

## МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.6:551.582

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-119-138

### О роли водных мелиораций в природных зонах Саратовской области в условиях изменения климата

Ирина Игоревна Демакина<sup>1</sup>, Нина Анатольевна Пронько<sup>2</sup>,  
Борис Викторович Фисенко<sup>3</sup>, Виктор Владиславович Корсак<sup>4</sup>,  
Татьяна Анатольевна Панкова<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

<sup>1</sup>demakina2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0097-8733>

<sup>2</sup>n\_pronko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2814-2011>

<sup>3</sup>fb79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0333-3527>

<sup>4</sup>vvcorsac@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6285-7649>

<sup>5</sup>vtanja@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4619-765X>

**Аннотация. Цель:** изучение изменений климатических характеристик территории Саратовской области, определяющих влагообеспеченность сельскохозяйственных культур и необходимость интенсификации водных мелиораций. **Материалы и методы.** Для ретроспективного статистического анализа были использованы данные 12 опорных метеостанций, расположенных в лесостепи, засушливой черноземной степи, сухой степи и полупустыне – во всех природных зонах Саратовской области, за периоды наблюдений, включавшие конец XX в. и два первых десятилетия XXI в. **Результаты.** В результате проведенного анализа установлено наличие выраженных тенденций роста основных показателей засушливости климата. В их числе: уменьшение среднегодовой суммы осадков, особенно заметное для сухостепной и полупустынной зон Саратовской области; повышение на 1 °С среднегодовой температуры воздуха и на 0,8 °С температуры воздуха теплого периода года (апрель – октябрь); снижение влагообеспеченности изучаемой территории как по коэффициенту увлажнения, так и по гидротермическому коэффициенту; увеличение площади территорий с гидротермическим коэффициентом менее 0,5. **Вывод:** происходящие изменения климата оказывают влияние на земледелие во всех регионах России, в т. ч. и Саратовской области, расположенной в зоне недостаточного увлажнения, где, несмотря на увеличение весенних запасов продуктивной влаги на зяби в слое почвы от 0 до 100 см на 4,5–30,6 %, по данным метеостанций в этом регионе, произошел рост дефицита влагообеспеченности сельскохозяйственных культур со смещением границ территорий, на которых получение гарантированных урожаев возможно лишь при условии проведения водных мелиоративных мероприятий.

**Ключевые слова:** неустойчивость климата, количество осадков, температура воздуха, продуктивная влага, водные мелиорации

**Для цитирования:** О роли водных мелиораций в природных зонах Саратовской области в условиях изменения климата / И. И. Демакина, Н. А. Пронько, Б. В. Фисенко, В. В. Корсак, Т. А. Панкова // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 4. С. 119–138. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-4-119-138>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

**The role of hydraulic reclamation in natural zones of Saratov region under climate change**

**Irina I. Demakina<sup>1</sup>, Nina A. Pronko<sup>2</sup>, Boris V. Fisenko<sup>3</sup>, Viktor V. Korsak<sup>4</sup>, Tatyana A. Pankova<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

<sup>1</sup>demakina2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0097-8733>

<sup>2</sup>n\_pronko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2814-2011>

<sup>3</sup>fb79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0333-3527>

<sup>4</sup>vcorsac@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6285-7649>

<sup>5</sup>vtanja@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4619-765X>

**Abstract. Purpose:** to study changes in climatic characteristics of Saratov region territory that determine moisture supply for agricultural crops and the need to intensify hydraulic reclamation. **Materials and methods.** For retrospective statistical analysis, data from 12 baseline weather stations located in the forest-steppe, arid chernozem steppe, dry steppe and semi-desert – in all natural zones of Saratov region, for observation periods since the end of the 20th century and the first two decades of the 21st century. **Results.** The presence of pronounced growth trends in the main indicators of climate aridity were revealed. These include: a decrease in the average annual precipitation, especially noticeable for the dry steppe and semi-desert zones of Saratov region; an increase in the average annual air temperature by 1 °C and in the air temperature of the warm period of the year (April – October) by 0.8 °C; a decrease in the moisture supply of the studied area both by the moisture coefficient and by the hydrothermal coefficient; an increase of the territories with a hydrothermal coefficient of less than 0.5. **Conclusion:** the ongoing climate changes affect agriculture in all regions of Russia, including Saratov region, located in the zone of insufficient moisture, where, despite the spring provisions of productive moisture on fallow land; in the soil layer from 0 to 100 cm by 4.5–30.6 %, according to weather stations in this region, there was an increase in the moisture supply deficit of agricultural crops with a shift in the boundaries of territories in which guaranteed yields are possible only under hydraulic reclamation.

**Keywords:** climate instability, precipitations amount, air temperature, productive moisture, hydraulic reclamation

**For citation:** Demakina I. I., Pronko N. A., Fisenko B. V., Korsak V. V., Pankova T. A. The role of hydraulic reclamation in natural zones of Saratov region under climate change. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(4):119–138. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-4-119-138>.

**Введение.** Климатологи показывают, что на Земле происходит изменение климата. И это не только потепление. Сейчас Земля на 1,1 °C теплее, чем в конце 1800-х гг., и теплее, чем когда-либо за последние 100 тыс. лет [1–4]. Последствием климатических изменений в сельскохозяйственном производстве является также увеличение количества и интенсивности атмосферных и почвенных засух, что приводит к повсеместным рискам потерь уро-

жая [5–7], а также к отмечаемой для отдельных сельскохозяйственных культур стагнации роста их продуктивности [8].

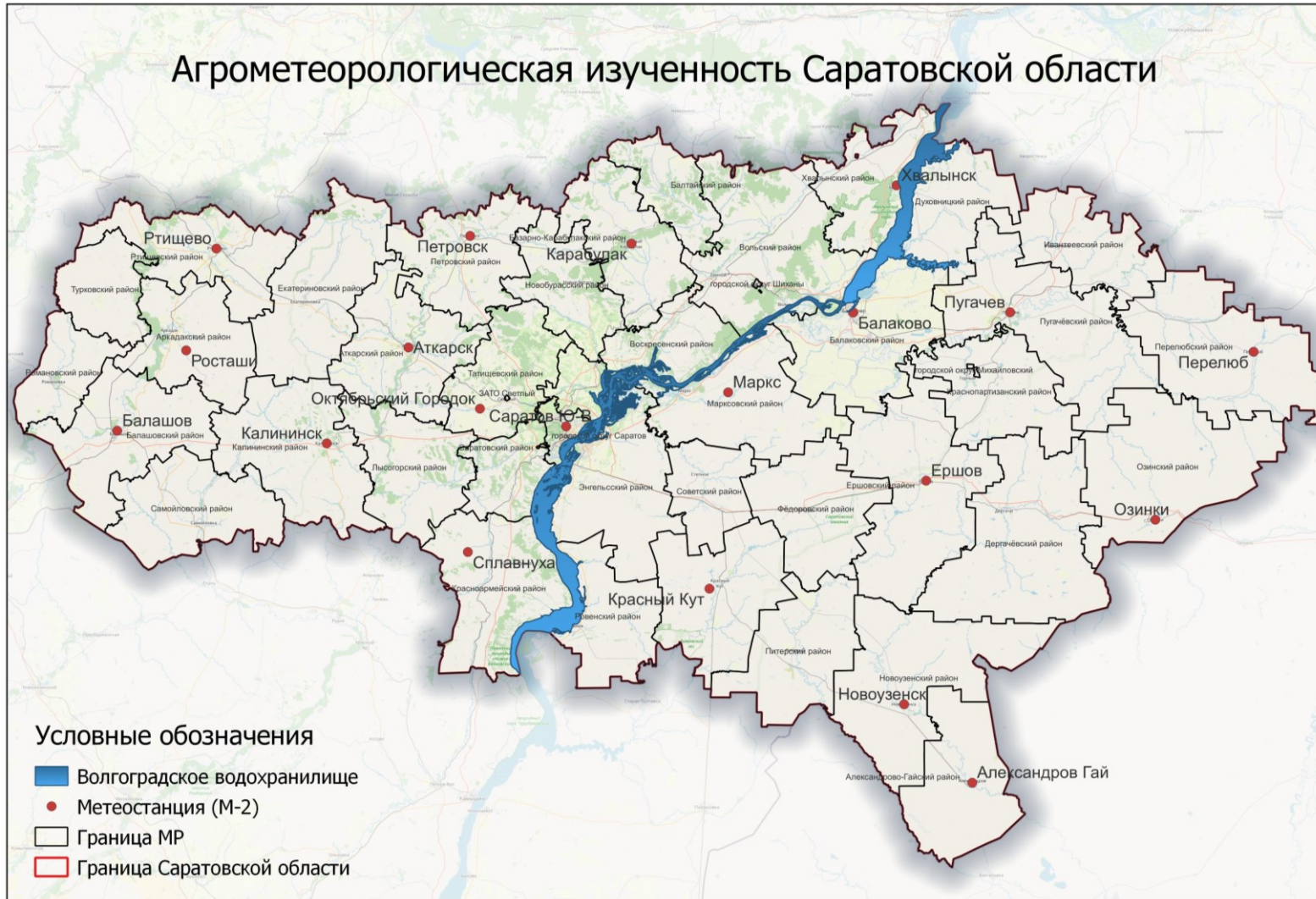
Неустойчивость климата, а в частности его глобальное потепление, затрагивает и территорию РФ. Увеличение температуры за последние 100 лет составило 2,2 °С, а за последние 50 лет – 1,5 °С, что в два раза больше, чем в других частях планеты. Разнообразие географических зон и климатических поясов России обуславливает неоднозначное влияние изменяющихся климатических условий на все сферы народного хозяйства всех ее субъектов. Так, если север европейской части РФ испытывает проблемы от таяния вечной мерзлоты, то центральная и южная ее части – риски сельскохозяйственного производства [9].

