

© М.Л. ПАНОВА

panova87@rambler.ru

УДК 657:631:551.58(571.12)

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ  
ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*АННОТАЦИЯ.* Проведена оценка динамики параметров теплообеспеченности, влагообеспеченности и условий перезимовки произрастания сельскохозяйственных культур (пшеница яровая, пшеница озимая, рожь озимая, ячмень, овес, зернобобовые, картофель, овощи, кормовые культуры) на территории юга Тюменской области, вызванной изменением климатических факторов конца XX в. — начала XXI века. В целом установлено улучшение всех оцениваемых показателей, но возможно, что положительные тренды характеристик влагообеспеченности будут уменьшаться за счет увеличения степени аридности климата по мере продвижения на юг области. Данные изменения, в основном за счет улучшения условий теплообеспеченности произрастания сельскохозяйственных культур, приведут к динамике показателя продуктивности климата и климатически обеспеченной урожайности. Трансформация экологических условий — хорошая перспектива для использования положительных эффектов изменения климатических факторов в аграрном секторе региона, за счет использования потенциала неосвоенных ранее земель, внедрения более эффективных культур (рапс, корнеплоды, соя) и раскрытия возможности перехода на качественно новый уровень в сельскохозяйственном освоении юга Тюменской области.

*SUMMARY.* The article is devoted to the dynamics assessment of the parameters of heat provision, moisture provision and conditions of wintering of crops growth (summer wheat, winter wheat, winter rye, barley, oats, grain legumes, potatoes, vegetables, forage crops) in the south of Tyumen region caused by the change of climatic factors of the end of the XX — the beginning of the XXI century. On the whole, improvement of all estimated indicators is observed. However it is possible that positive trends of moisture provision characteristics will decrease due to the increase in degree of climate aridity in advancing to the south areas. These changes, generally caused by the improvement of conditions of heat provision of crops growth, will lead to the dynamics of the climate efficiency indicator and climatically achieved productivity. Transformation of ecological conditions is a good prospect for the use of positive effects of climatic factors change in the agricultural sector of the region using the potential of lands undeveloped before, introducing more effective crops (colza, root crops, soy) and taking the opportunity for the transition to a qualitatively new level in agricultural development of the south of Tyumen region.

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.* Климатические изменения, экологические условия, агроклиматические показатели, сельское хозяйство.

*KEY WORDS.* Climatic changes, environmental conditions, agroclimatic indicators, agriculture.

Климатические факторы существенно влияют на экологические условия произрастания растений. Тепло, свет, влага и воздух являются основными «агентами» в большей степени ответственными за способность растений поддерживать определенные темпы развития. Изменение экологических условий произрастания сельскохозяйственных культур в агроэкосистеме, как и любой другой экосистеме, непосредственно оказывает влияние на продуктивность растений, темпы их роста и способность функционировать.

По современным данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [1], Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромет) [2], а также некоторых российских ученых [3-6] достоверно установлено, что климат на планете Земля и на территории России стремительно меняется. Изменение климатических факторов приведет к неизбежной трансформации экологических условий произрастания любого вида растений на территории, обладающей пространственно-функциональными связями и непрерывным обменом веществом и энергией между живыми и не живыми компонентами. В сложившейся ситуации любая экосистема представляет научный интерес для исследования, особенно искусственные экологические системы, такие как, например, агроэкосистема, которая является основой функционирования целой отрасли экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность населения — сельское хозяйство. Неизбежность актуализации агроклиматической и метеорологической информации по каждому региону России, определяет необходимость изучения проблемы изменения климатических факторов, их влияния на экологические условия произрастания сельскохозяйственных культур и сельское хозяйство в целом и является неотъемлемой составляющей стратегии на пути к обеспечению устойчивого развития.

