

Научная статья/Research Article

УДК 631.526.32:631.95(571.150)

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-62-69

Мария Михайловна Шостак<sup>1</sup>, Фараби Керимбаевич Ермаков<sup>2</sup>,  
Тарас Александрович Загребельный<sup>3</sup>, Сауле Кажаровна Макенова<sup>4</sup>,  
Владимир Леонидович Татаринцев<sup>5✉</sup>, Леонид Михайлович Татаринцев<sup>6</sup>,  
Олеся Сергеевна Музыка<sup>7</sup>

<sup>1,3,5</sup>Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

<sup>2,4,7</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан

<sup>6</sup>Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

<sup>1</sup>shostak.mari@mail.ru

<sup>2</sup>f.yermekov@gmail.com

<sup>3,5,6</sup>kafzem@bk.ru

<sup>4</sup>saule\_makenova@mail.ru

<sup>7</sup>ya\_solnce8@mail.ru

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВО ВРЕМЕНИ

Цель исследования – определение зависимости урожайности пшеницы яровой мягкой от климатических условий во временном лаге и по природным зонам на примере Алтайского края. Задачи: определить варьирование урожайности пшеницы яровой мягкой за 2016–2020 г. исследования по подзонам Алтайского края; рассчитать специфические состояния и оценить влияние гидротермических условий на урожайность пшеницы яровой мягкой. Объектом исследования стала пшеница яровая мягкая и ее урожайность. Выяснили, что устойчивость аграрного землепользования в Алтайском крае зависит от экологических условий и факторов, влияющих на экологическую реакцию (урожайность) пшеницы по подзонам региона. Урожайность изучали в течение пяти лет в пяти подзонах. Установили, что варьирование (уменьшение) показателей урожайности яровой пшеницы по подзонам в изучаемом временном лаге происходит по мере продвижения с востока на запад края. Об этом свидетельствуют интервал и размах варьирования, средняя арифметическая, стандартное отклонение и другие статистические величины, рассчитанные по зонам и годам исследования. Далее по величине ГТК ранжировали годы и определили специфические состояния урожайности яровой пшеницы. На следующем этапе работы провели расчет общей информативности и коэффициента эффективности передачи информации от гидротермического коэффициента к урожайности пшеницы яровой мягкой. Достоверно установили, что во всех подзонах на формирование урожая в большой степени влияет ГТК первой половины вегетационного периода (мая–июня), в меньшей – июля–августа. Результаты исследования можно использовать при прогнозировании сбора зерна и формировании внутреннего потребления и экспорта.

**Ключевые слова:** экологическая реакция, урожайность, яровая мягкая пшеница, природные условия, гидротермический коэффициент, подзоны Алтайского края

**Для цитирования:** Экологическая реакция урожайности пшеницы яровой мягкой на изменение природных условий в пространстве и во времени / М.М. Шостак [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 62–69. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-62-69.

Maria Mikhailovna Shostak<sup>1</sup>, Farabi Kerimbaevich Ermekov<sup>2</sup>, Taras Alexandrovich Zagrebelny<sup>3</sup>,  
Saule Kazhapovna Makenova<sup>4</sup>, Vladimir Leonidovich Tatarintsev<sup>5✉</sup>,  
Leonid Mikhailovich Tatarintsev<sup>6</sup>, Olesya Sergeevna Musica<sup>7</sup>

<sup>1,3,5</sup>Altai State University, Barnaul, Russia

<sup>2,4,7</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, Republic of Kazakhstan

