая, но и на его качество. С ними неразрывно связаны условия роста и развития растений, устойчивость к неблагоприятным агрометеорологическим явлениям, условиям уборки урожая. От них зависит и эффективность других агротехнических мероприятий, таких как: борьба с сорняками, вредителями и болезнями, а также эффективность удобрений. Для озимых зерновых культур сроки сева устанавливаются с таким расчетом, чтобы растения до прекращения вегетации хорошо раскустились и приобрели закалку к низким температурам в зимний период. При отклонении сроков сева от оптимальных на 15-20 дней урожайность озимых в зависимости от почвенно-климатических условий района снижается на 15–30 % и более [7].

Средние многолетние сроки сева озимых зерновых культур ранее были установлены по данным наблюдений гидрометеостанций (ГМС) в основном за период 1950–1975 гг. Однако в связи с потеплением климата, которое особенно ярко проявилось с середины 70-х годов, необходимы уточнения этих сроков с целью подготовки практических рекомендаций о возможных оптимальных сроках сева в конкретные годы. В работе [5] приведены установленные нами за период 1980–2009 гг. оптимальные сроки сева озимых зерновых культур для территории Центрального федерального округа. Для Приволжского федерального округа значение таких исследований возрастает в большей степени, т.к. в южной половине этого округа сроки сева озимых чаще всего сдвигались на более поздние из-за засушливых условий, и лишь в северных районах в отдельные годы – из-за переувлажнения почвы, в результате чего для хорошего развития осенью растениям не

хватало тепла. В связи с этим наиболее важными факторами в период сева и осенней вегетации озимых является режим увлажнения и температура воздуха.

Как указывалось выше, на большей части территории Приволжского федерального округа сев озимых культур производится в августе, поэтому для оценки рисков засушливых условий (атмосферных засух) рассмотрим их повторяемость в этом месяце за период 1981–2010 гг. В качестве критерия атмосферных засух при оценке рисков использовался гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). Как и в работах [4, 6], засуха оценивалась как сильная при значении ГТК $\leq 0,60$. В такие годы сев озимых обычно приостанавливался до выпадения существенных осадков. По всем субъектам округа были рассчитаны средние значения этого показателя за указанный период, а также рассчитана повторяемость (риски) сильных засух (табл. 1).

Таблица 1

Риски (повторяемость, %) сильных засух (ГТК $\leq 0,60$) в период сева и вегетации озимых культур в Приволжском федеральном округе за период 1981–2010 гг.

Территория	Август				Сентябрь
	1981–1990	1991–2000	2001–2010	1981–2010	1981–2010
Республика Башкортостан	7	3	10	20	13
Республика Марий Эл	–	7	13	20	17
Республика Мордовия	10	7	13	30	13
Республика Татарстан	7	7	17	30	17
Удмуртская Республика	3	3	3	10	7
Чувашская Республика	7	7	10	24	17
Кировская область	–	3	–	3	3
Нижегородская область	–	–	10	10	7
Оренбургская область	13	23	20	56	43
Пензенская область	10	7	20	37	13
Пермский край	3	3	3	10	7
Самарская область	10	7	20	37	30
Саратовская область	17	17	20	54	37
Ульяновская область	13	7	23	43	27

Как можно видеть из приведенной таблицы, в субъектах северной половины округа в десятилетия 1981–1990 и 1991–2000 гг. повторяемость засух в августе была почти одинаковой, в большинстве субъектов южной половины она была в основном несколько большей в первом десятилетии, лишь в Оренбургской области – существенно большей во втором. На преобладающей территории округа наиболее засушливым оказалось третье десятилетие (2001–2010 гг.), в северной половине округа повторяемость сильных атмосферных засух составила в основном 10–17 %, в южной – 20–23 %. В целом за весь рассмотренный период (1981–2010 гг.) в большинстве субъектов северной половины округа

повторяемость засух в августе составила 20–30 %, в южной половине – от 37 % в Пензенской области до 54–56 % в Саратовской и Оренбургской областях. В сентябре повторяемость засух уменьшается: на большей части территории она составляет от 17 до 37 %, лишь в Оренбургской области – 43 %, а в Кировской области за весь рассмотренный период сентябрь был засушливым только в 1992 г., в Пермском крае – в 1992 и 1995 гг. (повторяемость, соответственно, 3–7 %).

При оценке засушливости за весь период сева и начала активной вегетации озимых культур (август–сентябрь в целом) оказалось, что в Кировской области, в Удмуртской Республике и Пермском крае за все рассмотренные годы этот период засушливым не был; в Пензенской и Ульяновской областях период август–сентябрь был засушливым в 13–14 % лет, в Самарской – в 27 %, а в Саратовской и Оренбургской областях в 31–43%, а в остальных субъектах – от 3 до 10 % лет. (рис. 1).

