

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Никитин Сергей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке Ульяновского НИИСХ - филиала СамНЦ РАН

Шарипова Резеда Бариевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

433315 Ульяновская обл., Ульяновский район, пос. Тумиразевский, ул. Институтская, 19; тел: 8 (842) 241-81-55; E-mail: rezedasharipova63@mail.ru

Ключевые слова: зерновые культуры, климат, индекс сухости, гидротермический коэффициент, коэффициент увлажнения, урожайность.

В статье рассмотрены основные подходы и пути увеличения объемов зерновой продукции и максимального использования биоклиматического потенциала в изменяющихся климатических условиях, изучены комплексные оценки факторов потенциальной и действительно возможной продукции по культурам. Исходной информацией для проведения исследований послужили данные приземных метеорологических наблюдений с 1990 по 2019 гг. на шести метеорологических станциях, расположенных на территории Ульяновской области. В оценке многолетних изменений агрометеорологических параметров использовали разложение в ряд Фурье, определялись параметры наилучшей синусоидальной аппроксимации точки максимума и минимума. Выявлено, что за последние три десятилетия идет устойчивое повышение средней годовой температуры (5,2°C), особенно в холодное время года. Влагообеспеченность носит более хаотичный характер, изменение неоднородное, варьируют от 280 мм (2012 г.) до 664 мм (2017 г.), и среднее значение за 1990-2019 гг. составляет 498 мм. Наибольшим потенциалом среди зерновых культур по показателям фотосинтетически активной радиации (ФАР) располагает ячмень (8,3 т/га), наименьшей – рожь (6,4 т/га). По количеству тепловых ресурсов и влаги максимальной продукции растениеводства достигает рожь, озимая пшеница чувствительна к влаге, ячмень – к температурному режиму.

Введение

В Ульяновской области направленность агропромышленного комплекса, как и любого другого региона, зависит от природно-ресурсного потенциала, который определяет продуктивность сельскохозяйственных культур, а также их структуру и специализацию, поэтому дальнейшие действия будут зависеть не только от научно-технического прогресса, но и от климатических изменений и их влияния на сельское хозяйство [1, 2, 3, 4].

Ограничивающим фактором сельскохозяйственного производства являются ресурсы влаги, в связи с чем уровень использования биоклиматического потенциала варьирует по ФАР от 19 до 29%, по ресурсам влаги – от 25 до 44%, и по термическому режиму – от 32,8 до 66%. Поэтому среди первоочередных проблем, связанных с адаптационными работами, является аналитическая и практическая деятельность в сфере оценки и анализа преобразования сельского хозяйства, обеспечивающее его устойчивость.

Для адаптации к современным изменениям климатических условий необходимо совершенствование структуры посевных площадей,

использование эффективных удобрений, техническое оснащение, применение элитных семян, современных технологий. Повышение объемов зерновой продукции – важная основа укрепления продовольственной безопасности региона. В данном направлении в области ведется постоянная работа по оптимизации структуры посевных площадей, росту валовых сборов зерновых культур, укрепляется материально-техническая база [5, 6].

Научная новизна исследований состоит в целевой функции биоклиматического потенциала развития на фоне глобального потепления, рассмотрении системы потенциалов сельскохозяйственного развития региона. Работа имеет практическое значение, т. к. разрабатываемые оценки выступают необходимым средством в обеспечении целевой ориентации единой региональной политики в отношении формирования и использования потенциала развития, в том числе способствуют формированию представления о его реальных и потенциальных возможностях.

Материалы и методы исследований

Данные метеорологических станций Улья-

Таблица 1

Структура посевных площадей с/х культур (тыс. га) за 1990-2020 гг.