<sup>6</sup>Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

<sup>1</sup>shostak.mari@mail.ru

<sup>2</sup>f.yermekov@gmail.com

<sup>3,5,6</sup>kafzem@bk.ru

<sup>4</sup>saule\_makenova@mail.ru

<sup>7</sup>ya\_solnce8@mail.ru

## SOFT SPRING WHEAT YIELD ENVIRONMENTAL RESPONSE TO CHANGES IN NATURAL CONDITIONS IN SPACE AND TIME

*The purpose of the study is to determine the dependence of the yield of soft spring wheat on climatic conditions in the time lag and in natural zones using the example of the Altai Region. Objectives: to determine the variation in the yield of spring soft wheat for 2016–2020, research on the subzones of the Altai Region; to calculate specific conditions and evaluate the effect of hydrothermal conditions on the yield of soft spring wheat. The object of the study was soft spring wheat and its productivity. It was found that the sustainability of agricultural land use in the Altai Region depends on environmental conditions and factors affecting the ecological response (yield) of wheat in the subzones of the region. Yields were studied for five years in five subzones. It was found that the variation (decrease) in the yield of spring wheat by subzones in the studied time lag occurs as you move from east to west of the region. This is evidenced by the interval and range of variation, arithmetic mean, standard deviation and other statistical values calculated by zones and years of study. Next, according to the HTC value, the years were ranked and the specific conditions of the spring wheat yield were determined. At the next stage of the work, the calculation of the general information content and the coefficient of efficiency of information transfer from the hydrothermal coefficient to the yield of spring soft wheat were carried out. It has been reliably established that in all subzones, the formation of the crop is largely influenced by the HTC in the first half of the growing season (May–June), and to a lesser extent in July–August. The results of the study can be used in forecasting the grain harvest and the formation of domestic consumption and exports.*

**Keywords:** environmental response, productivity, spring soft wheat, natural conditions, hydrothermal coefficient, subzones of the Altai Region

**For citation:** Soft spring wheat yield environmental response to changes in natural conditions in space and time / M.M. Shostak [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(12): 62–69. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-62-69.

**Введение.** Устойчивость аграрного производства напрямую связана с экологическими условиями и факторами, влияющими на экологическую реакцию сельскохозяйственных культур, которая сказывается на их урожайности и качестве [1–4]. Урожайность сельскохозяйственных культур представляет собой функцию многих факторов: природных, экономических и организационно-хозяйственных. Из природных факторов наибольшее влияние на урожайность культур оказывают климатические условия, как в многолетнем цикле, так и для конкретного года (погодные условия) [5–8]. Еще в работе Д.И. Шашко отмечено, что биологическая продуктивность

климата пропорциональна величине сумм температур выше 10 °С. Улучшение условий влагообеспеченности также положительно влияет на урожайность [9, 10]. Исследования Л.М. Бурлаковой (1984) показали, что урожайность яровой пшеницы на территории Алтайского края возрастает в зависимости от увеличения гидротермического коэффициента по Г.Т. Селянинову, который отражает интегральное влияние тепло- и влагообеспеченности на урожай [11]. Но систематизированной информации, связанной с варьированием урожайности во времени и пространстве на территории края, нет, поэтому настоящее исследование является актуальным.

**Цель исследования** – определение зависимости урожайности пшеницы яровой мягкой от климатических условий во временном лаге и по природным подзонам Алтайского края.

**Задачи:** определить варьирование урожайности пшеницы яровой мягкой за 2016–2020 гг. исследования по подзонам Алтайского края; рассчитать специфичные состояния и оценить влияние гидротермических условий на урожайность пшеницы яровой мягкой.

**Объекты и методы.** Объектом научного исследования стала пшеница яровая мягкая (*Triticum aestivum* L.) и ее урожайность. Пшеница яровая мягкая занимает от 20 до 30 % посевной площади пашни в Алтайском крае и является лидером в структуре посевных площадей в северной, средней, южной лесостепи, а также в умеренно засушливой, засушливой и сухой степях. Опираясь на научные подходы, сформулирован-

ные в факториальной экологии [12, 13], изучение урожайности пшеницы проводили в зависимости от физико-географических условий, используя принцип системности. В работе также использовались общепринятые в естественно-научных исследованиях подходы и методы: сравнительно-географический и информационный методы; при анализе аналитической информации использовали методы математической статистики [14]. Информационно-логический анализ применяли для определения характера взаимосвязей между урожайностью и ГТК [15, 16].