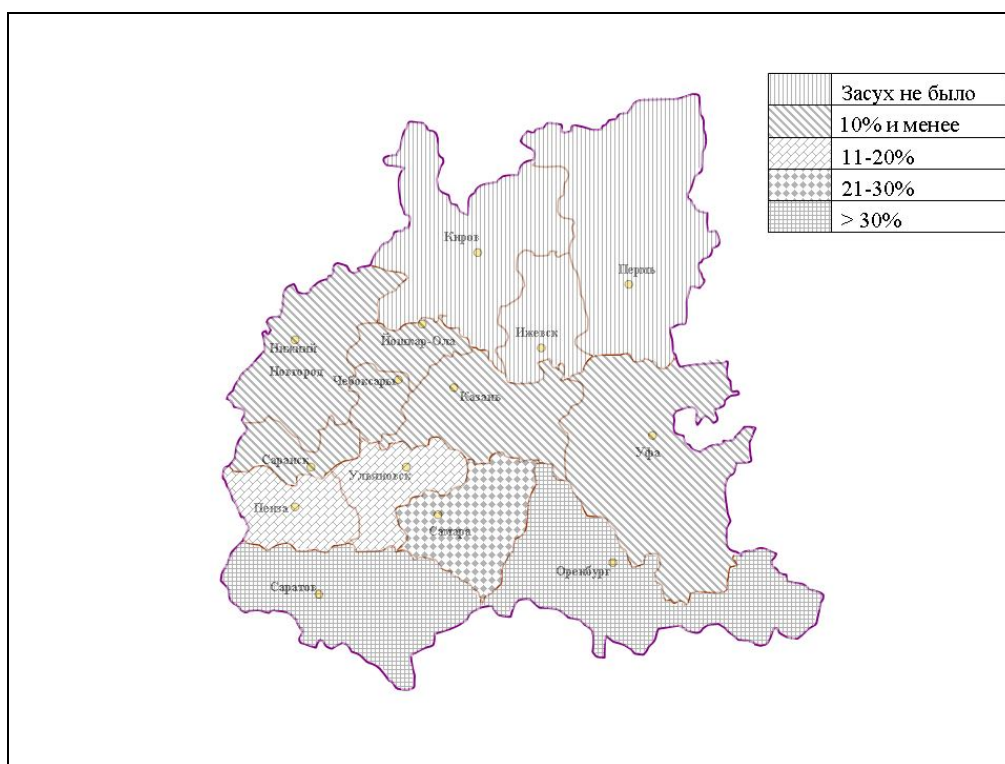


Рис. 1. Риски атмосферных засух (повторяемость, %) в период август-сентябрь 1981-2010 г. в Приволжском федеральном округе.

Поскольку наиболее активная вегетация озимых культур на территории Приволжского федерального округа наблюдается в сентябре, а на юге округа – и в октябре, рассмотрим динамику агрометеорологических условий в округе за эти месяцы. Надо отметить, что

проведенные исследования изменений условий увлажнения (количества осадков, ГТК, запасов продуктивной влаги), а также температурного режима (средних месячных значений температуры), а затем и дат перехода температуры воздуха через 5 °С в сторону понижения основаны на анализе оценок построенных нами линейных трендов этих параметров, которые позволяют оценить тенденцию возрастания (или убывания) величин изучаемых параметров на заданном промежутке времени. Статистическая значимость линейных трендов оценивалась по критерию Стьюдента по величине квадрата коэффициента корреляции R^2 (коэффициента детерминации), который показывает вклад линейного тренда в общую дисперсию изменения изучаемого параметра. При объеме выборки 30 лет это соответствует значению $R^2 \geq 0,12$ при уровне значимости 95 %. Оказалось, что на всей территории округа в сентябре и октябре наблюдался существенный рост температуры воздуха. Так, по большинству субъектов в сентябре повышение температуры воздуха составило 1,2–1,5°, в октябре – от 1,4 до 2,0°. При этом следует отметить, что скорость роста температуры в сентябре почти на всей территории округа была, в основном, несколько меньшей, чем в октябре (соответственно, 0,043–0,047 °/год и 0,053–0,070 °/год. Повышение температуры происходило неравномерно, но весьма характерным является то, что почти повсеместно наибольшим оно было в последнее десятилетие (табл. 2).

Если изменение температурного режима было однонаправленным (на всей территории округа наблюдалось повышение температуры воздуха в сентябре и октябре), то по режиму осадков в округе выявились существенные различия. Так, на севере территории, например в районе ГМС Чердынъ (Пермский край) и во всех районах Заволжья (ГМС Серноводск, Самарская область), в сентябре наблюдалось существенное (по большинству субъектов на 17–28 мм) уменьшение количества осадков от начала к концу периода со средней скоростью 0,57–0,93 мм/год, на юго-западе округа, напротив, количество осадков в этом месяце в среднем увеличивалось на 10–15 мм (например ГМС Заметчино Пензенской области) почти с такой же скоростью (табл. 3). Для наглядности типичная динамика осадков в сентябре показана на рис. 2 по ГМС Темников (Республика Мордовия), где тренд осадков положительный, ГМС Чернушка (Пермский край) и ГМС Пугачев (Саратовская область), где тренды отрицательные. Важно отметить, что на севере округа, где увлажнение в сентябре часто бывает избыточным, некоторое уменьшение количества осадков играет скорее положительную роль, так как увлажнение приближается к достаточному и оптимальному, тогда как в заволжских районах условия увлажнения при этом ухудшаются. Такое изменение характера увлажнения хорошо иллюстрируют и рассчитанные нами гидротермические коэффициенты увлажнения, типичная динамика которых в сентябре показана на рис. 3 по

ГМС Беляевка (Оренбургская область), ГМС Земетчино (Пензенская область) и ГМС Бугульма (Республика Татарстан). Отметим, что в октябре, когда общий фон температуры снижается, изменение количества осадков на большей части территории округа было незначительным (табл. 3).

Таблица 2

**Статистические характеристики временных рядов средней температуры воздуха
по периодам 1980–2009 гг. по гидрометеостанциям Приволжского федерального округа**