Год	Вся посевная площадь	Зерновые культуры	% зерновых культур	Технические культуры		Кормовые культуры
				сахарная свекла	подсолнечник	
Российская Федерация						
1990	117704	63069	53,4	1461	2738	44561
1995	102539	54704	53,4	1084	4128	37055
2000	84671	45586	53,9	806	4644	28898
2005	75838	43594	57,5	798	5569	21611
2010	75189	43193	57,5	1161	7154	18289
2015	79301	43075	54,4	1019	6801	17084
2020	79947	45939	57,5	92,5	8545	14752
2020 г. в% к 1990 г.	67,8	72,8		6,4	311,8	33,2
Ульяновская область						
1990	1645	984	59,8	15,4	60,2	535,6
1995	1568	873	55,5	13,8	45,5	556,6
2000	1129	652	57,8	10,1	73,4	72,8
2005	783	466	59,5	8,7	52,5	209,5
2010	989	595	60,3	14,5	123,1	151,7
2015	1011	578	57,4	13,6	185,8	168
2020	1058	635	60,1	10,2	226,8	118,7
2020 г. в% к 1990 г.	64,5	64,5		66,0	377,2	22,1

новска, Димитровграда, Инзы, Канадея, Сенгиля за 1990-2020 гг. послужили исходной информацией для проведения исследований, а также использованы данные Росстата и департамента сельского хозяйства Ульяновской области [7, 8]. В оценке многолетних изменений атмосферных осадков, температуры воздуха и урожайности зерновых культур использовали разложение в ряд Фурье, определялись параметры наилучшей синусоидальной аппроксимации точки максимума и минимума. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову с использованием программы AGROS [9].

Результаты исследований

Одной из основных целей на период до 2025 года является увеличение экспорта продукции агропромышленного комплекса. Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что в последние двадцать лет посевные площади достигли максимального значения как в Ульяновской области, так и в Российской Федерации. Основную часть составляют зерновые культуры: 57,4 – 60%, 1 млн. 58 тыс. гектаров засеяно под урожай 2020 года ульяновскими сельхозпроизводителями.

Однако, с учетом фактической структуры производства, логистики и сбыта выйти на целевой показатель крайне сложно, поэтому необходимо в первую очередь плавно адаптироваться

к современным климатическим изменениям, подготовить квалифицированные кадры, поднять эффективность отрасли растениеводства: использовать элитные семена, эффективные удобрения, современные технологии [10, 11].

Анализ таблицы 2 показывает, что для восполнения ежегодно забираемых из почвы питательных веществ, внесение минеральных и органических удобрений в 2020 году существенно увеличилось в сравнении с прошедшими годами и достигло 122-266% по отношению к 2015 году.

Таблица 2

Данные динамики применения удобрений в Ульяновской области за 2015-2020 гг.

Годы	Внесено минеральных удобрений		Внесено органических удобрений:	
	Всего, тыс. тонн д.в	На 1 га посева, кг	Всего, тыс. тонн д.в	На 1 га посева, т
2015	20,9	21,1	100,3	0,3
2016	14,9	26,7	186,3	0,4
2017	17,9	33,8	291,0	0,6
2018	16,8	32,8	230,5	0,4
2019	17,5	35,4	231,5	0,5
2020	25,3	45,9	267,1	0,5
2020 г. в% к 2015 г.	121,6	218,0	266,3	166,0

Таблица 3

Среднегодовая температура воздуха (°С) и сумма осадков (мм) в Ульяновской области за 1990–2020 гг. (по десятилетиям)

Десятилетия	Метеорологические станции Ульяновской области						Средняя по области
	Ульяновск	Димитровград	Инза	Сурское	Канадей	Сенгилей	
Средняя годовая температура (°С)							
1991-2000	4,5	5,0	4,5	4,6	5,1	5,1	4,8
2001-2010	5,4	5,6	4,9	5,2	5,6	5,8	5,4
2011-2020	5,3	5,7	5,0	5,2	5,7	5,7	5,5
Средняя годовая сумма осадков (мм)							
1991-2000	489	596	516	536	412	509	510
2001-2010	449	565	541	510	441	389	483
2011-2020	543	542	514	482	405	500	498

Таблица 4

Прогнозирование урожайности (ПУ) зерновых культур по климатическим ресурсам Ульяновской области и уровень их использования

Характеристики биоклиматического потенциала		Станции					
		Инза	Сурское	Ульяновск	Димитровград	Сенгилей	Канадей
Потенциальная урожайность, ц/га	по ФАР	150	150	150	150	150	150
	полезн. продукции	77,1	77,1	77,1	77,1	77,1	77,1
Действительно возможная урожайность, ц/га	по влаге	77,2	69,6	67,0	72,1	70,1	65,0
	полезн. продукции	37,1	33,7	32,5	34,9	34,0	30,1
По термическим условиям, ц/га		47,0	48,0	49,1	50,5	50,4	50,9
Фактическая урожайность, ц/га		12,2	17,1	21,5	22,4	16,2	14,4
Уровень использования ресурсов, %	ФАР	15,6	22,2	27,9	29,0	21,0	19,0
	влага	25,9	35,6	43,7	44,3	32,1	28,2
	тепло	32,8	50,7	66,1	64,1	47,6	47,6