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность яровой пшеницы по подзонам Алтайского края значительно колебалась в исследуемом временном лаге. Показатели варьирования урожайности яровой пшеницы по подзонам за 2016–2020 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Варьирование урожайности яровой пшеницы за 2016–2020 гг. по подзонам Алтайского края

| Подзона                   | Год  | Характеристика |      |           |      |       |      |
|---------------------------|------|----------------|------|-----------|------|-------|------|
|                           |      | I              | R    | $\bar{x}$ | S    | $S_k$ | V, % |
| Средняя лесостепь         | 2016 | 1,14–3,08      | 1,94 | 1,86      | 0,47 | 0,15  | 25   |
|                           | 2017 | 1,43–2,55      | 1,12 | 1,87      | 0,38 | 0,12  | 20   |
|                           | 2018 | 1,82–3,08      | 1,26 | 2,45      | 0,37 | 0,12  | 15   |
|                           | 2019 | 2,10–3,70      | 1,60 | 2,57      | 0,46 | 0,14  | 18   |
|                           | 2020 | 1,87–3,54      | 1,67 | 2,27      | 0,46 | 0,14  | 20   |
| Южная лесостепь           | 2016 | 1,07–1,64      | 0,57 | 1,39      | 0,28 | 0,07  | 15   |
|                           | 2017 | 1,28–1,98      | 0,70 | 1,61      | 0,22 | 0,08  | 14   |
|                           | 2018 | 1,28–2,43      | 1,15 | 1,93      | 0,35 | 0,12  | 18   |
|                           | 2019 | 1,15–2,19      | 1,04 | 1,65      | 0,35 | 0,11  | 22   |
|                           | 2020 | 1,03–1,89      | 0,86 | 1,42      | 0,35 | 0,12  | 25   |
| Умеренно засушливая степь | 2016 | 1,06–1,87      | 0,81 | 1,26      | 0,25 | 0,08  | 20   |
|                           | 2017 | 1,19–2,16      | 0,97 | 1,49      | 0,27 | 0,08  | 18   |
|                           | 2018 | 1,40–2,36      | 0,96 | 1,66      | 0,30 | 0,10  | 18   |
|                           | 2019 | 1,01–1,59      | 0,58 | 1,41      | 0,35 | 0,13  | 25   |
|                           | 2020 | 0,88–1,64      | 0,76 | 1,22      | 0,21 | 0,06  | 17   |
| Засушливая степь          | 2016 | 0,93–1,43      | 0,53 | 1,02      | 0,10 | 0,03  | 9    |
|                           | 2017 | 0,99–1,51      | 0,52 | 1,34      | 0,20 | 0,06  | 15   |
|                           | 2018 | 0,76–2,57      | 1,81 | 1,54      | 0,31 | 0,09  | 20   |
|                           | 2019 | 0,79–1,58      | 0,79 | 1,25      | 0,39 | 0,10  | 31   |
|                           | 2020 | 0,70–1,26      | 0,56 | 1,04      | 0,21 | 0,06  | 20   |
| Сухая степь               | 2016 | 0,86–1,09      | 0,23 | 0,99      | 0,10 | 0,03  | 10   |
|                           | 2017 | 0,86–1,19      | 0,33 | 1,01      | 0,13 | 0,05  | 13   |
|                           | 2018 | 0,75–1,39      | 0,64 | 0,97      | 0,27 | 0,11  | 28   |
|                           | 2019 | 0,50–1,00      | 0,50 | 0,76      | 0,26 | 0,09  | 34   |
|                           | 2020 | 0,40–1,00      | 0,60 | 0,62      | 0,19 | 0,07  | 31   |

*Примечание:* I – интервал варьирования; R – размах варьирования;  $\bar{x}$  – средняя арифметическая; S – стандартное отклонение;  $S_k$  – ошибка выборочной средней; V, % – коэффициент вариации.