Периоды	Годы	Средняя температура воздуха, °С	Среднее квадратическое отклонение (σ)	Температура воздуха, °С						
				Max	Год	Min	Год	По тренду		Скорость изменения, %/год
								Начало периода	Конец периода	
СЕНТЯБРЬ										
Канаш (Республика Чувашия)										
I	1980–1989	10,7	1,5	12,6	1982	8,9	1987	10,6	11,9	0,043
II	1990–1999	11,0		14,3	1992	6,6	1993			
III	2000–2009	11,8		12,9	2005	9,7	2008			
Серноводск (Самарская область)										
I	1980–1989	12,1	1,3	14,2	1982	10,1	1987	11,6	13,0	0,047
II	1990–1999	12,0		14,3	1992	7,9	1993			
III	2000–2009	12,9		13,8	2005	11,2	2008			
Аткарск (Саратовская область)										
I	1980–1989	12,5	1,5	14,6	1984	10,2	1987	12,3	13,7	0,047
II	1990–1999	12,6		16,5	1994	8,7	1993			
III	2000–2009	13,6		14,9	2005	11,4	2000			
ОКТАБРЬ										
Канаш (Республика Чувашия)										
I	1980–1989	4,0	1,5	7,2	1981	1,8	1987	3,6	7,0	0,070
II	1990–1999	4,7		7,7	1991	2,1	1992			
III	2000–2009	5,1		7,7	2008	3,2	2002			
Серноводск (Самарская область)										
I	1980–1989	4,3	1,4	7,3	1981	2,2	1987	4,2	6,2	0,067
II	1990–1999	5,7		8,9	1991	3,3	1992			
III	2000–2009	5,8		7,4	2008	4,0	2001			
Аткарск (Саратовская область)										
I	1980–1989	5,3	1,3	7,2	1981	1,8	1987	5,1	6,7	0,053
II	1990–1999	6,2		7,7	1991	2,1	1992			
III	2000–2009	6,3		7,7	2008	3,2	2002			

**Статистические характеристики временных рядов осадков по периодам
за 1980-2009 гг. по гидрометеостанциям Приволжского федерального округа**

Периоды	Годы	Средняя сумма осадков, мм	Среднее квадратическое отклонение (σ)	Осадки, мм						Скорость изменения, мм /год
				Max	Год	Min	Год	По тренду		
								Начало периода	Конец периода	
СЕНТЯБРЬ										
Чердынь (Пермский край)										
I	1980-1989	78	27	128	1987	34	1983	79	62	-0,57
II	1990-1999	66		126	1997	17	1994			
III	2000-2009	64		101	2006	43	2001			
Земетчино (Пензенская область)										
I	1980-1989	45	24	86	1987	21	1983	46	61	0,50
II	1990-1999	64		116	1997	3	1994			
III	2000-2009	55		82	2006	27	2001			
Серноводск (Самарская область)										
I	1980-1989	63	31	117	1980	22	1989	65	37	-0,93
II	1990-1999	47		117	1999	14	1995			
III	2000-2009	42		69	2008	7	2003			
ОКТАБРЬ										
Чердынь (Пермский край)										
I	1980-1989	65	25	107	1986	14	1987	69	71	0,07
II	1990-1999	76		150	1992	49	1999			
III	2000-2009	69		104	2004	39	2003			
Земетчино (Пензенская область)										
I	1980-1989	36	25	78	1982	2	1987	38	55	0,57
II	1990-1999	50		108	1997	21	1992			
III	2000-2009	53		98	2004	19	2000			
Серноводск (Самарская область)										
I	1980-1989	45	26	107	1989	0	1987	47	43	-0,13
II	1990-1999	45		70	1990	8	1996			
III	2000-2009	43		87	2002	5	2007			

Таким образом, проведенные исследования показали, что повышение температуры воздуха за период 1980–2009 гг. наблюдалось на всей территории округа не только в сентябре, но и (даже более существенное) в октябре, вследствие чего осенняя вегетация озимых культур становилась более продолжительной. Для количественной оценки увеличения продолжительности вегетации, нами погодично за указанный период были рассчитаны даты перехода температуры воздуха через 5° в сторону понижения (D_5), которые характеризуют прекращение активной вегетации озимых культур осенью. На всей

территории округа тренд этих дат положительный, вегетация озимых в конце рассмотренного периода прекращалась позже, чем в его начале. Типичная динамика D_5 по годам представлена, в качестве примера, по ГМС Нолинск Кировской области (рис. 4). Можно видеть, что в конце периода переход температуры через 5° на этой ГМС наблюдался в среднем на 8 дней позже, чем в начале периода. Нами были рассчитаны также средние многолетние даты перехода температуры через этот предел (D_5) по 39 гидрометеостанциям округа. Оказалось, что сдвиг этих дат в сторону более поздних по сравнению с датами, рассчитанными до 1970–1975 гг., на преобладающей территории округа составил 6–8 дней. Самые ранние средние многолетние D_5 в пределах округа приходятся на 5–10 октября (северо-восточные районы), а самые поздние на юге округа – на 20–25 октября (рис. 5).