По данным МГЭИК [1] 11 из 12 последних лет (1995-2006 гг.) вошли в число самых теплых лет по результатам измерения глобальной приземной температуры воздуха (начиная с 1850 года). Общее повышение температуры воздуха на планете Земля в 2001-2005 годы по сравнению с 1850-1990 гг. составило 0,76°C. Территория Российской Федерации и территория Западной Сибири, включая Тюменскую область, не является исключением и также подвержена нарастающим климатическим изменениям. Проведенные в Росгидромете исследования показали, что климатические условия в настоящее время на территории России меняются, и в ближайшие 5-10 лет эта тенденция сохранится [2]. Данные мониторинга современного климата России свидетельствуют о том, что температура приземного слоя воздуха за период с 1990-2000 гг. выросла на 0,4 °C, тогда как за все предыдущие столетия прирост составил 1,0 °C.

Выполненные оценки изменения термического режима воздуха и количества осадков по метеорологическим станциям (табл. 1), расположенным на территории юга Тюменской области, подтверждают, что *линейные тренды изменения температур воздуха имеют положительный показатель*, а в ходе исследования средних месячных сумм осадков обнаружена тенденция к их уменьшению в летние месяцы по всем исследуемым метеостанциям. Отмечено, что повышение среднемесячных температур воздуха проявляется в зимние месяцы больше, нежели в летние [7].

Таблица 1

## Перечень метеорологических станций

№	Метеостанция	Агроклиматическая зона района [8]	Период наблюдений				
			Месяц		Сутки		
			Температура воздуха	Осадки	Температура воздуха	Осадки	Снежный покров
1	Тобольск	умеренно прохладная, достаточно увлажненная	1884-2012	1966-2012	1884-2012	1884-2012	1907-2012
2	Тюмень	умеренно теплая, недостаточно увлажненная	1950-2012	1966-2012	1936-2012	1936-2012	1936-2012
3	Ишим	теплая засушливая	1925-2012	1966-2012	1936-2012	1936-2012	1936-2012

Установленная тенденция наблюдаемых изменений климатических факторов на территории юга Тюменской области определяет необходимость оценки фактических и потенциальных последствий для сельского хозяйства, как отрасли обеспечивающей продовольственную безопасность региона.

Одним из этапов исследования влияния климатических изменений на сельское хозяйство является оценка динамики агроклиматических показателей за период инструментальных наблюдений [9]. Изменение обеспеченности растений теплом, влагой, светом и воздухом непосредственно сказывается на их урожайности.

Исходя из диапазонов экологических условий (теплообеспеченность, влагообеспеченность, условия перезимовки) произрастания сельскохозяйственных культур на территории Тюменской области (без автономных округов) были отобраны основные агроклиматические показатели, являющиеся яркими индикаторами климатических изменений (табл. 2).

Таблица 2

**Основные показатели, участвующие в оценке влияния изменения климатических факторов на динамику экологических условий произрастания сельскохозяйственных культур на территории юга Тюменской области**

Наименование показателя	Обозначение
<b>Температура воздуха</b>	
Дата начала перехода температуры воздуха через 10 °С (весна)	Дн <sub>t&gt;10</sub>
Дата окончания перехода температуры воздуха через 10°С (осень)	До <sub>t&gt;10</sub>
Продолжительность периода с температурами выше 10 °С, суток	П <sub>t&gt;10</sub>
Суммы активных температур за период с температурами воздуха выше 10 °С, °С	ta <sub>&gt;10</sub>
Отклонение от средней многолетней даты начала и окончания перехода температуры воздуха через 10 °С	σ Дн <sub>t&gt;10</sub>

Окончание табл. 2

Наименование показателя	Обозначение
<b>Осадки</b>	
Суммы осадков за период с температурой выше 10 °С, мм	O <sub>t&gt;10</sub>
Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова	ГТК
<b>Снежный покров</b>	
Высота снежного покрова, см	h
Период с высотой снежного покрова выше 50 см, суток	h <sub>&gt;50</sub>
Период с высотой снежного покрова 10-40 см, суток	h <sub>10-40</sub>
Комплексный агроклиматический показатель условий зимнего периода по Шульгину	К
<b>Биоклиматические показатели</b>	
Показатель потенциальной продуктивности климата по Сапожниковой, баллы	П
Климатически обеспеченная урожайность, т/га	КОУ