В средней лесостепи урожайность яровой пшеницы по годам варьировала от 1,86 т/га в 2016 г. до 2,57 т/га в 2019 г. Несмотря на то что весь вегетационный период 2016 г. был очень влажным (ГТК > 1,4) и умеренно теплым ( $\sum t > 10\text{ }^\circ\text{C} = 1935$ ), урожайность яровой пшеницы оказалась самой низкой за исследуемый шестилетний отрезок времени. Урожайность того же уровня наблюдалась в следующем 2017 г., хотя сумма осадков за вегетационный период на 100 мм меньше, а  $\sum t > 10\text{ }^\circ\text{C}$  – на 100  $^\circ\text{C}$  больше, чем в 2016 г. «Увлажненные» (ГТК = 1,19–1,21) 2018 и 2019 гг. при одинаковых  $\sum t > 10\text{ }^\circ\text{C}$  и сумме осадков за вегетационный период отличаются самой высокой урожайностью зерна, особенно в 2019 г., в котором вторая половина (VII–VIII месяцы) вегетационного периода получила больше влаги, чем в 2018 г. Это обеспечило прирост урожайности на 0,12 т/га. Вегетационный период 2020 г., так же как и 2017 г., оценивается как «средний» по увлажнению, однако урожайность 2020 г. на 0,4 т/га больше, чем в 2017 г. Прирост урожайности обусловлен более благоприятным режимом увлажнения во второй половине вегетационного периода 2020 г.

В южной лесостепи наиболее урожайным оказался 2018 г., вегетационный период которого считается «увлажненным» (ГТК = 1,0–1,2) при высокой обеспеченности осадками в первой половине (V–VI месяцы) вегетации, на конец которого пришлась фаза кущения яровой пшеницы. 2016 г., также относящейся к «увлажненным», по урожайности зерна значительно (на 0,54 т/га) уступает 2018 г. «Влажный» 2017 г. и «средний» по сумме осадков 2019 г. оказались по величине урожайности зерна одинаковыми. Дефицит атмосферного увлажнения в 2019 г., по-видимому, компенсировался запасами продуктивной влаги из почвы, что стало причиной выравнивания урожайности в 2017 и 2019 гг. «Сухой» 2020 г. и «увлажненный» 2016 г. по урожайности зерна не имеют различий, потому что первая половина вегетационных периодов этих лет протекала при дефиците атмосферных осадков.

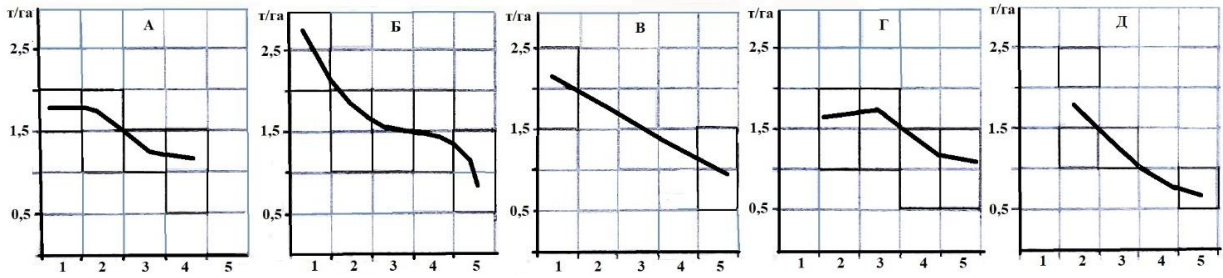
В умеренно засушливой степи изменчивость урожайности зерна по годам повторяет закономерность, установленную для южной лесостепи, хотя летние периоды имеют некоторые особенности. «Влажным» является 2016 г. с урожайностью зерна, равной в «сухом» 2020 г. Во «влаж-

ном» 2016 г. низкая урожайность обусловлена высоким увлажнением второй части вегетационного периода, а низкая урожайность в «сухом» 2020 г. – большим количеством тепла и отсутствием атмосферных осадков в первые восемь декад периода вегетации. Одинаковые по степени увлажнения (ГТК = 1,1) 2017 и 2018 гг. отличаются по сумме температур больше 10  $^\circ\text{C}$ . Более прохладный 2018 г. был влажным на протяжении всей первой половины вегетационного периода и в июле, что в конечном счете определило более высокую урожайность зерна. Дефицит влаги в первой половине 2017 г. не обеспечивал нормальное прохождение фаз развития яровой пшеницы. Рост сумм осадков во второй половине вегетационного периода не смог повлиять в полной мере на формирование урожая зерна.