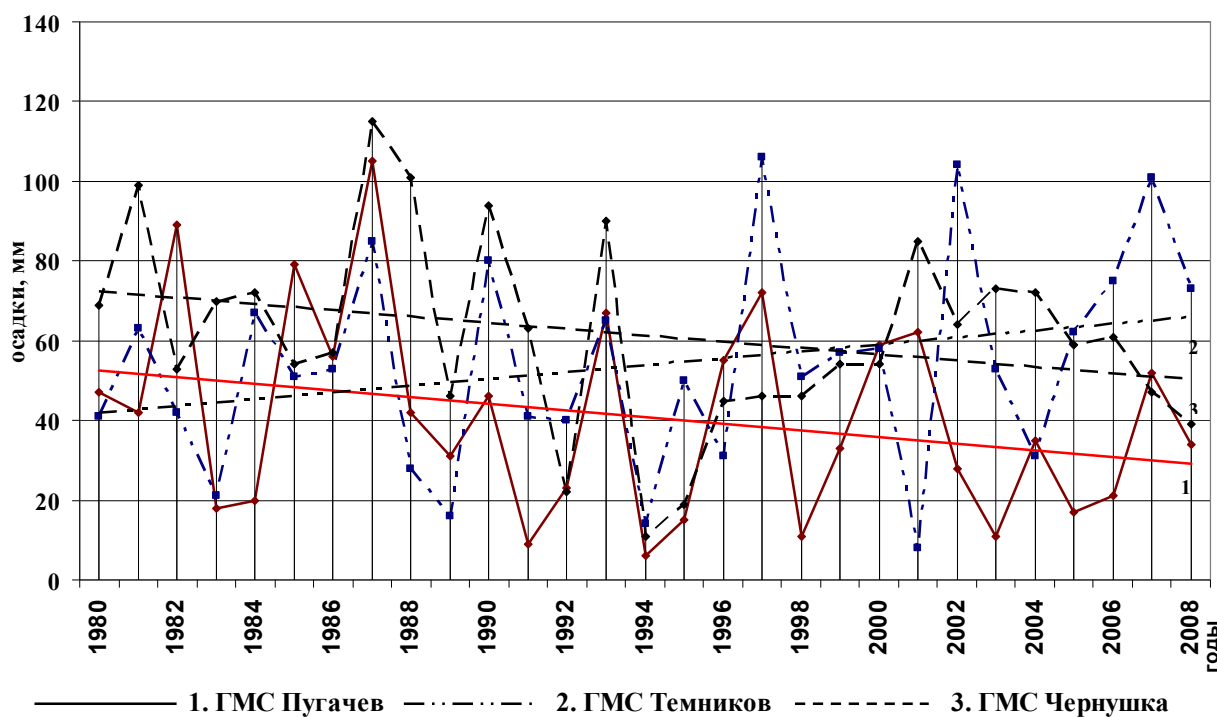


Рис. 2. Динамика сумм осадков по ГМС Пугачев (Саратовская обл.), ГМС Темников (Республика Мордовия) и ГМС Чернушка (Пермский край) в сентябре 1980–2008 гг.

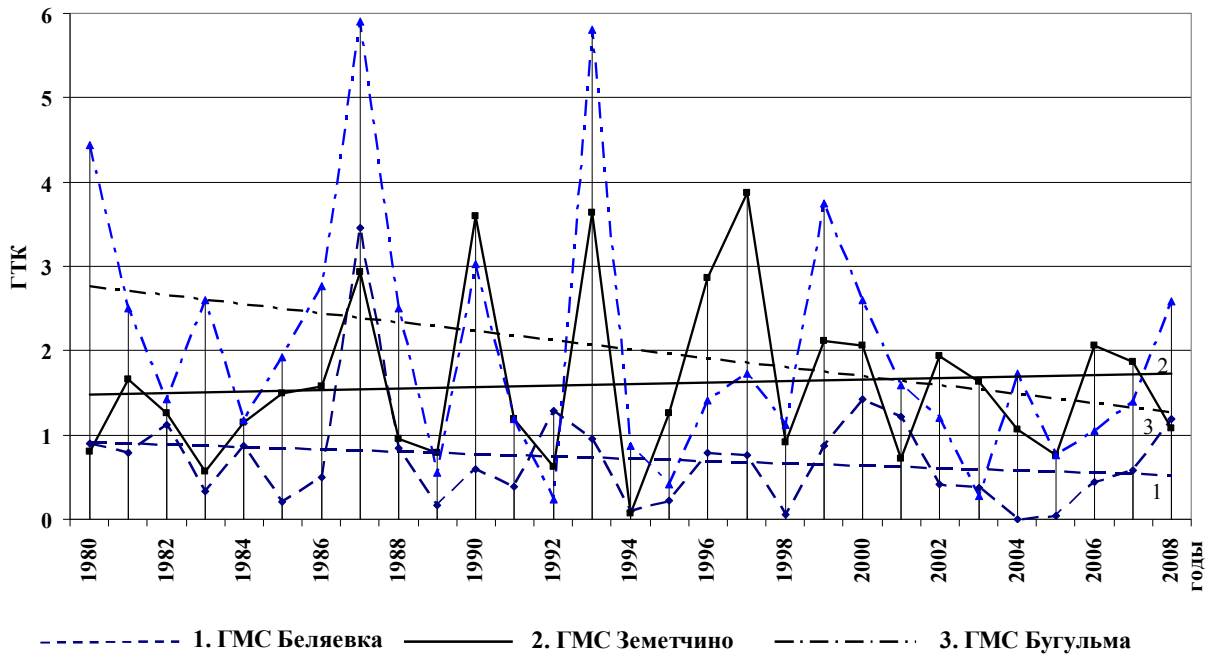


Рис. 3. Динамика ГТК по ГМС Беляевка (Оренбургская обл.), ГМС Земетчино (Пензенская обл.) и ГМС Бугульма (Республика Татарстан) в сентябре 1980-2008 гг.