Согласно ранее полученных данных об изменении климатических факторов для территории юга Тюменской области, период интенсивного повышения температур воздуха пришелся на 80-е годы [7]. С целью получения сравнительных характеристик динамики агроклиматических показателей, периоды исследуемых данных условно разбиты на два интервала: с 1953 по 1982 гг. и с 1983 по 2012 гг. Сравнение многолетних средних показателей по двум годовым интервалам дает возможность наглядно проследить тенденцию происходящих изменений во времени.

**Изменение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, произрастающих на территории юга Тюменской области.** Температура воздуха является одним из основных факторов, обеспечивающих определенные темпы развития растений и длительность их вегетационного периода. В сложившейся ситуации важно оценить на сколько, в каких пределах и какова направленность изменений теплообеспеченности сельскохозяйственных культур.

Полученные данные свидетельствуют об улучшении условий теплообеспеченности сельскохозяйственных культур и увеличении продолжительности вегетационного периода (табл. 3).

Таблица 3

**Некоторые полученные показатели теплообеспеченности  
за период с 2005 по 2011 годы**

Наименование станции	Среднее многолетнее значение (1953-1982 гг.)	Среднее многолетнее значение (1983-2012 гг.)	Сумма активных температур выше 10 °С						
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Тобольск	1823	1883	2085	1944	1890	1798	1971	1820	2033
Тюмень	1889	2010	2222	2087	2135	1948	2092	2146	2188
Ишим	1969	2077	2254	2145	2194	2035	2151	2175	2173

Окончание табл. 3

Наименование станции	Среднее многолетнее значение (1953-1982 гг.)	Среднее многолетнее значение (1983-2012 гг.)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Продолжительность периода с суммой активных температур воздуха выше 10°C									
Тобольск	119	120	130	125	118	113	131	120	136
Тюмень	124	127	139	133	133	118	135	136	143
Ишим	127	129	139	133	138	122	136	135	143

По данным исследуемых метеорологических станций за последние шестьдесят лет средняя продолжительность периода с температурой воздуха выше 10°C возросла на 7 суток, сумма активных температур — на 168°C (рис. 1). Также об увеличении продолжительности вегетационного периода свидетельствует величина отклонений от средней многолетней даты начала перехода температуры воздуха через 10°C. На рис. 1 показано расширение границ теплового периода.

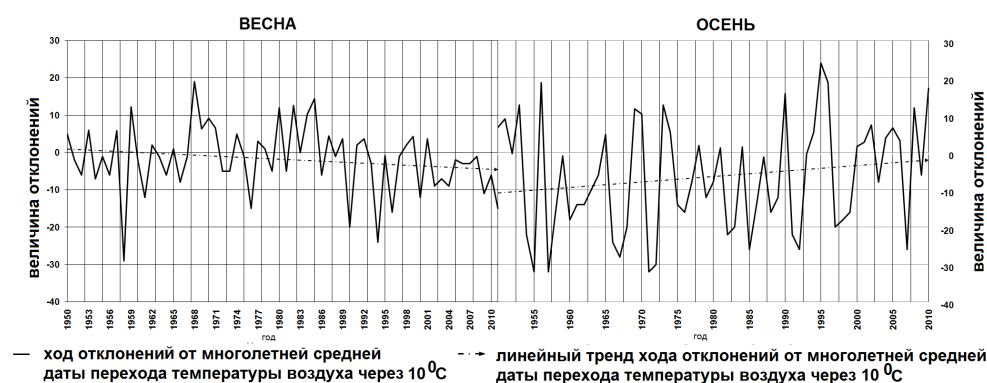


Рис. 1. Ход отклонения от средней многолетней даты начала перехода температуры воздуха через 10°C (весна/осень), Тюмень