В засушливой степи средняя урожайность яровой пшеницы по годам изменялась от 1,02 до 1,54 т/га. Наименьшая урожайность отмечается в 2016 и 2020 гг., чем эта часть степной зоны похожа на умеренно засушливую степь. Причины такого состояния урожайности проанализированы выше. Одинаковые по увлажнению 2016 и 2017 гг. различны по урожайности зерна. Более высокая урожайность зерна в 2017 г. обязана более теплой погоде в мае и июне, что способствовало относительно нормальному развитию растений. Самая высокая урожайность характеризует 2018 г., который обладает оптимальным соотношением тепла и влаги на протяжении всего периода вегетации. «Засушливый» 2019 г. по сравнению с «засушливым» 2020 г. характеризуется меньшим количеством тепла и более высоким количеством осадков в течение всего вегетационного периода и его первой части (V–VI месяцы).

Сухая степь отличается незначительным диапазоном (0,39 т/га) варьирования урожайности зерна по годам. Минимальная величина урожайности соответствует «сухим» 2019 и 2020 гг. Наибольшей урожайностью отмечен 2017 г., хотя по сравнению с 2018 г. и особенно с 2016 г. является наиболее сухим. Отличие 2017 г. по урожайности вызвано более благоприятным увлажнением в фазу кущения.

Достаточно выразительными стали графики специфических (вероятных) состояний урожайности яровой пшеницы по подзонам при одинаковых гидротермических условиях (рис.).



Специфические (вероятные) состояния урожайности яровой пшеницы при ГТК > 1,2 (А); ГТК = 1,0–1,2 (Б); ГТК = 1,0–0,8 (В); ГТК=0,8–0,6 (Г); ГТК < 0,6 (Д) по подзонам:  
 1 – средняя лесостепь; 2 – южная лесостепь; 3 – умеренно засушливая степь;  
 4 – засушливая степь; 5 – сухая степь

На рисунке представлены специфические (вероятные) состояния урожайности: А – во «влажные» годы (ГТК > 1,2); Б – в «увлажненные» (ГТК = 1,0–1,2); В – в «средние» (ГТК = 1,0–0,8); Г – в «засушливые» (ГТК = 0,8–0,6); Д – в «сухие» (ГТК < 0,6). При анализе рисунка установлено, что специфические состояния урожайности зерна снижаются по мере продвижения от средней лесостепи к сухой степи.

В пределах пятилетнего отрезка времени в сухой степи не отмечались «влажные» годы. «Средние» по увлажнению годы дважды (2017 и 2020) наблюдались в средней лесостепи и один раз (2018 г.) – в сухой степи. В других подзонах годы со «средним» уровнем увлажнения отсутствовали вообще. В средней лесостепи за этот период не встречались «засушливые» и «сухие» годы.

Далее мы оценили влияние гидротермических условий на урожайность яровой пшеницы. Для определения характера взаимосвязей между гидротермическими условиями и урожайностью пшеницы применяли информационно-логический анализ [15], который в отличие от прочих математических методов (корреляционного, регрессионного) позволяет определить не только характер связи, степень связи, но и уровни состояния урожайности в зависимости от состояния факторов.

Для определения взаимосвязи между ГТК и урожайностью использовали данные метеостанций, находящихся в исследуемых подзонах (г. Бийск, Камень-на-Оби, Барнаул, Рубцовск и Славгород). Для выяснения связей метеоусловий с урожайностью яровой пшеницы были необходимы данные по урожайности, которые предоставлены Министерством сельского хозяйства Алтайского края за исследуемый лаг времени.