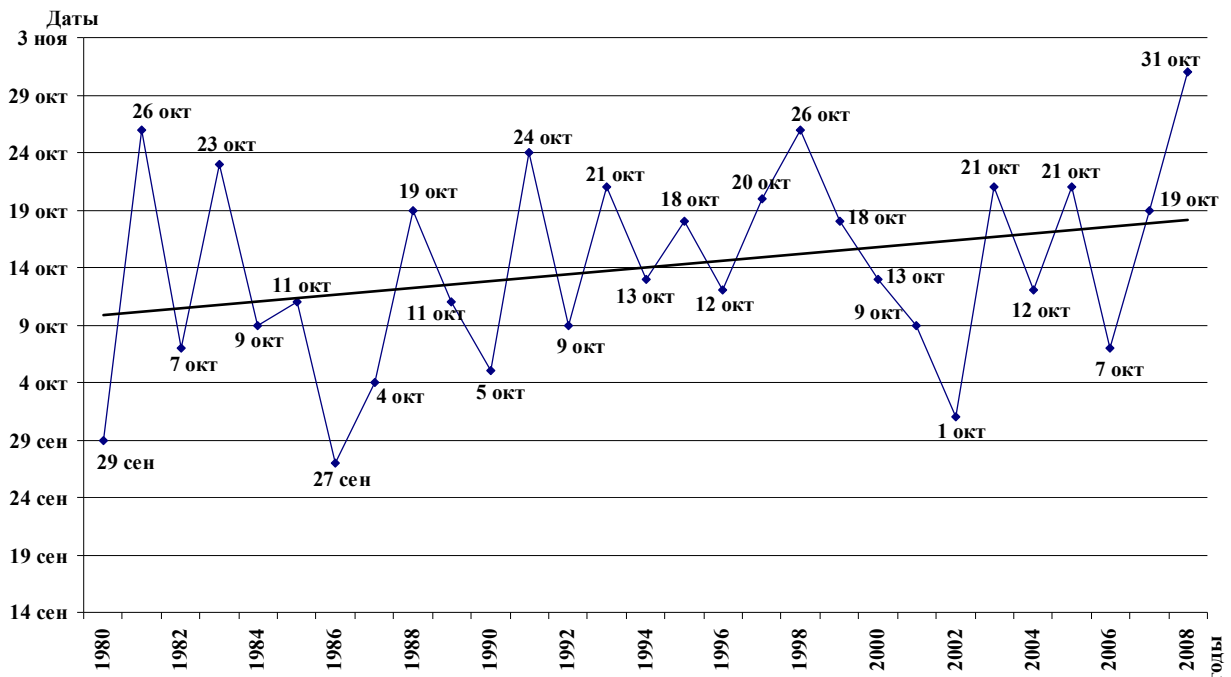


Рис. 4. Динамика перехода средней суточной температуры воздуха через 5° осенью по ГМС Нолинск Кировской области (1980-2008 г.).

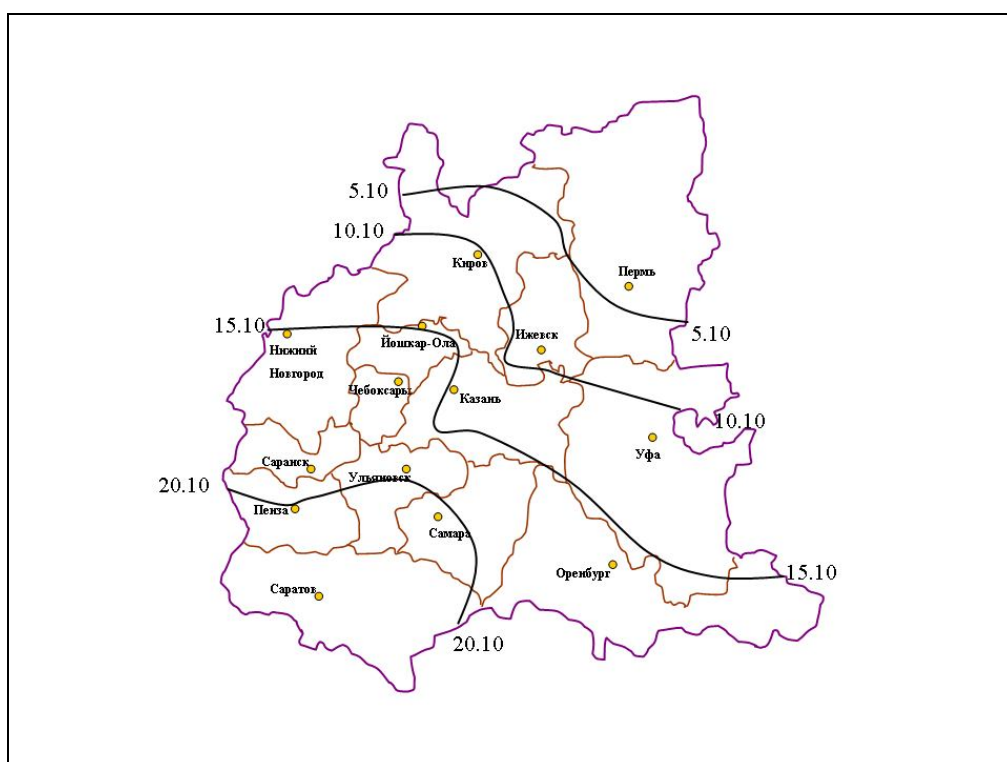
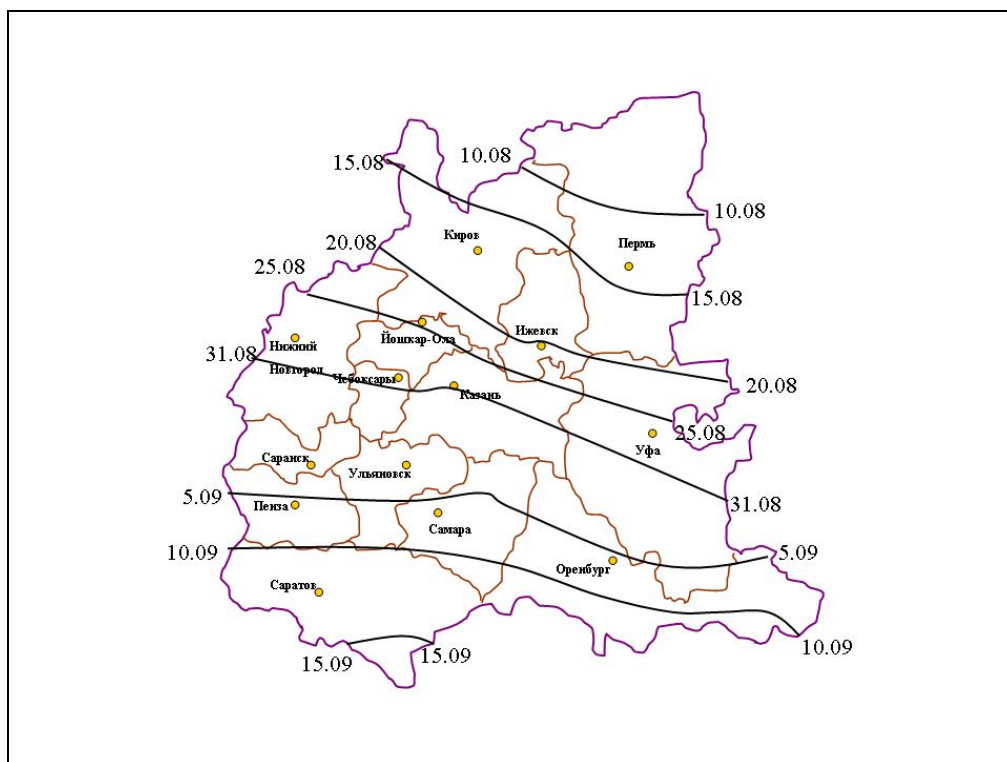