Наши исследования показали, что сопоставление данных конечной продукции позволили выявить пути последовательного увеличения объемов зерновой продукции и максимального использования биоклиматического потенциала в изменяющихся климатических условиях Ульяновской области, что является основной целью настоящей работы.

По многочисленным публикациям зарубежных и российских исследователей повышение температуры воздуха на 1,5 градуса указы-

вает как на огромные проблемы, так и выгоды и на глобальном, и на региональном уровнях, поэтому для решения проблем, вызванных потеплением климата, адаптация к его изменению с целью укрепления продовольственной безопасности региона — это уже необходимость [10, 11, 12, 13].

Результаты проведенных нами исследований показывают, что средняя годовая температура воздуха повышается из года в год (табл.3), несмотря на то, что наиболее значимое повышение наблюдается в холодное время, увеличивается продолжительность вегетационного периода, сопровождающаяся засухой. Нейтрализующим фактором роста данного параметра является экономное использование водных ресурсов [14, 15].

Как показывает опыт наших многолетних исследований, максимально точное определение биоклиматического потенциала является самым главным условием в повышении эффективности и урожайности сельскохозяйственных культур, наряду с рациональным использованием природных ресурсов, поэтому потенциальный урожай (ПУ) вычисляется как наивысший уровень биологической продуктивности агроэкосистемы по коэффициенту использования растительными сообществами приходящей фотосинтетической активной радиации (ФАР). Наши расчёты показали, что средние значения коэффициентов полезного действия ФАР составляют для обычных посевов 1 – 3%, для рекордных – 4 – 6% и для теоретически возможных – 7 – 10% [16,17,18].

По нашим данным, сумма ФАР, поступающей на единицу площади за вегетационный период в Ульяновской области, составляет $1253 \cdot 10^4$ МДж/га, которой хватило бы на выращивание растительной потенциальной продукции до 15,0 т/га и выше, однако на практике и особенностей развития растений при расчетах используется только 3% фотосинтетически активной радиации [19], (табл.4).

По фактическому количеству выпавших осадков в регионе: ПУ абсолютно сухого вещества составляет от 65,0 до 77,2 ц/га и от 30,1 до 37,1 ц/га полезной продукции.

Таблица 5

Средние значения полезной продукции по культурам

Вид продукции	Культуры			
	Озимая пшеница	Рожь	Овес	Ячмень
Соотношение побочной и полезной продукции по культурам	1 :1,4	1 :1,7	1 :1,3	1 :1,1
Потенциальная урожайность полезной продукции по ФАР, ц/га	72,2	64,1	75,0	83,2
Потенциальная урожайность полезной продукции по влаге, ц/га	39,8	49,4	41,5	45,9
Потенциальная урожайность полезной продукции по теплу, ц/га	52,4	58,6	51,6	50,4

Наши расчёты проводились по средним многолетним значениям за 1990-2019 гг., однако при выборке данных учитывались и экстремальные значения: максимумы и минимумы, которые в свою очередь всегда представляли угрозу. Например, в среднем по Ульяновской области осадков за май - июль месяцы выпадает 155 мм. Однако бывают годы, когда их выпадает минимальное количество, например в 2010г. –33,3 мм и максимальное в 2004 г. –289 мм, поэтому в соответствующие годы действительно возможная урожайность ($ДВУ_w$) колебалась от 6,5 до 7,7 т/га.

По данным таблицы 4 на территории Ульяновской области за период вегетации накапливается в среднем 2500 градусов активной температуры, данное количество тепла позволяет получать от 4,7 до 5,1 т/га урожая.

Расчёты нашего института показывают, что в 2010 году, когда сумма активных температур достигала максимального значения, действительно возможная урожайность полезной продукции по расчетным данным достигала до 9,3 т/га, в 1993 году при минимальном значении активной температуры – 2,7 т/га.