Развитие во второй половине XX в. водно-мелиоративных мероприятий, в т. ч. в Поволжье и Саратовской области, было направлено на компенсацию недостаточной природной влагообеспеченности.

Неустойчивость климата не может не влиять на обеспечение растений водой и, как следствие, потребность в ирригации, однако данное направление в настоящее время является недостаточно изученным.

Цель исследований – изучение характера и интенсивности влияния неустойчивости климата на изменение климатических характеристик территории Саратовской области, определяющих влагообеспеченность сельскохозяйственных культур, и обоснование степени интенсификации водных мелиоративных мероприятий.

**Материалы и методы.** Для изучения характера изменения агрометеорологических показателей (температуры воздуха, количества осадков, высоты снежного покрова) на территории Саратовской области нами был выполнен ретроспективный статистический анализ репрезентативных и достоверных рядов наблюдений. Были использованы данные 12 опорных метеостанций (рисунок 1), расположенных в природных зонах области: лесостепной, засушливой черноземной степи, сухой степи и полупустыне, за два периода: 1981–2000 и 2001–2023 гг.



**Рисунок 1 – Сеть метеорологических станций Росгидромета РФ на территории Саратовской области**

**Figure 1 – Network of Roshydromet RF weather stations in Saratov region**

Для определения степени влияния каждого из агрометеорологических показателей на влагообеспеченность сельскохозяйственных культур нами были проанализированы данные мониторинга запасов продуктивной влаги в почвенном профиле основных подтипов зональных почв: чернозема типичного (Ртищево, Аркадак (Росташи), Карабулак), чернозема обыкновенного (Аткарск, Балашов), чернозема южного (Саратов Ю-В, Пугачев, Перелюб), темно-каштановой почвы (Ершов), каштановой почвы (Красный Кут, Озинки), светло-каштановой почвы (Новоузенск), за периоды 1981–2000 и 2001–2022 гг. (рисунок 2).

Почвенные образцы отбирались буром АМ-16 до глубины 150 см через каждые 10 см в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017<sup>1</sup> и ГОСТ Р 58595-2019<sup>2</sup>, влажность почвы определялась термостатно-весовым методом (ГОСТ 20915-75 (СТ СЭВ 5630-86)<sup>3</sup>, ГОСТ 28268-89<sup>4</sup>), плотность сложения почвы устанавливалась по ГОСТ 12536-2014<sup>5</sup>, наименьшая влагоемкость и влажность устойчивого завядания – по ГОСТ 28268-89<sup>4</sup>. Коэффициент увлажнения определяли как соотношение между годовым количеством выпавших осадков и их испарением (ГОСТ 17713-89<sup>6</sup>), гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) – по методике Г. Т. Селянинова<sup>7</sup>. Для выяс-

---

<sup>1</sup>ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 2019-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>2</sup>ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. Введ. 2020-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>3</sup>ГОСТ 20915-75 (СТ СЭВ 5630-86). Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. Введ. 1977-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>4</sup>ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Введ. 1990-06-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>5</sup>ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 2015-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>6</sup>ГОСТ 17713-89. Сельскохозяйственная метеорология. Термины и определения. Введ. 1990-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>7</sup>Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.

нения причин изменения запасов продуктивной влаги в почве была изучена динамика глубины промерзания почвы, которая измерялась мерзлотометром Данилина в соответствии с указаниями ГОСТ 24847-2017<sup>8</sup>. Геопространственное моделирование метеорологических характеристик проводилось в программном комплексе QGIS в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52055-2003<sup>9</sup>, ГОСТ Р 52293-2004<sup>10</sup>, ГОСТ Р 51353-99<sup>11</sup>. Обработка данных проводилась методами статистического анализа (Б. М. Доспехов<sup>12</sup>, 1985).

**Результаты и обсуждение.** Ретроспективный статистический анализ изменения климатических показателей на территории Саратовской области за периоды с 1981 по 2000 и с 2001 по 2022 г. позволил сделать вывод об увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1 °С, а температуры теплого периода года – на 0,8 °С (рисунок 3).

На территории Саратовской области наблюдаются разнонаправленные тенденции изменения температуры воздуха: за теплый период меньшая, за холодный – большая. Что касается количества осадков, важнейшего для аридных зон климатического показателя, установлено: годовая сумма осадков за период с 2001 по 2022 г. по сравнению с периодом с 1981 по 2000 г., по данным девяти метеостанций из 12, уменьшилась (рисунок 4).

---

<sup>8</sup>ГОСТ 24847-2017. Грунты. Методы определения глубины сезонного промерзания. Введ. 2018-05-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>9</sup>ГОСТ Р 52055-2003. Геоинформационное картографирование. Пространственные модели местности. Общие требования. Введ. 2004-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>10</sup>ГОСТ Р 52293-2004. Геоинформационное картографирование. Система электронных карт. Карты электронные топографические. Общие требования. Введ. 2005-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>11</sup>ГОСТ Р 51353-99. Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Состав и содержание. Введ. 2000-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>12</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2010. 352 с.