Для оценки состояния погодных условий использован гидротермический коэффициент, рассчитанный по Г.Т. Селянинову за весь вегетационный период (ГТК мая–августа), первую половину (ГТК мая–июня) и вторую половину вегетационного периода (ГТК июля–августа). Для выяснения взаимосвязей между ГТК и урожайностью составляли вспомогательные статистические таблицы [14] условных распределений значений урожайности по рангам с шагом 0,5 т/га в зависимости от рангового значения ГТК. Все годы по величине ГТК были разделены на пять рангов: «влажные» годы (ГТК > 1,2), «увлажненные» (ГТК = 1,0–1,2), «средние» (ГТК = 1,0–0,8), «засушливые» (ГТК = 0,8–0,6) и «сухие» (ГТК < 0,6).

В таблице 2 приведены общая информативность и коэффициент эффективности передачи информации от гидротермического коэффициента (разные месяцы) к урожайности пшеницы яровой мягкой.

Таблица 2

**Общая информативность (Т, бит) и коэффициент эффективности канала связи (К) между урожайностью и факторами-аргументами**

| Подзона           | Факторы-аргументы     | Т, бит | К      |
|-------------------|-----------------------|--------|--------|
| 1                 | 2                     | 3      | 4      |
| Средняя лесостепь | ГТК (V–VIII месяцы)   | 0,4280 | 0,2227 |
|                   | ГТК (V–VI месяцы)     | 0,2546 | 0,1857 |
|                   | ГТК (VII–VIII месяцы) | 0,2089 | 0,1374 |

| 1                         | 2                     | 3      | 4      |
|---------------------------|-----------------------|--------|--------|
| Южная лесостепь           | ГТК (V–VIII месяцы)   | 0,0905 | 0,0466 |
|                           | ГТК (V–VI месяцы)     | 0,3335 | 0,1438 |
|                           | ГТК (VII–VIII месяцы) | 0,1723 | 0,0890 |
| Умеренно засушливая степь | ГТК (V–VIII месяцы)   | 0,2471 | 0,1236 |
|                           | ГТК (V–VI месяцы)     | 0,3740 | 0,1433 |
|                           | ГТК (VII–VIII месяцы) | 0,2078 | 0,1315 |
| Засушливая степь          | ГТК (V–VIII месяцы)   | 0,3284 | 0,1710 |
|                           | ГТК (V–VI месяцы)     | 0,2730 | 0,1728 |
|                           | ГТК (VII–VIII месяцы) | 0,2652 | 0,1678 |
| Сухая степь               | ГТК (V–VIII месяцы)   | 0,3028 | 0,1602 |
|                           | ГТК (V–VI месяцы)     | 0,1332 | 0,0865 |
|                           | ГТК (VII–VIII месяцы) | 0,0805 | 0,0544 |

Коэффициенты эффективности канала связи (К), полученные между урожайностью и ГТК, указывают, что во всех подзонах на формирование урожая в большой степени влияет ГТК первой половины вегетационного периода (мая–июня). Меньше урожайность яровой пшеницы зависит от условий июля–августа. Эта закономерность отмечена ранее в работах Л.М. Бурлаковой, Л.М. Татаринцева и соавторов. Авторы этих исследований, так же, как и наш научный коллектив, указывают, что решающее влияние на урожайность оказывает первая часть вегетационного периода, в течение которого протекают все фазы (в том числе и фаза кущения) развития яровой пшеницы. Тогда как в средней лесостепи и сухой степи урожайность пшеницы в большей степени зависит от гидротермических условий всего вегетационного периода, что подтверждается самыми высокими значениями коэффициента эффективности канала связи (К).

**Заключение.** В заключение следует отметить, что весь комплекс физико-географических характеристик, изменяющийся по мере продвижения от средней лесостепи к сухой степи, является основной причиной экологической реакции по снижению средней урожайности зерна пшеницы яровой мягкой с 2,2 до 0,9 т/га соответственно и ее специфических состояний за период исследования с 2016 по 2020 г. Коэффициенты эффективности канала связи, выражающие влияние гидротермических условий на урожайность, указывают, что в трех подзонах (южной лесостепи, умеренно засушливой и засушливой степи) Алтайского края условия мая–июня в наибольшей степени влияют на величину урожая пшеницы яровой мягкой, тогда как в оставшихся двух подзонах (средняя лесостепь и сухая степь) – условия всего периода вегетации.