Однако, в такие экстремальные годы при выращивании определенного количества продукции, значительное сокращение количества сельхозтехники у предприятий в период пиковой нагрузки приведет к неэффективному проведению полевых работ: нарушению агротехнических сроков, снижающих потенциал урожайности и пропорционально повышающих трудозатраты на проведение работ. Значительное повышение затрат на обслуживание техники, является основным фактором, препятствующим

эффективному развитию растениеводства и сельского хозяйства в регионе (табл. 3).

На практике обычно минимальное значение действительно возможной урожайности принимают за теоретически достижимую. Выпадающее количество атмосферных осадков за год в количестве 400-500 мм и минимум в летние месяцы в силу увеличения засушливой погоды препятствуют получению высоких урожаев и являются лимитирующим фактором. [18, 20].

Анализ проведенных нами данных и дальнейшего сравнение фактической урожайности с потенциальной позволяют сделать выводы, что в среднем по области агроклиматические ресурсы тепла и влаги используются в хозяйствах от 25,9 до 66,1%. Наибольший потенциал земель наблюдается в Центральной и Заволжской, наименьшая - в Западной и Южной зонах.

Сопоставления значений зерновых растений по культурам в соответствии соотношений полезной и побочной продукции по ФАР показывают, что допустимая наибольшая урожайность в регионе достигает ячмень, (8,3 т/га), наименьшая – рожь (6,4 т/га) за счет максимального количества соломы (табл.5).

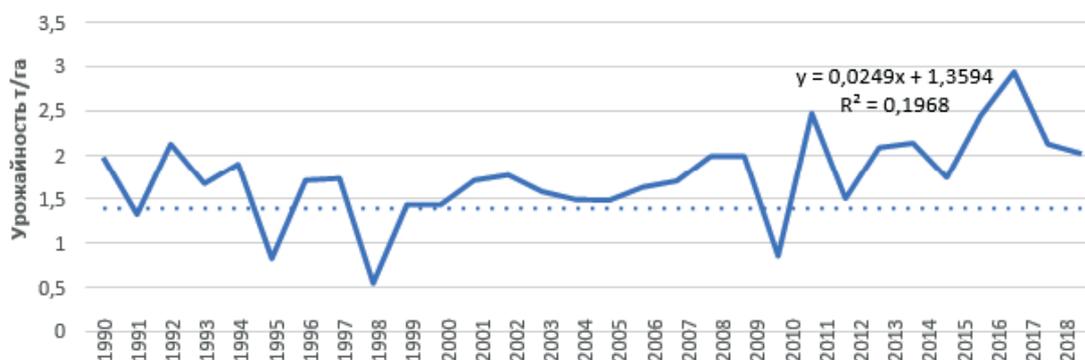


Рис.1. - Динамика средней урожайности зерновых культур в Ульяновской области за 1990–2019 гг., т/га.

По выпадающему количеству атмосферных осадков и теплообеспеченности максимальная потенциальность наблюдается у ржи, озимая пшеница наиболее чувствительна к влаге, а по тепловому фактору минимум у ячменя [14, 15, 20].

Проведенный нами расчёт динамики урожайности показывает (рис.1), что почвенно-климатические условия Ульяновской области позволяют получать урожайность зерновых культур на уровне 2,0-2,5 т/га, что свидетельствует об имеющихся резервах для повышения эффективности ведения земледелия в регионе [14,15].

Нами был проведён расчёт коэффициента регрессии в линейном корреляционном уравнении ($y=0.0249x+1.3594$), который был положителен и показывает повышение урожайности из года в год с довольно высокой достоверностью $R^2 = 0,1968$, достигая при этом максимальной урожайности в 2017 году до 2,9 т/га – это недостаточно высокая урожайность при имеющихся климатических ресурсах и производственного потенциала.

Как видно из рис. 1, урожайность имеет положительный тренд, однако участвовавшие в последние десятилетия засушливые погодные условия, агрометеорологические факторы, вызывающие повреждение растений зимой, достаточно короткий вегетационный период, неблагоприятные условия проведения сельскохозяйственных работ обуславливают значительные потери в период уборочных работ. В связи устойчивым повышением температуры воздуха актуально оперативное внедрение засухоустойчивых растений, в том числе малораспространённых и нетрадиционных для региона культур: озимой рапс, сорго-суданковые гибриды и др. Необходимо расширить посевы промежуточных культур. Эффективно использовать ранневесенние запасы влаги путем смещения сроков сева яровых культур на более раннее время, расширение семеноводства теплолюбивых растений.