Рис. 5. Средние многолетние даты перехода температуры воздуха через 5° в сторону понижения (1980–2009 гг.) по Приволжскому федеральному округу

Таким образом, проведенные исследования показали, что повышение температуры воздуха за период 1980–2009 гг. наблюдалось на всей территории округа не только в сентябре, но и (даже более существенное) в октябре, вследствие чего осенняя вегетация озимых культур становилась более продолжительной. Для количественной оценки увеличения продолжительности вегетации, нами каждый год указанного периода были рассчитаны даты перехода температуры воздуха через 5° в сторону понижения (D_5), которые характеризуют прекращение активной вегетации озимых культур осенью. На всей территории округа тренд этих дат положительный, вегетация озимых в конце рассмотренного периода прекращалась позже, чем в его начале. Типичная динамика D_5 по годам представлена, в качестве примера, по ГМС Нолинск Кировской области (рис. 4). Можно видеть, что в конце периода переход температуры через 5° на этой ГМС наблюдался в среднем на 8 дней позже, чем в начале периода. Нами были рассчитаны также средние многолетние даты перехода температуры через этот предел (D_5) по 39 гидрометеостанциям округа. Оказалось, что сдвиг этих дат в сторону более поздних по сравнению с датами, рассчитанными до 1970–1975 гг., на преобладающей территории округа составил 6–8 дней. Самые ранние средние многолетние D_5 в пределах округа приходятся на 5–10 октября (северо-восточные районы), а самые поздние на юге округа – на 20–25 октября (рис. 5).

В период предзимья (от перехода температуры воздуха через 5° до перехода через 0°) слабая вегетация озимых культур, по данным гидрометеостанций, наблюдалась лишь в отдельные годы, в основном в дневные часы при наблюдавшихся кратковременных всплесках тепла. При этом заметных изменений в степени развития растений, как правило, не отмечалось. Это позволило нам установить оптимальные средние многолетние сроки сева озимых, ведя счет необходимой для образования 3–4 побегов кустистости суммы эффективных температур (250°C) от рассчитанной средней многолетней D_5 в сторону летних месяцев. По результатам этих расчетов построена карта оптимальных сроков сева озимых зерновых культур за период с 1980 по 2009 г., представленная на рис. 6.

В период предзимья (от перехода температуры воздуха через 5° до перехода через 0°) слабая вегетация озимых культур, по данным гидрометеостанций, наблюдалась лишь в отдельные годы, в основном в дневные часы при наблюдавшихся кратковременных всплесках тепла. При этом заметных изменений в степени развития растений, как правило, не отмечалось. Это позволило нам установить оптимальные средние многолетние сроки сева озимых, ведя счет необходимой для образования 3–4 побегов кустистости суммы эффективных температур (250°C) от рассчитанной средней многолетней D_5 в сторону

летних месяцев. По результатам этих расчетов построена карта оптимальных сроков сева озимых зерновых культур за период с 1980 по 2009 гг., представленная на рис. 6.

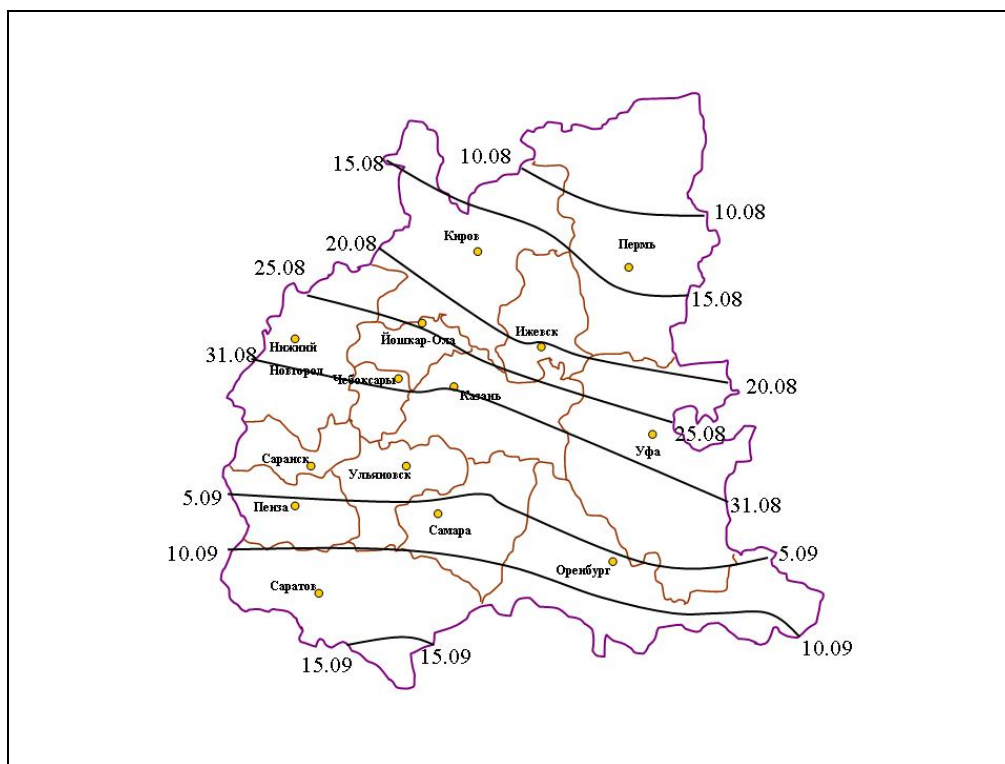


Рис. 6. Средний многолетний оптимальный срок сева озимых зерновых культур (1980-2008 гг.) по Приволжскому федеральному округу.