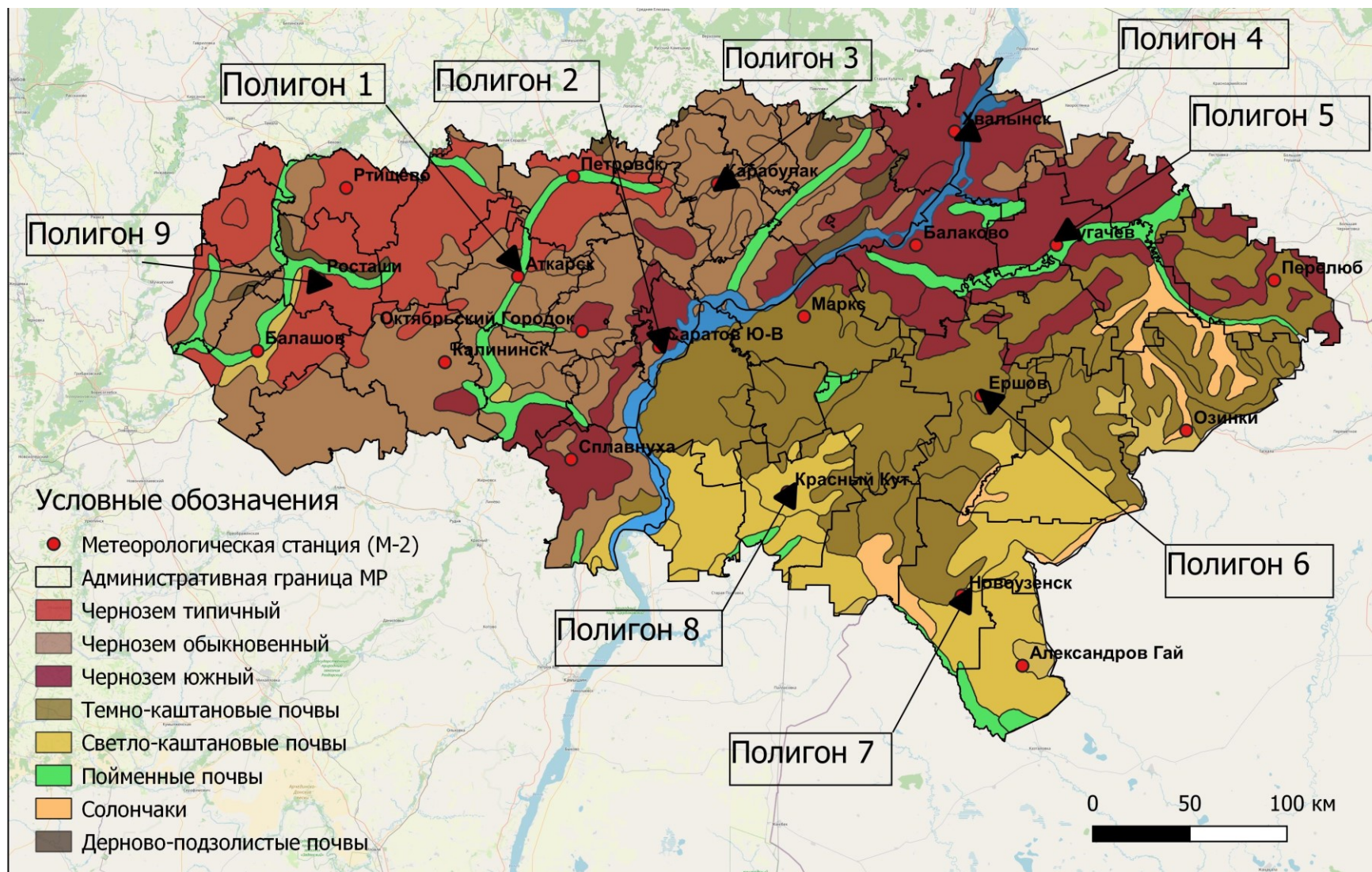
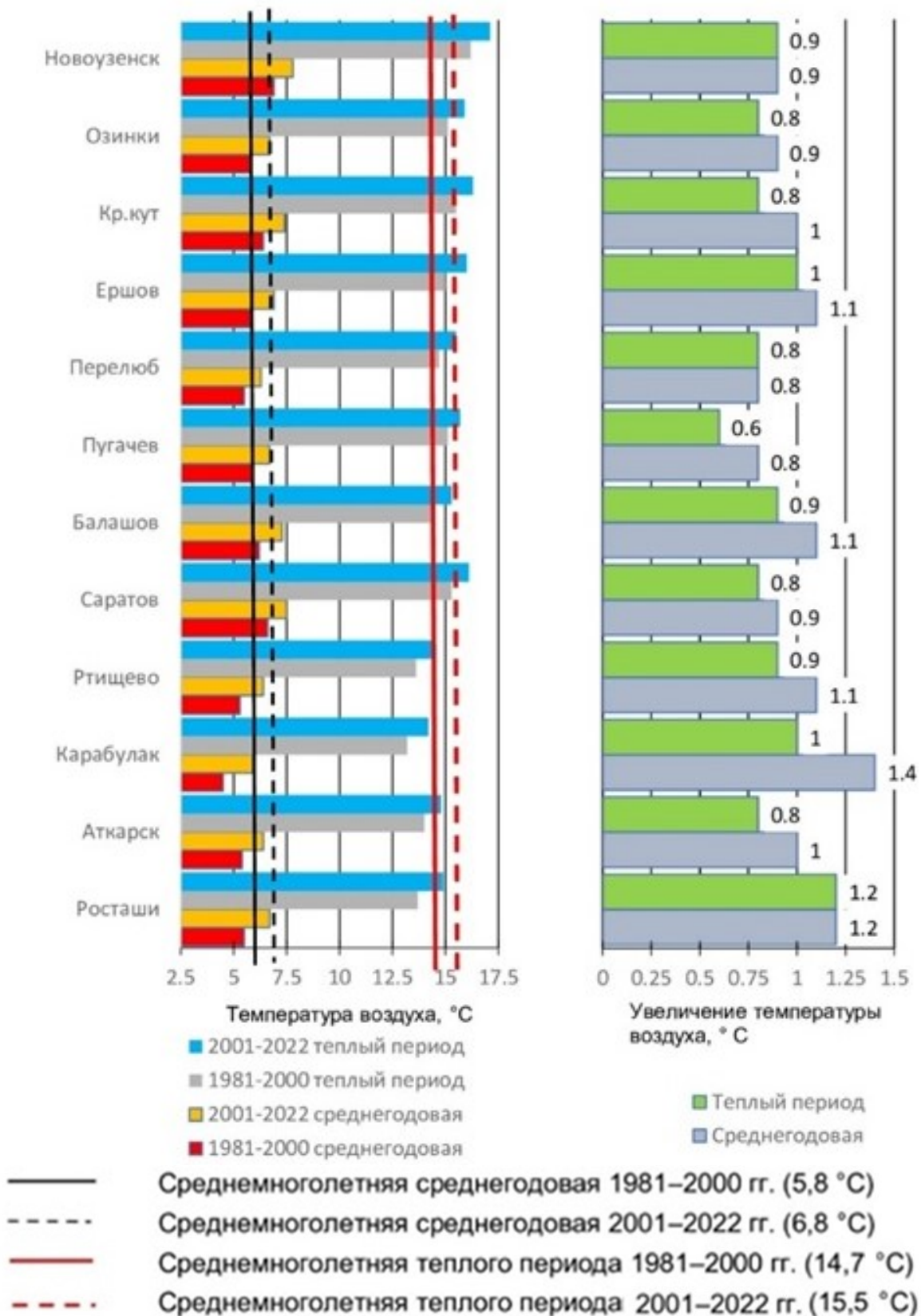