### Список источников

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: Мысль, 2010. 637 с.
2. Бочаров С.Н., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Эколого-экономическая оценка сельскохозяйственного землепользования Алтайского края с целью увеличения его продуктивности // Вестник КрасГАУ. 2020. № 1. С. 18–26.
3. Геоэкологическая оценка ландшафтов как основа организации устойчивого аграрного землепользования / В.Л. Татаринцев [и др.] // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т. 13, № 4. С. 485–497.
4. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. СПб.: Квадро, 2018. 568 с.
5. Умаева Л.З., Токарев В.С., Лисунова Л.И. Влияние погодных условий на качество зерна мягкой пшеницы // Кормопроизводство. 2017. № 10. С. 22–25.
6. Влияние почвенно-климатических факторов на урожайность основных сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Белгородской области / А.С. Строков [и др.] // Земледелие. 2019. № 6. С. 21–24.
7. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Модельные оценки влияния климата на урожайность зерновых и зернобобовых культур в регионах России // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2. С. 75–86.
8. Rebetzke G.J., Bonnett D.G., Reynolds M.P. Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat // Journal of Experimental Botany. 2016. № 67 (9). P. 2573–2586.

9. *Шашко Д.И.* Агроклиматическое районирование СССР. М., 1967. 226 с.
10. *Сандакова Г.Н., Елисеев В.И.* Параметры моделей погодных факторов для формирования урожая яровой сильной пшеницы в условиях степной зоны Оренбургской области // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. № 2 (64). С. 16–19.
11. *Бурлакова Л.М.* Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. Новосибирск: Наука, 1984. 198 с.
12. Агроэкология. Методология, технология, экономика / В.А. Черников [и др.]; под ред. В.А. Черникова, И.А. Чекереса. М.: Колос, 2004. 400 с.
13. *Степановских А.С.* Прикладная экология: учебник. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 751 с.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию, 2013. 349 с.
15. *Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В.* Информационно-логический анализ в медико-биологических исследованиях // Итоги науки. Медицинская география. М., 1969. Вып. 3. С. 5–73.
16. *Неронов В.М.* Количественные методы в биогеографии // Итоги науки и техники. Биогеография / ВИНТИ АН СССР. М., 1979. Т. 2. С. 9–53.
5. *Umaeva L.Z., Tokarev V.S., Lisunova L.I.* Vliyaniye pogodnykh usloviy na kachestvo zerna myagkoj pshenicy // Kormoproizvodstvo. 2017. № 10. S. 22–25.
6. Vliyaniye pochvenno-klimaticheskikh faktorov na urozhajnost' osnovnykh sel'skohozyajstvennykh kul'tur v municipal'nykh rajonakh Belgorodskoj oblasti / A.S. Strokov [i dr.] // Zemledelie. 2019. № 6. S. 21–24.
7. *Siptic S.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E.* Model'nye ocenki vliyaniya klimata na urozhajnost' zernovykh i zernobobovykh kul'tur v regionakh Rossii // Problemy prognozirovaniya. 2021. № 2. S. 75–86.
8. *Rebetzke G.J., Bonnett D.G., Reynolds M.P.* Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat // Journal of Experimental Botany. 2016. № 67 (9). P. 2573–2586.
9. *Shashko D.I.* Агроклиматическое районирование СССР. М., 1967. 226 с.
10. *Sandakova G.N., Eliseev V.I.* Parametry modelej pogodnykh faktorov dlya formirovaniya urozhaya yarovoj sil'noj pshenicy v usloviyakh stepnoj zony Orenburgskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2017. № 2 (64). S. 16–19.
11. *Burlakova L.M.* Plodorodie altajskih chernoze-mov v sisteme agrocenoza. Novosibirsk: Nauka, 1984. 198 s.
12. Agro`ekologiya. Metodologiya, tehnologiya, `ekonomika / V.A. Chernikov [i dr.]; pod red. V.A. Chernikova, I.A. Chekeresa. M.: Kolos, 2004. 400 s.