Обсуждение

Основным шагом по адаптации к изменению климата и важным элементом глобальных усилий должны быть: продовольствие и сельское хозяйство. Политические действия и мероприятия должны быть направлены на остроту проблемы и все силы на устранение рисков и факторов уязвимости и стимулирующие формирование устойчивых и невосприимчивых к внешним воздействиям сельскохозяйственных систем. Сила и мощность воздействия изменения климата растёт, задача по созданию устой-

чивости только усугубляется, поэтому к таким мероприятиям необходимо приступать незамедлительно.

Заключение

На основе анализа выполненных исследований можно заключить, что наблюдаемые с 1990 года изменения агроклиматических показателей благоприятны для увеличения потенциала развития сельского хозяйства Ульяновской области. Положительные тренды урожайности (+0,6/30 лет) подтверждают данное заключение.

Однако использование благоприятных последствий потепления климата возможно только в сочетании с проведением адаптационных мер, направленных на снижение потерь от его отрицательных последствий. За последние три десятилетия в Ульяновской области наблюдается повышение средней годовой температуры. Влагообеспеченность носит более хаотичный характер, изменение неоднородное, имеет низкую статистическую значимость и менее устойчиво, наблюдается ее уменьшение во времени. Для решения поставленных целей необходимо преобразование сельского хозяйства, обеспечивающее его устойчивость, без создания угрозы сельскохозяйственному сектору – растениеводству, поэтому настала острая необходимость уделить большое внимание проведению научных исследований и разработок, которые помогут санкционировать основные адаптационные стратегии.

По насчитывающимся климатическим ресурсам в среднем регионе можно получить от 3,0 до 7,7 т/га урожая зерновых культур. Ресурсы влаги являются основными факторами, влияющими на сельскохозяйственное производство, и уровень использования биоклиматического потенциала колеблется по фотосинтетически активной радиации от 19 до 29%, по ресурсам влаги -от 25до 44% и по термическому режиму -от 32,8 до 66%.

Наибольшим потенциалом среди зерновых культур по ФАР располагает ячмень (8,3 т/га), наименьшей – рожь (6,4 т/га). По количеству тепловых ресурсов и влаги максимум у ржи, озимая пшеница наиболее чувствительна к влаге, а ячмень -к теплу, поэтому следует отдать предпочтение озимым, способным в максимальной степени использовать весенние запасы почвенной влаги и меньше- страдающим от летней засушливой погоды.