**Изменение влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, произрастающих на территории юга Тюменской области.** Количество получаемой растением влаги в значительной степени определяет величину урожайности сельскохозяйственных культур. В ходе исследования выявлена тенденция к незначительному увеличению количества осадков по метеорологическим станциям Тобольск и Тюмень за период с активной температурой воздуха выше 10°C. За период с 1953 по 2012 годы суммы осадков за вегетационный период возросли на 39 мм, изменения происходили со скоростью 6 мм в 10 лет. Однако есть опасения, что такой ход показателей не останется положительным в виду постепенного увеличения температуры воздуха и степени аридности климата. Данный факт подтверждается увеличением обеспеченности суммами осадков ниже годовой нормы (табл. 4). Также оценки увлажненности климата с помощью гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) показали, что условия влагообеспеченности не претерпели значительных изменений за последние 30 лет, а в некотором случае (для метеостанции Ишим) имели отрицательный показатель.

Степень увлаженности климата на большей территории юга Тюменской области оценивается как достаточная [8], поэтому происходящие изменения режима влагообеспеченности пока не вызывают опасений, а наоборот могут принести положительный эффект для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Таблица 4

**Вероятность и обеспеченность сумм осадков  
по годовым интервалам, Тюмень и Ишим**

Показатель	Годовой интервал (с 1953 по 1982 г.г.)								Годовой интервал (с 1983 по 2012 г.г.)							
	Градации показателей, мм								Градации показателей, мм							
	101-140	141-180	181-220	221-260	261-300	301-340	341-380	381-420	101-140	141-180	181-220	221-260	261-300	301-340	341-380	381-420
<b>Тюмень</b>																
Вероятность (% от общего числа случаев)	-	20	17	30	20	10	0	3	-	13	10	33	20	10	13	0
Обеспеченность (% нарастаю- щим итогом)	-	100	80	63	33	13	3	3	-	100	87	77	43	23	13	0
<b>Ишим</b>																
Вероятность (% от общего числа случаев)	13	53	27	3	3	-	-	-	3	67	30	0	0	-	-	-
Обеспеченность (% нарастаю- щим итогом)	100	87	33	7	3	-	-	-	100	97	30	0	0	-	-	-

*Прим.: прочерк означает отсутствие значения показателя в данной градации*

**Изменение условий перезимовки сельскохозяйственных культур, произрастающих на территории юга Тюменской области.** Многие исследования показали, что для хорошей перезимовки сельскохозяйственных культур на территории Западной Сибири необходим снежный покров до 40 см наряду с тем, что снежный покров высотой более 50 см не является необходимым для хорошей зимовки растений. В некоторых случаях снежный покров высотой более 50 см вызывает повреждения и снижение поступления кислорода [10]. За исследуемый отрезок времени наблюдается уменьшение продолжительности периода с высотой снежного покрова от 10 до 40 см, одновременно с высотой снежного покрова выше 50 см. Вместе с тем, степень суровости зим по комплексному показателю Шульгина (соотношение средней из абсолютных минимумов температур воздуха за месяц и средней высоты снежного покрова), в последние десятилетия снизилась (табл. 5). В совокупности данные факты свидетельствуют об улучшении условий перезимовки сельскохозяйственных культур на территории юга Тюменской области, за счет сохранения оптимальных соотношений высоты снежного покрова и температуры воздуха.

Таблица 5

## Вероятность наступления суровых и мягких зим

Наименование станции	Градации показателя суровости зим							
	С 1953 по 1982				С 1983 по 2012			
	0,4-0,6	0,7-0,9	1,0-1,2	1,3-1,5	0,4-0,6	0,7-0,9	1,0-1,2	1,3-1,5
Тюмень	0	47	33	13	7	3	73	17

**Оценка степени изменения продуктивности климата.** Влияние изменения климатических факторов на территории юга Тюменской области конца XX начала XXI века отчетливо прослеживается по диапазонам динамики агроклиматических характеристик (рост сумм активных температур, улучшение условий перезимовки растений). Данные изменения непосредственно отразятся на показателе потенциальной продуктивности климата исследуемой территории.