### References

1. *Rejmers N.F.* Prirodopol'zovanie. M.: Mysl', 2010. 637 s.
2. *Bocharov S.N., Tatarincev V.L., Tatarincev L.M.* `Ekologo-`ekonomicheskaya ocenka sel'skohozyajstvennogo zemlepol'zovaniya Altajskogo kraja s cel'yu uvelicheniya ego produktivnosti // Vestnik KrasGAU. 2020. № 1. S. 18–26.
3. Geo`ekologicheskaya ocenka landshaftov kak osnova organizacii ustojchivogo agrarnogo zemlepol'zovaniya / V.L. Tatarincev [i dr.] // Ustojchivoe razvitie gornykh territorij. 2021. T. 13, № 4. S. 485–497.
4. *Kiryushin V.I.* `Ekologicheskie osnovy proektirovaniya sel'skohozyajstvennykh landshaftov. SPb.: Kvadro, 2018. 568 s.
13. *Stepanovskih A.S.* Prikladnaya `ekologiya: uchebnik. M.: YuNITI-DANA, 2003. 751 s.
14. *Dosphehov B.A.* Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Kniga po Trebovaniyu, 2013. 349 s.
15. *Puzachenko Yu.G., Moshkin A.V.* Informacionno-logicheskij analiz v mediko-biologicheskikh issledovaniyah // Itogi nauki. Medicinskaya geografiya. M., 1969. Vyp. 3. S. 5–73.
16. *Neronov V.M.* Kolichestvennye metody v biogeografii // Itogi nauki i tehniki. Biogeografiya / VINITI AN SSSR. M., 1979. T. 2. S. 9–53.

Статья принята к публикации 30.11.2022 / The article accepted for publication 30.11.2022.

Информация об авторах:

**Мария Михайловна Шостак**<sup>1</sup>, аспирант кафедры экономической географии и картографии  
**Фараби Керимбаевич Ермеков**<sup>2</sup>, директор Центра технологических компетенций в области цифровизации АПК

**Тарас Александрович Загребельный**<sup>3</sup>, аспирант кафедры экономической географии и картографии

**Сауле Кажаповна Макенова**<sup>4</sup>, заведующая кафедрой землеустройства и геодезии, ассоциированный профессор, доктор PhD

**Владимир Леонидович Татаринцев**<sup>5</sup>, профессор кафедры экономической географии и картографии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Леонид Михайлович Татаринцев**<sup>6</sup>, профессор кафедры землеустройства, земельного и городского кадастра, доктор биологических наук, профессор

**Олеся Сергеевна Музыка**<sup>7</sup>, старший преподаватель кафедры кадастра, магистр наук

Information about the authors:

**Maria Mikhailovna Shostak**<sup>1</sup>, Postgraduate Student, Department of Economic Geography and Cartography

**Farabi Kerimbaevich Ermekov**<sup>2</sup>, Director of the Center for Technological Competence in the Field of Digitalization of the Agro-Industrial Complex

**Taras Alexandrovich Zagrebelyny**<sup>3</sup>, Postgraduate Student, Department of Economic Geography and Cartography

**Saule Kazhapovna Makenova**<sup>4</sup>, Head of the Department of Land Management and Geodesy, Associate Professor, PhD

**Vladimir Leonidovich Tatarintsev**<sup>5</sup>, Professor at the Department of Economic Geography and Cartography, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

**Leonid Mikhailovich Tatarintsev**<sup>6</sup>, Professor at the Department of Land Management, Land and Urban Cadastre, Doctor of Biological Sciences, Professor

**Olesya Sergeevna Musica**<sup>7</sup>, Senior Lecturer, Department of Cadastre, Master of Science