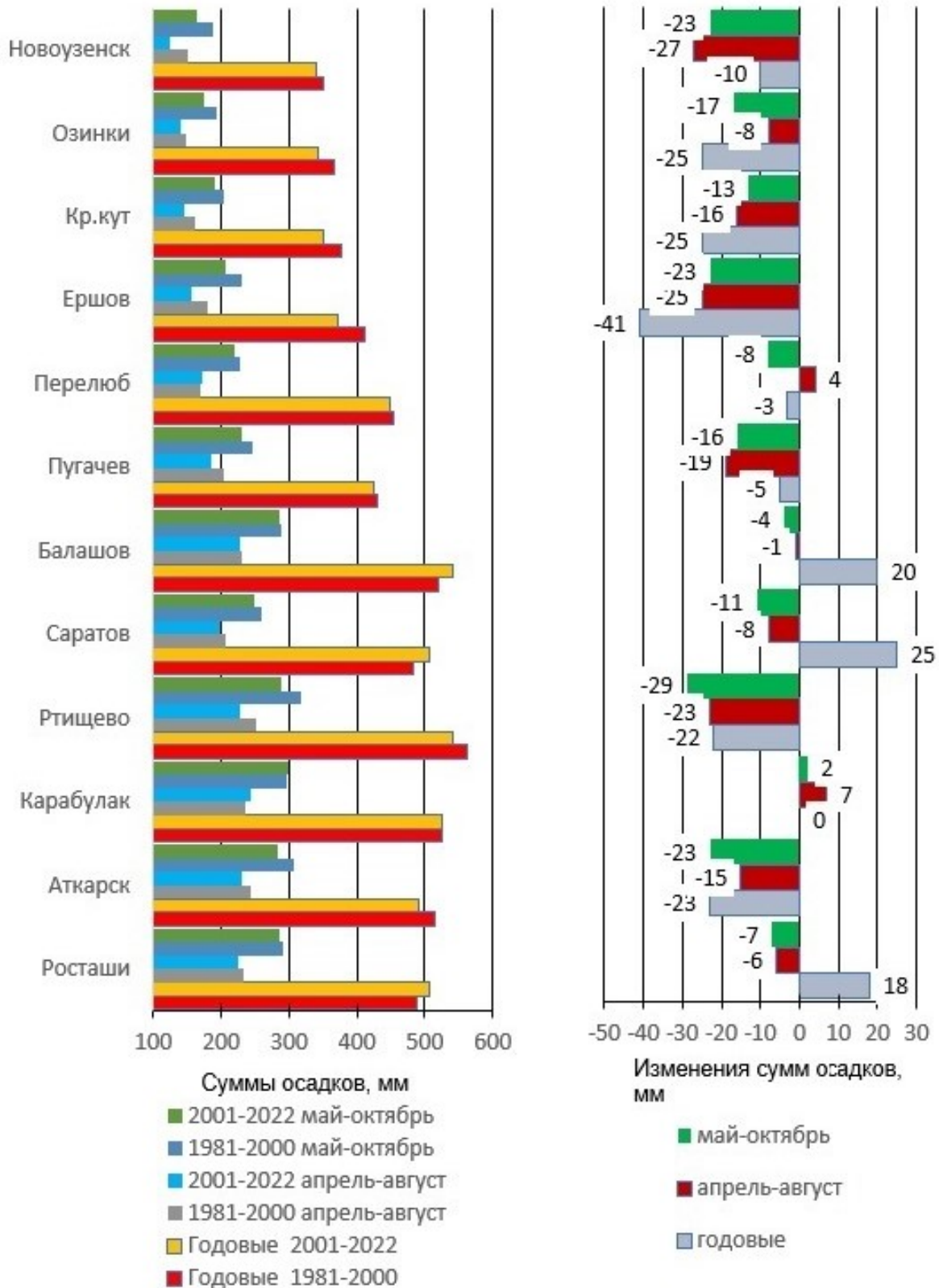
Рисунок 2 – Сеть полигонов мониторинга запасов продуктивной влаги на территории Саратовской области  
Figure 2 – Network of monitoring sites for productive moisture provisions in Saratov region



**Рисунок 3 – Температура воздуха среднегодовая и теплого периода года на территории Саратовской области и тенденции ее изменения**

**Figure 3 – Average annual and warm period air temperature in Saratov region and trends in its change**





**Рисунок 4 – Тенденции сумм осадков за год и за теплый период года на территории Саратовской области**  
**Figure 4 – Trends in the annual precipitation amounts and for the warm period of the year in Saratov region**

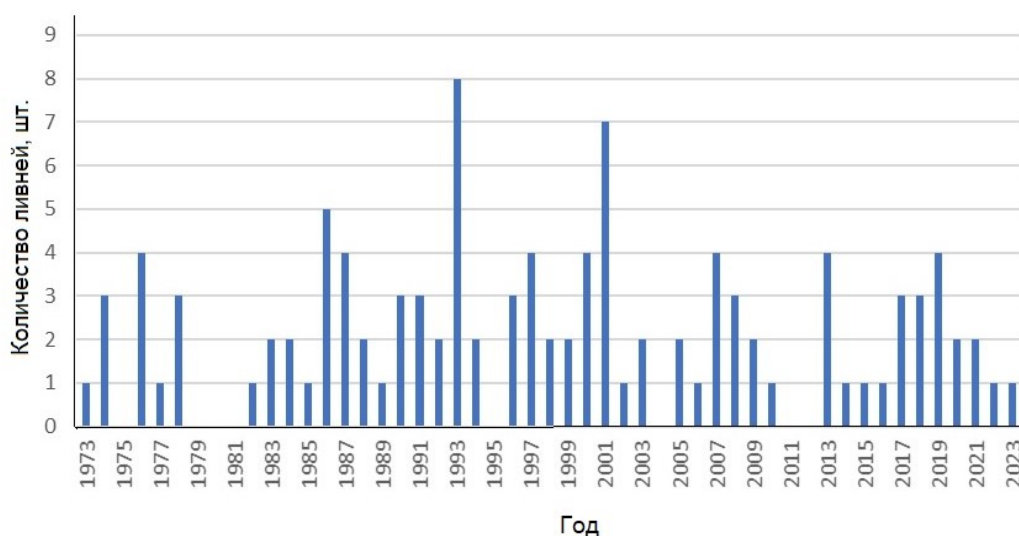
Особенно неблагоприятным для успешного ведения сельскохозяйственного производства является произошедшее уменьшение количества осадков теплого периода года, как для вегетационного периода ранних культур (апрель – август), так и – особенно – для поздних культур (май – октябрь).

Вместе с тем необходимо констатировать, что наряду с уменьшением количества осадков теплого периода года не произошло снижения количества ливневых осадков интенсивностью более 0,06 мм/мин, недостаточно эффективно используемых в водном питании растений. Результаты статистического анализа количества ливневых осадков за периоды с 1973 по 2000 и с 2001 по 2023 г. по метеостанции Саратов Юго-Восток приведены в таблице 1 и на рисунке 5.

**Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных о количестве ливней по данным метеостанции Саратов Юго-Восток**

**Table 1 – Results of data statistical processing on the number of showers according to Saratov South-East weather station**

Показатель	1973–2000 гг.	2001–2023 гг.	$F_{\text{теор}} = 1,91$
Среднее арифметическое	2,25	2,04	
Стандартное отклонение	1,82	1,66	$F_{\text{факт}} = 1,19$
Дисперсия	3,31	2,77	



**Рисунок 5 – Количество ливней по метеостанции Саратов Юго-Восток**  
**Figure 5 – Number of showers according to Saratov South-East weather station**

Важным климатическим показателем успешного выращивания сельскохозяйственных культур, особенно многолетних и озимых, который определяет запасы продуктивной влаги в почве весной, является высота снежного покрова на конец холодного периода года. Анализ геопространственного распределения высоты снежного покрова за период с 2001 по 2022 г. по сравнению с периодом с 1981 по 2000 г. показал увеличение площади, имеющей высоту снежного покрова к концу холодного периода (ноябрь – март) 20–30 см, и очень значительное – 10–20 см (рисунок 6).

Для формирования хорошей урожайности многолетних, озимых и однолетних, особенно ранних яровых, культур большое значение имеют запасы продуктивной влаги в почве в весенний период [10, 11].