Основным лимитирующим фактором произрастания сельскохозяйственных культур на территории юга Тюменской области является — тепло. Характеристика климатического потенциала и климатически обеспеченной урожайности (потенциально возможной) оценивались исходя из улучшения условий теплообеспеченности сельскохозяйственных культур.

В ходе исследования установлено увеличение показателей климатически обусловленной урожайности и показателя потенциальной продуктивности климата за исследуемый период времени. Средний показатель продуктивности климата, по Сапожниковой, для территории юга Тюменской области, рассчитанный исходя из соотношения статистических показателей урожайности [11] зерновых культур на условную единицу суммы тепла в расчетный год, в последнее десятилетие не опускался ниже 1 балла.

Таким образом, проведенный анализ динамики агроклиматических показателей, связанной с изменениями климатических факторов, показал, что экологические условия произрастания сельскохозяйственных культур на территории юга Тюменской области улучшились в основном за счет прироста тепла в вегетационный период. Однако, нарастающие климатические изменения (усиление засушливости климата), могут оптимизировать высокие уровни урожайности только до определенных пределов. Также при количественном анализе влияния происходящих изменений необходим многофакторный учет динамики климатически обусловленной урожайности. Однако, приведенные в настоящей статье оценки изменения потенциальной урожайности, обеспеченной улучшением экологических условий совместно с показателем продуктивности климата, могут уже на данном этапе исследования говорить о возможных деструктивных изменениях в сельском хозяйстве области, что в дальнейшем определит необходимость развития инфраструктуры, обеспечивающей получение устойчивых и более высоких урожаев.

Расширение посевов теплолюбивых культур (рапс, кукуруза, корнеплоды) и освоение перспективных в сельскохозяйственном отношении земель даст возможность увеличить экономическую эффективность сельского хозяйства области. По оценкам [12] из 2928,1 тыс. га общей площади юго-западной части Тюменской области (Исетский, Заводоуковский, Нижнетавдинский, Тюменский, Упоровский, Ялуторовский, Ярковский районы), 2187,9 тыс. га (74,7%) состав-

ляют пригодные для различных видов хозяйственного использования земли. Из них в настоящее время сельскохозяйственные угодья составляют 923,7 тыс. га, а пашня — 486,3 тыс. га, или 42,2 и 22,2% соответственно. Полученные [12] данные говорят о том, что территория юга Тюменской области находится в средней фазе аграрного освоения и имеет большие перспективы развития, за счет ввода в эксплуатацию новых земель. Данная перспектива также способствует реализации потенциала, использованию положительных эффектов изменения климатических факторов исследуемой территории, в аграрном секторе экономики региона и в совокупности с тенденцией улучшения агроклиматических условий открывает возможность вывести сельское хозяйство области на качественно новый уровень.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад «Изменение климата, 2007 г.: физическая научная основа (резюме для политиков). Материал к Четвертому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках. Женева, 2007. 18 с.
2. Стратегический прогноз изменений климата РФ на период 2010-2015 гг. и их влияние на отрасли экономики России. М.: Росгидромет, 2005. 29 с.
3. Будыко М.И. Изменения климата: Монография. Л., 1974. 279 с.
4. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск, 2012. 194 с.
5. Кондратьев К. Я. Изменения глобального климата: реальность, предложения и вымысел // Исследования Земли из космоса. 2002. №1. С. 3-23.
6. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. №5. С. 5-21.
7. Панова М.Л. Оценка возможного влияния климатических факторов на сельское хозяйство юга Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 4. Серия «Науки о Земле». С. 66-72.
8. Мезенцев М.А. Агроклиматические условия и ресурсы юга области (южнее 64° с.ш.) // Атлас Тюменской области. Вып. 1. Лист 13 (2), 13 (3). Москва-Тюмень: Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР, 1971.
9. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М., 2012. 509 с.
10. Шульгин А.М. Агрометеорология и агроклиматология. Л., 1978. 201 с.
11. Статистический ежегодник: сб. в 4-х частях. Ч.IV(II) Тюменская область (без автономных округов). Тюмень, 2011. 365 с.
12. Географические подходы к моделированию экономической ситуации на земельных и аграрных рынках (на примере юго-запада Тюменской области): Монография / Отв. ред. В.А. Осипов. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2011. 260 с.