Библиографический список

1. Шарипова, Р.Б. Влияние регионально-

- го изменения климата на производство зерна / Р.Б. Шарипова, Е.В. Кузина // В сб.: Инновационные направления аграрной науки на современном этапе. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 110 - летию основания Ульяновского НИИСХ и присвоению института имени академика Н.С. Немцева. 2021. – С140-147.
2. Хакимов, Р.А. Формирование урожайности пшеницы по занятому пару в зависимости от уровня минерального питания / Р.А. Хакимов, С.А. Никифорова, Н.В. Хакимова // Достижения науки и техники АПК. –2021, Т.35 –№2. –С.33-40.
3. Сабитов, М.М. Ресурсосберегающие модели технологий возделывания яровой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / М.М. Сабитов, С.А. Захаров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. –2021. –Т. 16. –№ 3(63). –С. 53-58.
4. Колесова, М.А. Возможное влияние абиотических факторов устойчивости ячменя и овса к ржавчинным заболеваниям / М.А. Колесова, В.Г. Захаров, Л.Г. Тырышкин // Достижения науки и техники АПК. –2022. – №1. – С. 13-21.
5. Агрометеорологический ежегодник. / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (с 1961 по 2020 гг.), Ульяновск.
6. Сельское хозяйство Ульяновской области / Отдел экономических программ, анализа и ценообразования Департамента сельского хозяйства. Ульяновск: Печатный двор, –2020. –32 с.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. –Москва. Агромиздат, 1995. –336с.
8. Kulikova, A.Kh. Biopreparations in the spring wheat fertilization system / A.Kh Kulikova, S.N. Nikitin, A.L. Toigildin Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Т. 8. № 1. –С. 1796-1800.
9. Сабитов, М.М. Экономическая эффективность технологий возделывания культур в зернопаровом севообороте / М.М. Сабитов // Достижения науки и техники АПК. – 2021. Т. 35. № 2. С. 13-18.
10. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – С. 11-72.
11. Анализ индикаторов изменения климата. Часть 2. Северо-Западный регион России / О.А. Анисимов, Е.Л. Жильцова, К.О. Шаповалова, А.А.Ершов // Метеорология и гидрология. – 2021. – №2. – С.23-35.
12. Павлова, В.Н. Оценки степени уязвимости территории и климатического риска крупных неурожаев зерновых культур в зерносеющих регионах России / В.Н. Павлова, С.Е. Варчева // Метеорология и гидрология. – 2017. – №8. – С.39-50.
13. Мохов, И.И. Погодно-климатические аномалии в российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата / Мохов И.И., Семенов В.А. // Метеорология и гидрология – 2016. – №2. – С.16-28.
14. Шарипова, Р.Б. Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Р.Б. Шарипова. – Ульяновск: УЛГТУ, 2020. – 138 с.
15. Шарипова, Р.Б. Агрометеорологическая оценка атмосферных засухи урожайности на территории УНИИСХ / Р.Б. Шарипова, М.М. Сабитов // Аграрный Вестник Юго-Востока. –2013. –№ 1- 2(8-9). –С. 70-72.
16. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А.Черняков, О.Д.Сиротенко – М.: Т-во научных изданий КМК. 2006.– 512 с.
17. Школьник, И.М. Влияние глобального потепления на сельское хозяйство в засушливых регионах Евразии: ансамблевый прогноз на базу региональной климатической модели на середину XXI века / И.М. Школьник, Г.Б. Пигольцина, С.В. Ефимов // Метеорология и гидрология. –2019.–№8. – С.57-68.
18. Мустафина, А.Б. Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан / А.Б.Мустафина, // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2019. – №2(372). – С. 144-153.
19. Маргарян В.Г., Тренды теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата на территории Армении за период с 1993 по 2019 гг. / В.Г. Маргарян, Е.В. Гайдукова // Известия Русского географического общества. – 2022. – Т.154. – №1. – С.37-47.
20. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. –Т.35 – №2. – С.10-14.

ASSESSMENT OF CHANGE OF AGROCLIMATIC POTENTIAL OF ULYANOVSK REGION FOR PLANT PRODUCTION

Nikitin S. N., Sharipova R. B.

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture.

433315 Ulyanovsk region, Ulyanovsk district, Timiryazevsky v., Institutskayast.,

19. Tel: 8 (842) 241-81-55. E-mail: rezedasharipova63@mail.ru

Key words: grain crops, climate, dryness index, hydrothermal coefficient, moisture coefficient, yield.

The article discusses the main approaches to an increase of grain production volume and maximum usage of bioclimatic potential in changing climatic conditions. Comprehensive assessment of factors of potential and actually possible crop production was studied. The initial information for the research was data of surface meteorological observations at six meteorological stations located on the territory of Ulyanovsk region from 1990 to 2019. For assessment of long-term changes of agrometeorological parameters, Fourier series expansion was used, parameters of the best sinusoidal approximation of the maximum and minimum points were determined. It was revealed that over the past three decades, there has been a steady increase of the average annual temperature (5.2 °C), especially in the cold season. Moisture supply is more chaotic, the change is heterogeneous, varying from 280 mm (2012) to 664 mm (2017) and the average value is 498 mm for 1990-2019. Barley has the greatest potential among grain crops in terms of photosynthetically active radiation (PAR) (8.3 t/ha), rye has the smallest potential (6.4 t/ha). In terms of the amount of heat resources and moisture, rye has the maximum crop production, wheat is sensitive to moisture, barley - to temperature regime.