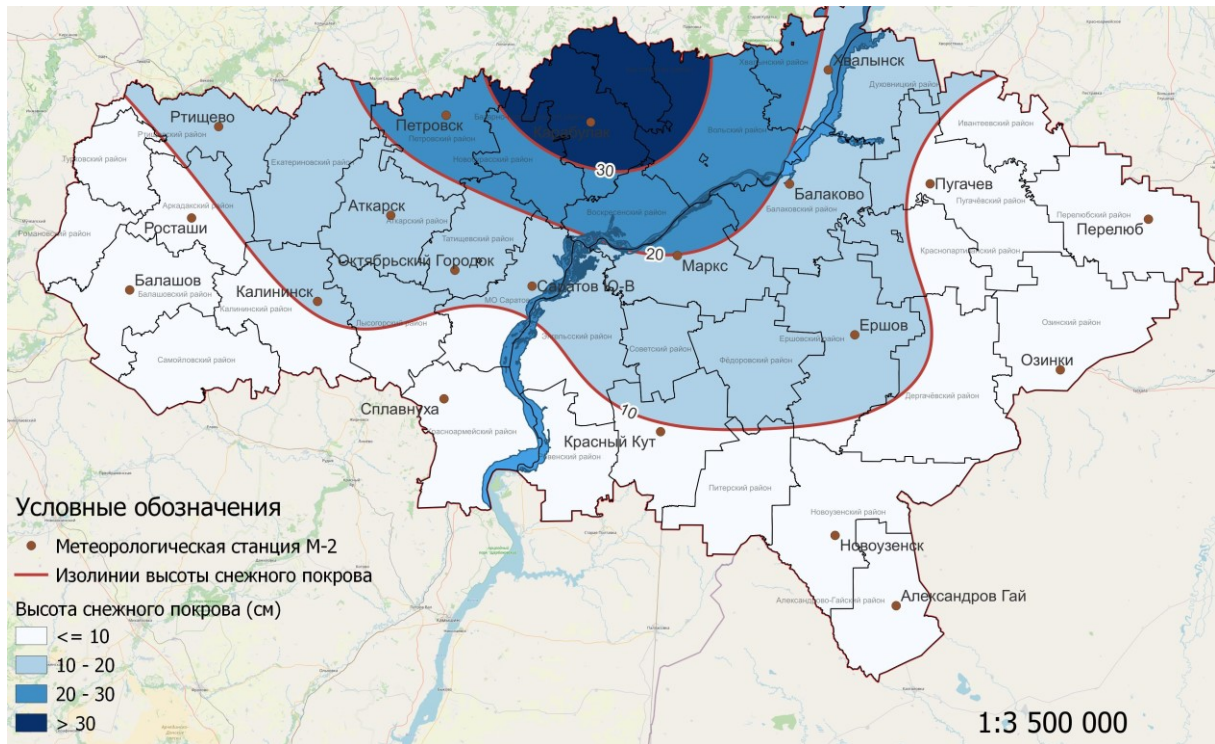
Наши исследования показали, что в среднем по Саратовской области увеличение запасов продуктивной влаги на зяби в весенний период составило 18,5 %.

Результаты статистического анализа весенних запасов продуктивной влаги на зяби (слой почвы 0–100 см) за периоды с 1971 по 2000 и с 2001 по 2023 г. приведены в таблице 2 и на рисунке 7.

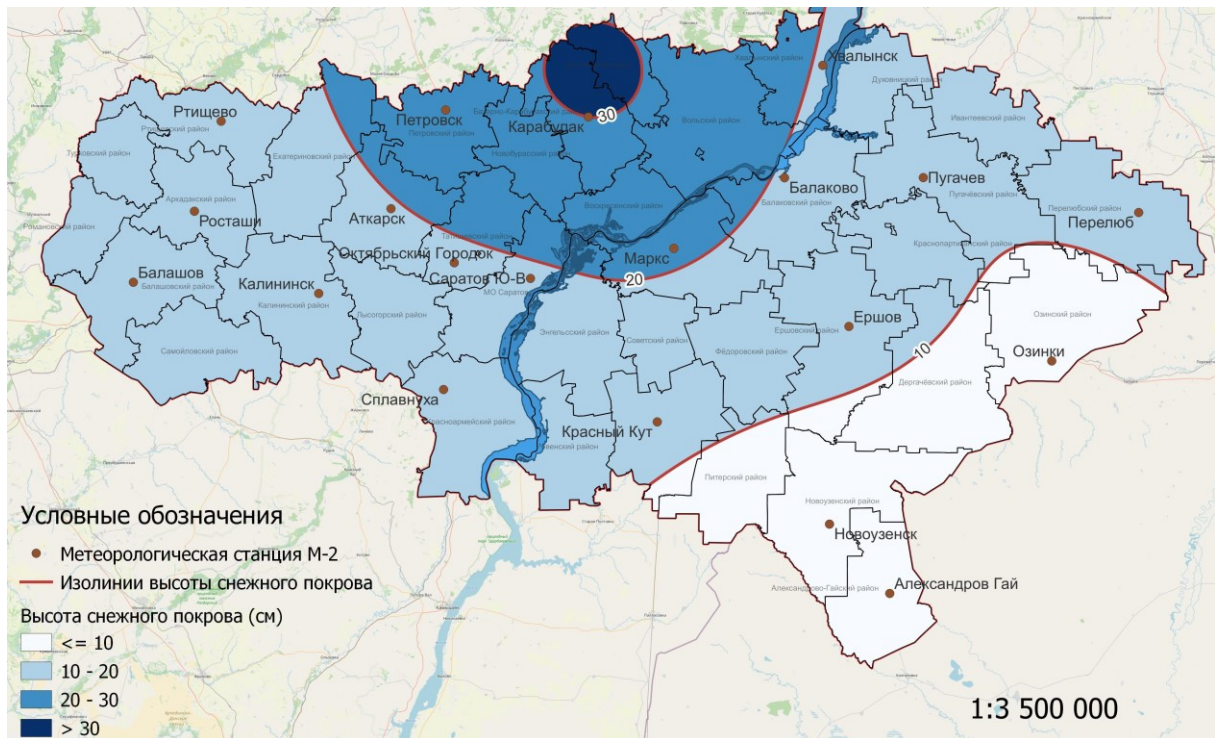
Увеличение запасов продуктивной влаги в почве в весенний период было обусловлено, в первую очередь, наблюдающимся уменьшением глубины промерзания почвы и, как следствие, снижением поверхностного стока талых вод [10].

Климатические показатели, определяющие величину запасов продуктивной влаги в почве в весенний период (высота снежного покрова, сумма осадков перед началом снеготаяния, глубина промерзания почвы и сток талых вод), полученные в экспериментальном хозяйстве ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» на черноземах южных, слабо- и среднесмытых, легко-, средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, содержащих от 2,2 до 5 % гумуса, представлены в таблице 3 [12].

1981–2000 гг.



2001–2022 гг.



**Рисунок 6 – Распределение высоты снежного покрова (см) на конец холодного периода на территории Саратовской области**

**Figure 6 – Distribution of snow depth (cm) at the end of the cold period in Saratov region**

**Таблица 2 – Весенние запасы продуктивной влаги на зяби (слой почвы 0–100 см) по данным метеостанций Саратовской области**

**Table 2 – Spring provisions of productive moisture on fallow land (soil layer 0–100 cm) according to data from weather stations in Saratov region**

Метеостанция	Запасы продуктивной влаги (ЗПВ) весной за период		$\frac{ЗПВ_{2001-2022}}{ЗПВ_{1971-2000}}, \%$
	1971–2000 гг.	2001–2022 гг.	
1 Росташа	157	164	104,5
2 Аткарск	139	165	118,7
3 Б. Карабулак	155	178	114,8
4 Ртищево	158	166	105,1
5 Саратов Ю-В	137	172	125,5
6 Балашов	153	185	120,9
7 Пугачев	108	141	130,6
8 Перелюб	117	150	128,2
9 Ершов	101	127	125,7
10 Красный Кут	111	127	114,4
11 Озинки	100	128	128,0
12 Новоузенск	95	111	116,8