В крайних северных и северо-восточных районах территории оптимальные средние многолетние сроки сева приходятся на 9–15 августа, в южных районах на 10–15 сентября.

Установленные оптимальные средние многолетние сроки сева озимых зерновых культур (за период 1980–2009 гг.) могут использоваться в годы, когда отклонения в агрометеорологическом режиме в августе–сентябре бывают незначительными. Однако в большинстве лет агрометеорологические условия в этот период различаются в значительной степени, и для расчета оптимальных сроков сева в конкретном году необходимо знать ожидаемую дату прекращения активной вегетации озимых культур осенью (или дату перехода температуры воздуха через 5°) в этом году. В то же время надежного метода прогноза дат D_5 пока не предложено. В исследованиях [2] показано, что отклонения дат в каждом конкретном году ΔD_5 от средних многолетних D_5 на 19 гидрометеостанциях (из произвольно выбранных 29-ти по территории России и Казахстана) за рассмотренный авторами период (1946–1976 гг.) имели достаточно тесную связь (ρ и r более 0,30) с

аномалией средней температуры воздуха за осень (ΔT_0). Однако ΔT_0 в настоящее время не прогнозируется, поэтому использовать полученные ими в указанной работе зависимости ΔD_5 от ΔT_0 не представляется возможным.

Мы попытались установить зависимость между продолжительностью (n) периода активной вегетации озимых культур осенью, которая прекращается при переходе температуры воздуха через 5° в сторону понижения, и датой перехода температуры воздуха через 15° (D_{15}), т.е. с началом осени, когда уже возможен сев озимых. Полученные в результате регрессионного анализа зависимости практически на всей территории округа имеют нелинейный характер. Для субъектов северных районов округа, входящих в Нечерноземную зону, зависимость продолжительности осенней вегетации озимых от даты перехода через 15° описывается уравнением вида:

$$n = 0,023 D_{15}^2 - 2,73 D_{15} + 121,47; R=0,73, \quad (1)$$

где n – продолжительность периода в днях от даты перехода температуры воздуха через 15° (D_{15}) до окончания активной осенней вегетации, т.е. до перехода температуры воздуха через 5° (D_5) в сторону понижения; D_{15} – дата перехода температуры воздуха через 15° в сторону понижения; R – коэффициент корреляции. За единицу отсчета принята дата 1 июля.

Для более южных субъектов нечерноземных районов округа полученное уравнение имеет вид:

$$n = 0,015 D_{15}^2 - 1,74 D_{15} + 79,55; R = 0,77. \quad (2)$$

Для южных черноземных областей Приволжского федерального округа получено следующее уравнение:

$$n = 0,014 D_{15}^2 - 1,78 D_{15} + 87,43; R = 0,71. \quad (3)$$

В уравнениях (2) и (3) за единицу отсчета принята дата 1 августа, остальные обозначения те же, что и в уравнении (1).

Определив по предложенным уравнениям продолжительность n периода активной осенней вегетации (следовательно, дату ее окончания) и рассчитывая сумму эффективных температур воздуха (выше 5°) от этой даты в сторону летних месяцев, **можно определить оптимальный срок сева озимых**, принимая за этот срок дату, когда набирается сумма эффективных температур, равная 250° .

Ошибки полученных регрессионных уравнений (1) и (2) на зависимых материалах в 65–70 % случаях не превышали 4–5 дней при общей продолжительности периода от 55 до 70 дней, что вполне допустимо при использовании их в оперативной работе в качестве вспомогательных, и этот подход к расчету ожидаемых сроков сева можно считать приемлемым. По уравнению (3) ошибка достигала 7 дней.

При ежегодном установлении оптимальных сроков сева озимых культур и подготовке соответствующих агрометеорологических рекомендаций, особенно в годы с аномальными погодными условиями, необходим учет сложившихся агрометеорологических условий текущего года и прогнозов погоды, оправдываемость которых в последние годы повысилась [1]. В связи с этим нами предложен метод прогноза оптимальных сроков сева озимых в изменившихся агроклиматических условиях с учетом прогноза погоды.

При разработке этого метода территория округов по сходству агроклиматических условий осени была разделена на три района.

К первому району были отнесены: Кировская область, Пермский край и Удмуртская Республика, где степень развития растений осенью определяют, в основном, термические условия, а увлажнение чаще всего достаточное (в отдельные годы даже избыточное).

Во второй район входят: Нижегородская, Пензенская, Ульяновская области, республики Татарстан, Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Чувашия, где в отдельные годы (до 5–15 % лет) в августе–сентябре наблюдаются засушливые условия.

В третий район входят: Саратовская, Самарская, Оренбургская области, где в августе – сентябре часто (до 30 % лет и более) наблюдаются засушливые условия. Здесь очень важным, кроме температуры воздуха, становится учет и увлажнения.

Для территории, относящейся к **первому району**, нами использовались данные о термическом режиме воздуха в период от начала сева до прекращения вегетации озимых культур. По фактическим данным о сроках сева на гидрометеостанциях были выбраны годы, когда растения достигали кустистости 3 побега и более в среднем на одно растение, и далее рассчитывалась средняя температура воздуха за этот период. Были рассчитаны матрицы связей сроков сева озимых с температурой воздуха за различные периоды (декады) осенней вегетации. Оказалось, что наиболее тесная связь ($r = 0,47$) сроков сева в северных районах округа проявляется со средней температурой воздуха за период с третьей декады августа по третью декаду сентября. За дату начала расчетов принималась дата 1 августа. Зависимость сроков сева озимых зерновых культур ($D_{сев}$) от средней температуры воздуха за период третья декада августа – третья декада сентября ($T_{8_3-9_3}$) для этой территории хорошо

описывается полиномом третьей степени и полученное прогностическое уравнение имеет вид:

$$D_{сев} = 1,09T_{8_3-9_3}^3 - 37,513T_{8_3-9_3}^2 + 429,5T_{8_3-9_3} - 1604,7; \quad R = 0,79, \quad (4)$$

где $D_{сев}$ – срок сева (дата оптимального срока сева). За единицу отсчета принята дата 1 августа; $T_{8_3-9_3}$ – средняя температура воздуха за период третья декада августа – третья декада сентября; R – коэффициент корреляции.