#### REFERENCES

1. Summary for politicians, the report «Climate Change», 2007: Physical Scientific Basis. Material of Working Group I to the Fourth Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change on estimates. Geneva, 2007. 18 p. (in Russian).
2. *Strategicheskij prognoz izmenenij klimata RF na period 2010-2015 gg. i ih vlijanie na otrasli jekonomiki Rossii* [Strategic forecasting for climate changes in Russia for the period 2010- 2015 and their impact on the sectors of Russian economy]. Moscow, 2005. 29 p. (in Russian).



3. Budyko, M.I. *Izmenenija klimata: Monografija* [Climate changes: Monograph]. Leningrad, 1974. 279 p. (in Russian).
4. Gruza, G.V., Ran'kova, Je.Ja. *Nabljudаемые и оzhidaемые изменения климата России: температура воздуха* [Observed and expected climate changes in Russia: air temperature]. Obninsk, 2012. 194 p. (in Russian).
5. Kondrat'ev, K.Ja. Global climate changes: reality, suggestions and fiction. *Issledovanija Zemli iz kosmosa — Study of the Earth from space*. 2002. № 1. Pp. 3-23. (in Russian).
6. Izrajel', Ju.A., Gruza, G.V., Katcov, V.M., Meleshko, V.P. Global climate changes. The role of anthropogenic influences. *Meteorologija i gidrologija — Meteorology and Hydrology*. 2001. № 5. Pp. 5-21. (in Russian).
7. Panova, M.L. Assessment of the possible influence of climatic factors on agriculture in the south of Tyumen region. *Vestnik Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2011. № 4. Series «Earth Sciences». Pp. 66-72. (in Russian).
8. Mezenцев, M.A. Agro-climatic conditions and resources south of the south of the region (south of 640 N) // *Atlas Tjumenskoj oblasti. Vyp. 1* [Atlas of Tyumen Region. Issue 1]. Moscow — Tyumen, 1971. Pp. 13(2); 13(3). (in Russian).
9. *Metody ocenki posledstvij izmenenija klimata dlja fizicheskikh i biologicheskikh sistem* [Methods for assessing climate change impacts on physical and biological systems]. Moscow, 2012. 509 p. (in Russian).
10. Shul'gin, A.M. *Agrometeorologija i agroklimatologija* [Agrometeorology and agroclimatology]. Leningrad, 1978. 201 p. (in Russian).
11. *Statisticheskij ezhegodnik: sb. v 4-h chastjah. Ch.IV(II) Tjumenskaja oblast' (bez avtonomnyh okrugov)* [Statistical annual report: Statistic collection in 4 parts. Part IV (II) Tyumen Region (without autonomous districts)]. Tyumen, 2011. 365 p. (in Russian).
12. *Geograficheskie podhody k modelirovaniju jekonomicheskoy situacii na zemel'nyh i agrarnyh rynkah (na primere jugo-zapada Tjumenskoj oblasti): Monografija* [Geographical approaches to the modeling of the economic situation on land and agricultural markets (the case of the south-west of Tyumen region ): Monograph] / Ed. by V.A. Osipov. Tyumen, 2011. 260 p. (in Russian).