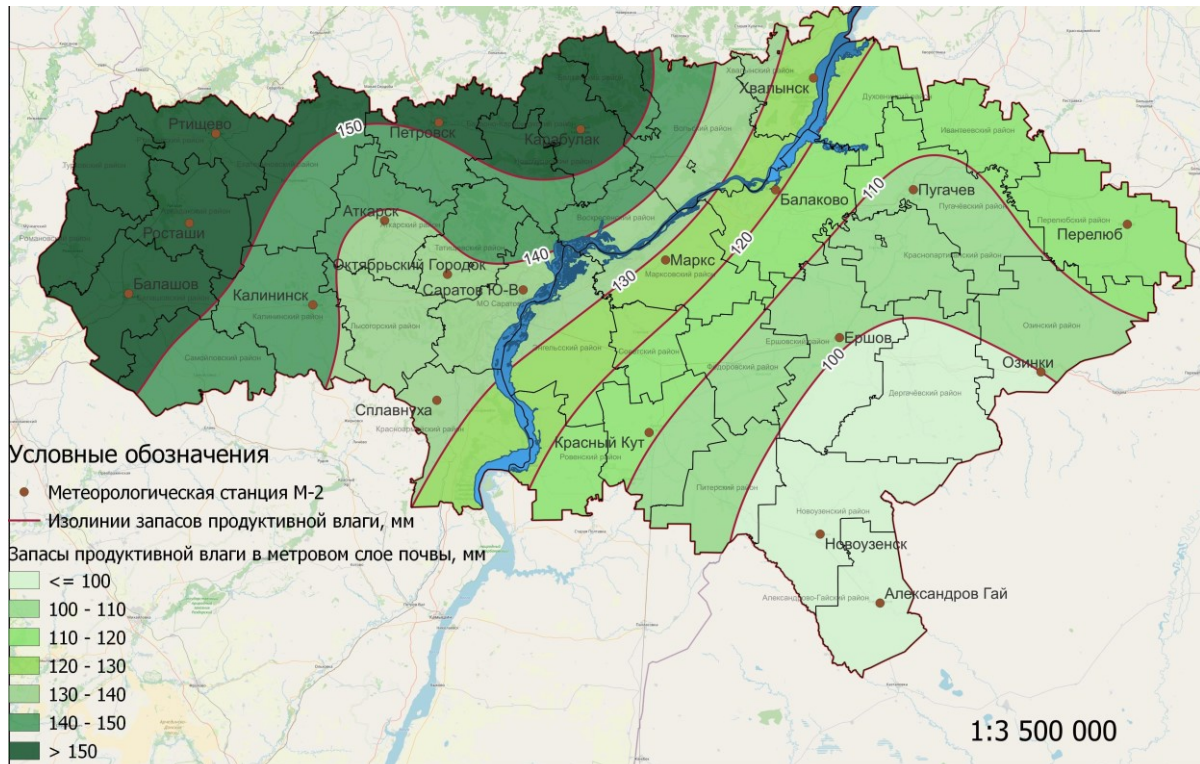
**Таблица 3 – Величина запасов продуктивной влаги в весенний период на зяби и климатические показатели, ее определяющие**

**Table 3 – The amount of productive moisture provisions in spring period on fallow land and the climatic indicators for its determination**

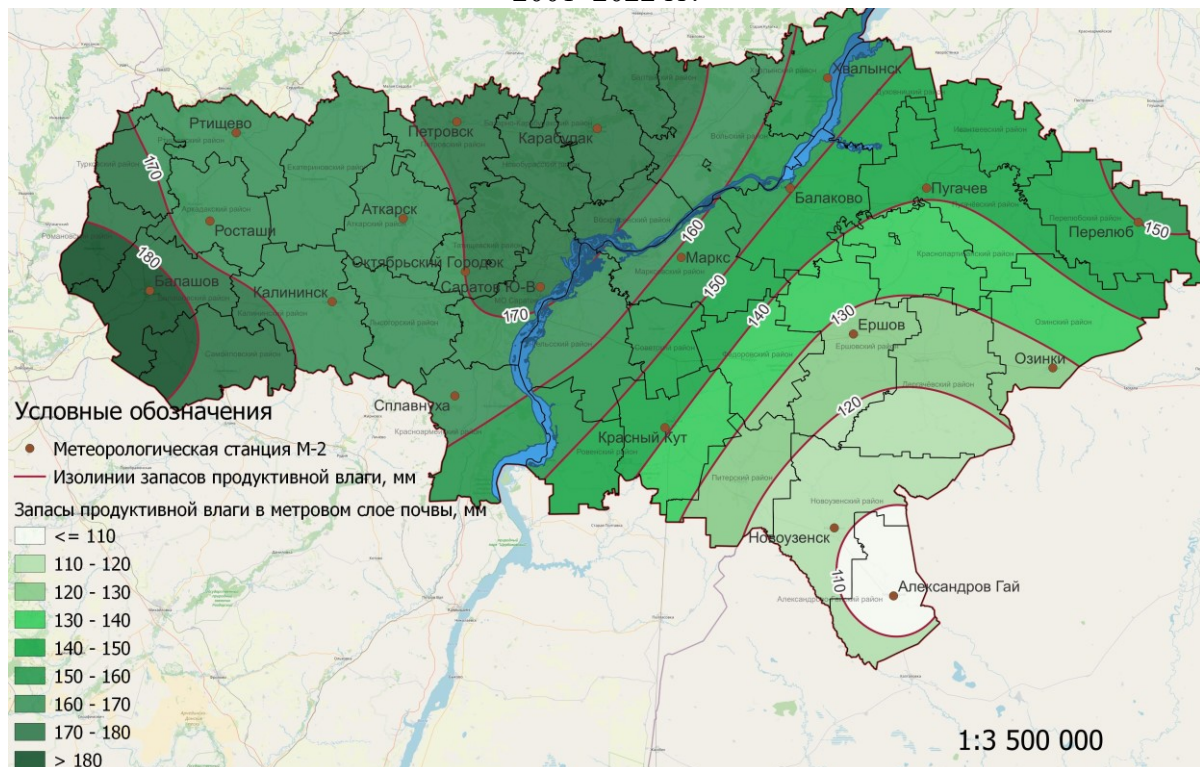
Период наблюдений	Высота снежного покрова, см	Сумма осадков перед началом снеготаяния, мм	Глубина промерзания, см	Запасы влаги в метровом слое почвы, мм	Сток талых вод, мм
1971–2000 гг.	31	77	66	140	13,5
2001–2014 гг.	36	97	55	153	6,7
2015–2022 гг.	24	120	23	162	0

Уменьшение количества осадков теплого периода года и повышение его температурного режима негативно отражаются на уровне влагообеспеченности сельскохозяйственных культур [13]. Выполненный нами геопространственный анализ распределения ГТК за вегетационный период (май – сентябрь) показал, что за период с 2001 по 2022 г. по сравнению с периодом с 1971 по 2000 г. наблюдается снижение уровня влагообеспеченности территории Саратовской области в северо-западном направлении со значительным увеличением площади территории с ГТК менее 0,5 и уменьшением площади с ГТК более 0,7 (рисунок 8).

1971–2000 гг.