Для наглядности подобная зависимость приведена на рис. 7. Можно отметить, что при средней за период температуре воздуха с третьей декады августа по третью декаду сентября от $9,0^\circ$ до $10,5^\circ$ оптимальный срок сева, при котором растения достигают кустистости, равной 3 и более побегов, приходится на период 20–30 августа. При увеличении средних температур воздуха от $10,5^\circ$ до $13,5^\circ$ оптимальными будут сроки сева с 1 по 5 сентября, при более высоких температурах – с 6 по 10 сентября.

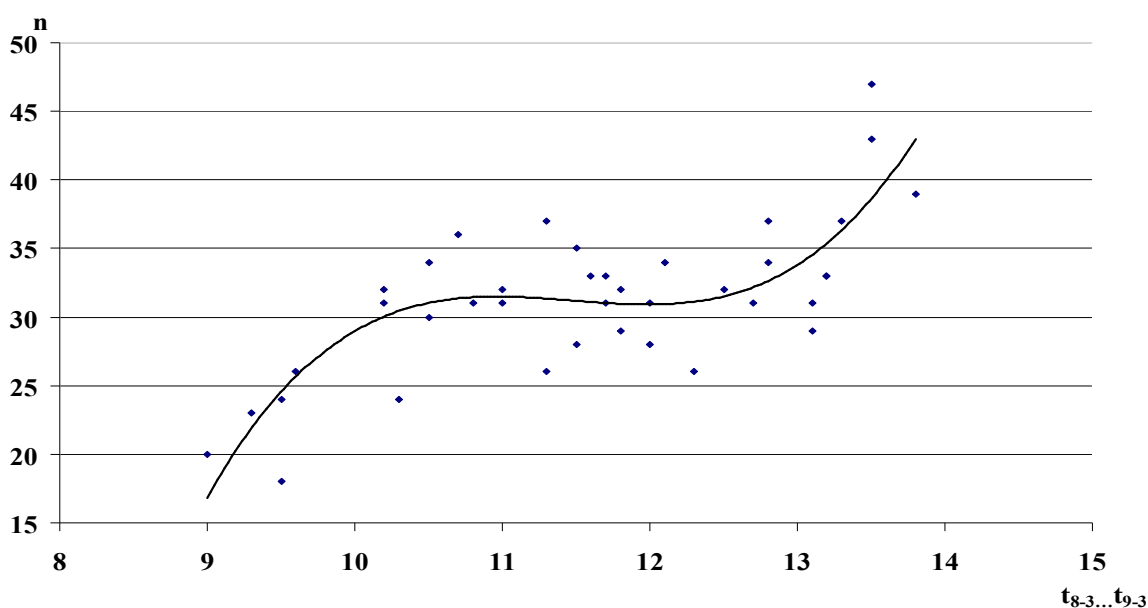


Рис. 7. Зависимость сроков сева озимых зерновых культур (n) от средней температуры воздуха за период третья декада августа–третья декада сентября ($t_{8.3...t_{9.3}}$) по территории, относящейся к первому району.

Для территорий, относящихся **ко второму и третьему районам** значимая теснота связей дат оптимальных сроков сева выявилась не только с температурой, но и с количеством осадков за август (P_8), при этом более тесная связь оказалась на территории, относящейся к третьему району.

Для территории, отнесенной ко второму району, получено уравнение вида:

$$D_{сев} = 0,036P_8 - 5,00T_{8_3-9_3} + 0,37T_{8_3-9_3}^2 + 31,60; \quad R = 0,83. \quad (5)$$

Для территории, относящейся к третьему району, уравнение имеет вид:

$$D_{сев} = 2,62T_{8_3-9_3} - 0,40P_8 + 0,003P_8^2 + 6,35, \quad R = 0,87. \quad (6)$$

В уравнениях (5–6) P_8 – количество осадков за август, а остальные обозначения те же, что и в уравнении (4). За единицу отсчета в уравнениях (4–6) принята дата 1 августа.

В Гидрометцентре России предварительный прогноз погоды на сентябрь составляется в середине августа, поэтому прогноз оптимальных сроков сева озимых культур можно составить уже в этот период. При отсутствии такого прогноза используются средние многолетние данные.

Список использованных источников

1. Вильфанд Р.М., Страшная А.И. Климат, прогнозы погоды и агрометеорологическое обеспечение сельского хозяйства в условиях изменения климата // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям. Сборник докладов международной научно-практической конференции 7–11 декабря 2010 г. – Москва: Издательство РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2011. – С. 23–38.
2. Козельцева В.Ф. К прогнозу устойчивого перехода температуры воздуха через 5 и 0 °С осенью // Труды Гидрометцентра СССР. – 1982. – Вып. 227. – С. 78–85.
3. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л. Гидрометеиздат, 1975. – 294 с.
4. 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.
5. Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В. Об изменении агроклиматических условий вегетации и сроков сева озимых культур осенью в Центральном федеральном округе в связи с потеплением климата // Труды Гидрометцентра России. – 2009. – Вып. 343. – С. 141–158.
6. Уланова Е.С., Страшная А.И. Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 33. – С. 64–83.
7. Федосеев А.П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 240 с.

Поступила в редакцию 15.04.2011