Bibliography:

1. Sharipova, R.B. Influence of regional climate change on grain production / R.B. Sharipova, E.V. Kuzina // In collection: Innovative areas of agricultural science at the present stage. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 110th anniversary of foundation of Ulyanovsk Research Institute of Agriculture and the assignment of the name of Academician N.S. Nemtsev to the Institute. 2021. – P. 140-147.
2. Khakimov, R.A. Formation of wheat yield on sown fallow, depending on the level of mineral nutrition / R.A. Khakimov, S.A. Nikiforova, N.V. Khakimova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2021, V.35 - № 2. – P.33-40.
3. Sabitov, M.M. Resource-saving models of spring wheat cultivation technologies in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region / M.M. Sabitov, S.A. Zakharov // Vestnik of Kazan State Agrarian University. – 2021. - V. 16. - № 3 (63). - P. 53-58.
4. Kolesova, M.A. Possible influence of abiotic factors of resistance of barley and oats to rust diseases / M.A. Kolesova, V.G. Zakharov, L.G. Tyryshkin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2022. - № 1. - P. 13-21.
5. Agrometeorological yearbook. / State. com. USSR on hydrometeorology and environmental control (from 1961 to 2020), Ulyanovsk.
6. Agriculture of Ulyanovsk Region / Department of Economic Programs, Analysis and Pricing of the Department of Agriculture. Ulyanovsk: Printing house, – 2020. – 32 p.
7. Dospekhov, B.A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results) / B.A. Dospekhov. – Moscow. Agropromizdat, 1995. – 336 p.
8. Kulikova, A. Kh. Biopreparations in the spring wheat fertilization system / A. Kh. Kulikova, S.N. Nikitin, A.L. Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. V. 8. № 1. – P. 1796-1800.
9. Sabitov M.M. Economic efficiency of crop cultivation technologies in grain-fallow crop rotation / M.M. Sabitov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2021. V. 35. № 2. P. 13-18.
10. Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2019. – Moscow, 2020. – P. 11-72.
11. Analysis of climate change parameters. Part 2. North-West region of Russia / O.A. Anisimov, E.L. Zhiltsova, K.O. Shapovalova, A.A. Ershov // Meteorology and hydrology. – 2021. - № 2. - P.23-35.
12. Pavlova, V.N. Estimates of vulnerability degree of the territory and climatic risk of large crop failures in grain-growing regions of Russia / V.N. Pavlova, S.E. Varcheva // Meteorology and hydrology. – 2017. - № 8. - P.39-50.
13. Mokhov I.I. Weather and climate anomalies in the Russian regions and their connection with global climate change / I.I. Mokhov, V.A. Semenov // Meteorology and hydrology - 2016. - № 2. - P.16-28.
14. Sharipova, R.B. Tendencies in climate change and agro-climatic resources of Ulyanovsk region and their impact on productivity of grain crops / R.B. Sharipova. - Ulyanovsk: UISTU, 2020. - 138 p.
15. Sharipova, R.B. Agrometeorological assessment of atmospheric drought yields on the territory of Ulyanovsk Research Institute of Agriculture / R.B. Sharipova, M.M. Sabitov // Agrarian Vestnik of the South-East. – 2013. – № 1-2(8-9). – P. 70-72.
16. Bioclimatic potential of Russia: theory and practice / A.V. Gordeev, A.D. Kleshchenko, B.A. Chernyakov, O.D. Sirotenko - M.: Association of Scientific Publications KMK. 2006. – 512 p.
17. Shkolnik, I.M. The impact of global warming on agriculture in the arid regions of Eurasia: ensemble forecast based on a regional climate model for the middle of the 21st century / I.M. Shkolnik, G.B. Pigoltsina, S.V. Efimov // Meteorology and hydrology. – 2019. – № 8. - P.57-68.
18. Mustafina, A.B. The main features of the influence of weather conditions on productivity of grain crops in the Republic of Tatarstan / A.B. Mustafina, // Hydrometeorological research and forecasts. - 2019. - № 2 (372). - P. 144-153.
19. Margaryan V.G. Trends in heat supply of agricultural crops in the changing climate of Armenia for the period from 1993 to 2019. / V.G. Margaryan, E.V. Gaidukova // Izvestiya of the Russian Geographical Society. - 2022. - V.154. - № 1. - P.37-47.
20. Nemtsev S.N. Agro-climatic resources, their change and environmental restrictions of the growing season of Ulyanovsk region / S.N. Nemtsev, R.B. Sharipova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2021. - V.35 - № 2. - P.10-14.