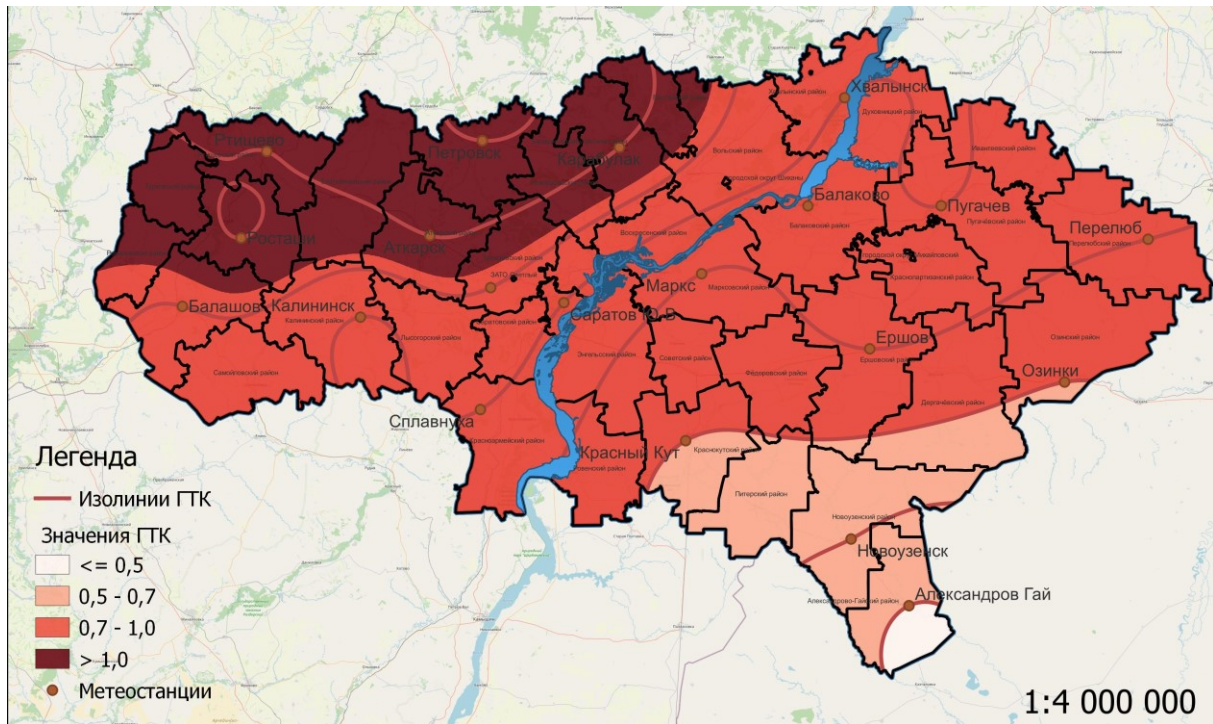
2001–2022 гг.



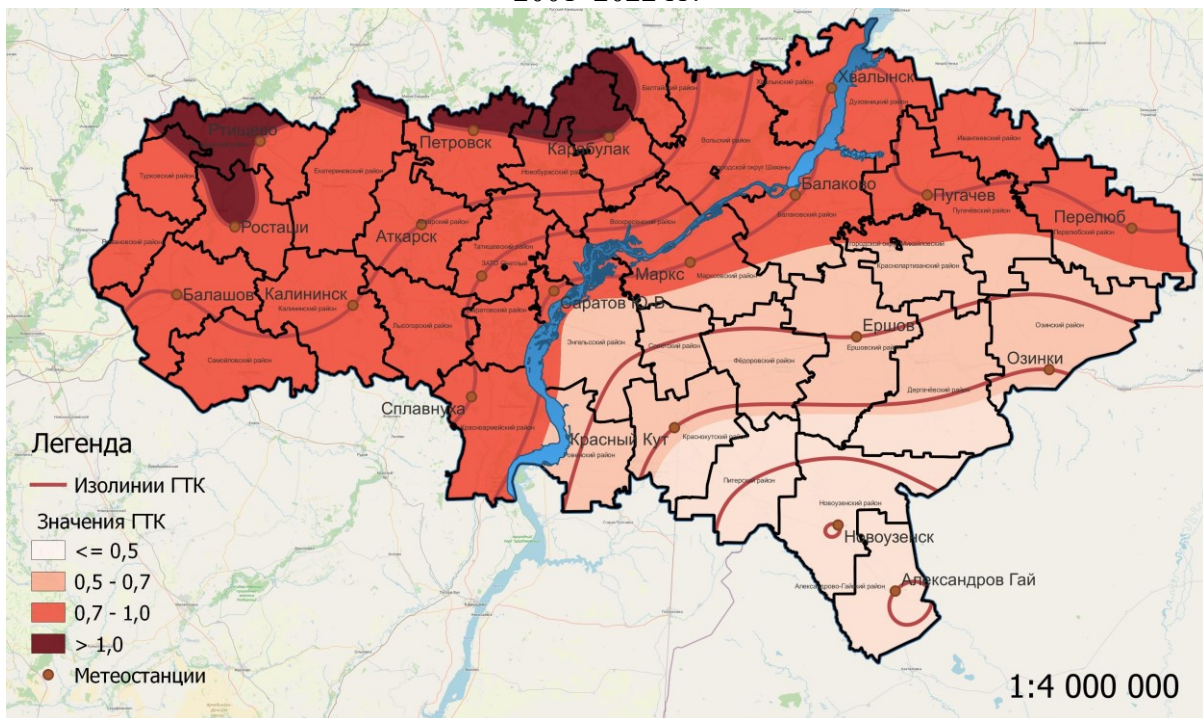
**Рисунок 7 – Распределение запасов продуктивной влаги (мм) слоя почвы 0–100 см на зяби в весенний период на территории Саратовской области**

**Figure 7 – Distribution of productive moisture provisions (mm) of the 0–100 cm soil layer on fallow land in spring in Saratov region**

1971–2000 гг.



2001–2022 гг.



**Рисунок 8 – Распределение гидротермического коэффициента за май – сентябрь на территории Саратовской области**  
**Figure 8 – Distribution of the hydrothermal coefficient for May – September in Saratov region**

Пространственное распределение величины ГТК за вегетационный период (май – сентябрь) наглядно свидетельствует о значительном увели-

чении площади земель Саратовской области с ГТК  $< 0,5$ , на которой получение гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур возможно лишь при условии проведения мелиоративных мероприятий, и в первую очередь водных.

**Выводы.** Изучение тенденций климатических показателей на территории Саратовской области, влияющих на влагообеспеченность сельскохозяйственных культур, за периоды 1971–2000 и 2001–2023 гг. позволило сделать вывод об уменьшении количества осадков теплого периода года без снижения в их структуре количества осадков ливневого характера и повышении его температурного режима. Вместе с тем совокупность климатических показателей холодного периода года (высота снежного покрова, глубина промерзания почвы, сумма осадков перед началом снеготаяния) способствовала уменьшению величины поверхностного стока талых вод и, как следствие, увеличению запасов продуктивной влаги слоя почвы 0–100 см на зяби в весенний период в среднем по области на 18,5 %. В то же время анализ пространственного распределения значения гидротермического коэффициента увлажнения Г. Т. Селянинова как интегрального показателя уровня влагообеспеченности территории за вегетационный период (май – сентябрь) показал, что за период с 2001 по 2022 г. по сравнению с периодом с 1971 по 2000 г. наблюдается снижение уровня влагообеспеченности территории Саратовской области в северо-западном направлении со значительным увеличением площади территории с ГТК менее 0,5 и уменьшением площади с ГТК более 0,7.

Таким образом, необходимо констатировать, что в результате отмеченных климатических изменений произошла негативная трансформация условий произрастания сельскохозяйственных культур, проявившаяся в возрастании дефицитности их водного питания со смещением географических границ территорий, на которых получение гарантированных урожаев возможно лишь при условии проведения мелиоративных мероприятий, и в первую оче-



редь водных, это значительно обострило проблемы, связанные с необходимостью возрождения мелиоративного комплекса Саратовской области.

### Список источников

1. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Ю. А. Израэль, Г. В. Груза, В. М. Катцов, В. П. Мелешко // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5–21.
2. Мониторинг современных изменений климата Среднего Поволжья / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Б. Г. Шерстюков, Э. П. Наумов // Ученые записки Казанского университета. 2010. Т. 152, кн. 3. С. 251–260. EDN: NBQDQF.
3. Возможное влияние глобальных изменений климата на социальные процессы и экономику России / И. Я. Либин, П. Перес, Т. Л. Олейник, Р. Прудникова, Е. М. Трейгер // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 9. С. 105–108. EDN: RBBKUP.
4. Indicators of global climate change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence / P. M. Forster [et al.] // Earth System Science Data. 2023. Vol. 15, iss. 6. P. 2295–2327. DOI: 10.5194/essd-15-2295-2023. EDN: UJPVGW.
5. Influence of growing season temperature and precipitation anomalies on crop yield in the southeastern United States / M. A. Eck, A. R. Murray, A. R. Ward, C. E. Konrad // Agricultural and Forest Meteorology. 2020, Sept. 15. Vol. 291. 108053. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108053>.
6. Le Gouis J., Oury F. X., Charmet G. How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe // Journal of Cereal Science. 2020, May. Vol. 93. 102960. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102960>.
7. Shipman M. Climate change, crop yields and risk management for farmers [Electronic resource]. 2020, Aug. 26. URL: <https://news.ncsu.edu/2020/08/climate-change-crop-yields-and-risk-management-for-farmers/> (date of access: 20.09.2024).
8. World and regional trend crop yields in an era of climate change / C. Zulauf, G. Schnitkey, N. Paulson, J. Colussi // Farmdoc Daily. Gardner Policy Series / Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign. 2023, Dec. 6. 13. 221.
9. Глобальное изменение климата и его последствия / Л. В. Бондаренко, О. В. Маслова, А. В. Белкина, К. В. Сухарева // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2018. № 2(98). С. 84–93. EDN: YWMJMQ.
10. Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологии // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 7–12. DOI: 10.17513/use.37206. EDN: GTBQFK.
11. Билтуев А. С., Уланов А. К., Будажапов Л. В. Влияние метеорологических условий на содержание продуктивной влаги в паровом поле на каштановых почвах Забайкалья // Земледелие. 2022. № 3. С. 8–11. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-8-12. EDN: JKHULO.
12. Анализ влияния изменения климата на факторы, определяющие сток талых вод в степной зоне Саратовской области / И. И. Демакина, И. Н. Кораблева, Е. В. Завьялова, Б. В. Фисенко // Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 18–21. DOI: 10.28983/asj.y2023i6pp18-21. EDN: DKCJMW.
13. Курдюков Ю. Ф., Васильева М. Ю., Пряхина С. И. Влияние весенних запасов продуктивной влаги в почве и осадков на продуктивность зерновых культур в зоне за-

сушливой черноземной степи // Известия Саратовского университета. Сер. Науки о Земле. 2007. Т. 7, вып. 1. С. 16–21. EDN: KWHZOB.

## References

1. Izrael Yu.A., Gruza G.V., Kattsov V.M., Meleshko V.P., 2001. *Izmeneniya global'nogo klimata. Rol' antropogennykh vozdeystviy* [Global climate change. The role of anthropogenic impacts]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], no. 5, pp. 5-21. (In Russian).
2. Perevedentsev Yu.P., Shantalinsky K.M., Sherstyukov B.G., Naumov E.P., 2010. *Monitoring sovremennykh izmeneniy klimata Srednego Povolzh'ya* [Monitoring modern climate changes in the Average Volga region]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta* [Scientific Notes of Kazan University], vol. 152, bk. 3, pp. 251-260, EDN: NBQDQF. (In Russian).
3. Libin I.Ya., Peres P., Oleinik T.L., Prudnikova R., Treiger E.M., 2013. *Vozmozhnoe vliyanie global'nykh izmeneniy klimata na sotsial'nye protsessy i ekonomiku Rossii* [Possible impact of global climate change on social processes and the economy of Russia]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], no. 9, pp. 105-108, EDN: RBBKUP. (In Russian).
4. Forster P.M. [et al.], 2023. Indicators of global climate change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data*, vol. 15, iss. 6, pp. 2295-2327, DOI: 10.5194/essd-15-2295-2023, EDN: UJPVGW.
5. Eck M.A., Murray A.R., Ward A.R., Konrad C.E., 2020. Influence of growing season temperature and precipitation anomalies on crop yield in the southeastern United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, Sept. 15, vol. 291, 108053, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108053>.
6. Le Gouis J., Oury F.X., Charmet G., 2020. How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe. *Journal of Cereal Science*, May, vol. 93, 102960, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102960>.
7. Shipman M., 2020. Climate change, crop yields and risk management for farmers. Aug. 26, available: <https://news.ncsu.edu/2020/08/climate-change-crop-yields-and-risk-management-for-farmers/> [accessed 20.09.2024].
8. Zulauf C., Schnitkey G., Paulson N., Colussi J., 2023. World and regional trend crop yields in an era of climate change. *Farmdoc Daily. Gardner Policy Series*. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, Dec. 6, 13, 221.
9. Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A.V., Sukhareva K.V., 2018. *Global'noe izmenenie klimata i yego posledstviya* [Global climate change and its after-effects]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G. V. Plekhanova* [Bulletin of Plekhanov Russian University of Economics], no. 2(98), pp. 84-93, EDN: YWMJMQ. (In Russian).
10. Levitskaya N.G., Demakina I.I., 2019. *Sovremennye izmeneniya klimata Saratovskoy oblasti i strategiya adaptatsii k nim selektsii i agrotekhnologii* [Modern climate changes in the Saratov region and the strategy of selection and agricultural technologies adaptation to them]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* [Advances in Modern Natural Science], no. 10, pp. 7-12, DOI: 10.17513/use.37206, EDN: GTBQFK. (In Russian).
11. Biltuev A.S., Ulanov A.K., Budazhapov L.V., 2022. *Vliyanie meteorologicheskikh usloviy na sodержание produktivnoy vlagi v parovom pole na kashtanovykh pochvakh Zabaykal'ya* [Influence of meteorological conditions on the content of productive moisture in the fallow field on chestnut soils of Transbaikalia]. *Zemledelie* [Farming], no. 3, pp. 8-11, DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-8-12, EDN: JKHULO. (In Russian).
12. Demakina I.I., Korableva I.N., Zavyalova E.V., Fisenko B.V., 2023. *Analiz vliyaniya izmeneniya klimata na faktory, opredelyayushchie stok talykh vod v stepnoy zone Sara-*

*tovskey oblasti* [Analysis of the impact of climate change on the factors determining melt water flow in the steppe zone of the Saratov region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 6, pp. 18-21, DOI: 10.28983/asj.y2023i6pp18-21, EDN: DKCJMW. (In Russian).

13. Kurdyukov Yu.F., Vasilyeva M.Yu., Pryakhina S.I., 2007. *Vliyanie vesennikh zapasov produktivnoy vlagi v pochve i osadkov na produktivnost' zernovykh kul'tur v zone zasushlivoy chernozemnoy stepi* [Influence of spring provision of productive moisture in soil and precipitation on cereal's crop productivity in arid Black Earth steppe]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle* [Bulletin of Saratov University. Series: Earth Sciences], vol. 7, iss. 1, pp. 16-21, EDN: KWHZOB. (In Russian).

#### ***Информация об авторах***

**И. И. Демакина** – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, demakina2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0097-8733;

**Н. А. Пронько** – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, n\_pronko@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2814-2011;

**Б. В. Фисенко** – доцент, кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, fb79@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0333-3527;

**В. В. Корсак** – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, vvcorsac@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-6285-7649;

**Т. А. Панкова** – доцент, кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, vtanja@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4619-765X.

#### ***Information about the authors***

**I. I. Demakina** – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, demakina2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0097-8733;

**N. A. Pronko** – Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, n\_pronko@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2814-2011;

**B. V. Fisenko** – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, fb79@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0333-3527;

**V. V. Korsak** – Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, vvcorsac@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-6285-7649;

**T. A. Pankova** – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, vtanja@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4619-765X.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.*

*All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 4. С. 119–138.  
Land Reclamation and Hydraulic Engineering. 2024. Vol. 14, no. 4. P. 119–138.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 22.04.2024; одобрена после рецензирования 16.10.2024;  
принята к публикации 22.10.2024.  
The article was submitted 22.04.2024; approved after reviewing 16.10.2024; accepted for  
publication 22.10.2024.*