

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ПОКАЗАТЕЛЬ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

доктор сельскохозяйственных наук **О.В. Рулева**

научный сотрудник, соискатель **Е.В. Семинченко**

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук»

В статье изложены материалы исследований по влиянию полезащитных лесных полос на рост и развитие ярового ячменя. Установлено, что запасы продуктивной влаги на межполосной клетке распределены неравномерно и варьируются в зависимости от удаленности от лесной полосы. Наибольший весенний влагозапас в условиях агролесоландшафта накапливается в зоне от 5Н до 15Н от полезащитных лесных полос. Урожайность ярового ячменя на межполосном пространстве формируется в зависимости от расстояния до лесной полосы. На основе математического моделирования и эмпирических данных критериально оценивалось расстояние от лесной полосы и её влияние на фазы развития растений. Для выяснения факторов, влияющих на формирование урожая, были обработаны данные среднесуточного потребления влаги растениями ячменя по фазам развития, с помощью программы для ЭВМ STATISTICA для получения функциональных связей. Была установлена высокая корреляция между расстоянием от ЛП и фазами ячменя: выход в трубку ($R = -0,94$), фазы трубкования ($R = -0,93$), в фазу цветения ($R = -0,93$). Прогноз развития ячменя на фазах налив и созревание зерна чуть ниже и составил $R = -0,89$. Связь коэффициента водопотребления с расстоянием от лесной полосы не выявлена. Проведенный анализ показал влияние коэффициента водопотребления ячменя в зависимости от расстояния до лесных полос на фазы вегетации данной культуры. Результаты исследования свидетельствуют о важной роли лесных полос.

Ключевые слова: ячмень, защитная полоса, водопотребление, фаза вегетации, урожайность, коэффициенты корреляции и детерминации.

INFLUENCE OF FOREST SHELTER BELTS ON THE WATER CONSUMPTION INDICATOR OF SPRING BARLEY

DSc (Agriculture) **O.V. Ruleva**

Researcher, applicant for a degree **E.V. Seminchenko**

Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences"

Abstract

The article presents research materials on the impact of shelterbelts on the growth and development of spring barley. It has been established that the reserves of productive moisture on the inter-strip cell are distributed unevenly and vary depending on the distance from the forest belt. The greatest spring moisture reserve (in the conditions of agroforestry) accumulates in the zone from 5H to 15H from forest shelter belts. The yield of spring barley in the inter-strip space is formed depending on the distance to the forest belt. The distance from the forest belt and its influence on the phases of plant development has been critically evaluated based on mathematical modeling and empirical data. Data on the average daily moisture consumption of barley plants by development phases have been processed to clarify the factors affecting the formation of the crop. Functional relationships have been obtained using STATISTICA computer program. High correlation between the distance from the forest belt and the phases of barley has been found: tube forming ($R = -0.94$), booting stage ($R = -0.93$), blooming period ($R = -0.93$). The forecast for barley development in the phases

of grain filling and ripening is slightly lower and amounted to $R = -0.89$. The relationship between the coefficient of water consumption and the distance from the forest belt has not been identified. The analysis has showed the influence of the barley water consumption coefficient depending on the distance to the forest belts on the vegetation phases of this crop. The results of the study indicate the important role of forest belts.

Keywords: barley, protective belt, water consumption, vegetation phase, productivity, correlation and determination coefficients

Введение

В Волгоградской области, наряду с озимой пшеницей, важной зернофуражной культурой является яровая ячмень, ежегодно под зерновые отводится более 1,5 млн га. В зоне неустойчивого земледелия, куда относится и Волгоградская область, за счет использования лесной мелиорации можно увеличить потенциал пашни и получить более высокий урожай. На урожай зерна влияет и состояние самой пашни. В условиях максимального насыщения севооборота зерновыми, когда на значительной площади размещения зерновых культур приходится сохранять стерню, возрастает опасность распространения болезней, которые уменьшают урожайность [3, 5].

В последнее время потенциальные возможности ячменя используются слабо, так как почти не вносятся минеральные удобрения под данную культуру, и он не набирает массу зерна, а также пропадает значительная часть зерна из-за отсутствия фитосанитарных обработок. За счет естественного плодородия почвы при благоприятных погодных условиях на светло-каштановых почвах можно получить 1,5-2,0 т/га зерна [7, 11].

В засушливых районах почвенная влага – это важный фактор получения гарантированного урожая. В условиях непромывного режима атмосферные осадки являются единственным источником для пополнения почвенных запасов влаги. В подзоне светло-каштановых почв выпадение осадков неравномерное, поэтому нужно проводить мероприятия по накоплению, сохранению и снижению непродуктивного расхода, например, на физическое испарение [4, 12]. В связи с этим, для улучшения микроклимата полей и предотвращения дефляции поля располагают под защитой лесных полос [1, 2].

Материалы и методы

Для исследования влияния лесных насаждений на продуктивность сельскохозяйственных культур в землепользовании «Городищенское» ка-

дастровый номер 34:03:000000:12 на полях НВНИ-ИСХ – филиале ФНЦ агроэкологии РАН был заложен полевой опыт в системе лесных полос. Высота лесной полосы 5 метров, 4-рядная. Породный состав: клен, вяз, уплотнена смородиной золотистой. Почва опытного участка – светло-каштановая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса в пахотном слое 1,74 %, рН почвенного раствора – 8,1. Содержание легкогидролизуемого азота 2-7 мг, подвижного фосфора – 3-11 мг и обменного калия – 30-40 мг/100 г почвы. Объектом исследования был яровой ячмень Медикум 139, норма высева 3,8 млн шт./га. Сумма осадков за 2017–2018 сельскохозяйственный год составила 393,0 мм против среднемноголетнего значения 339,2 мм. Технология возделывания ярового ячменя общепринятая для зоны проведения исследований. Глубокая основная обработка почвы включала проведение чизелевания на 0,3-0,32 м с оборотом поверхностного пласта на глубину 0,2-0,22 м орудием ОЧО-5-40 и многофункциональными рабочими органами модульного типа «РАНЧО» (отвал и широкое долото). Яровой ячмень сеяли в оптимально установленные для зоны исследований сроки.

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в межполосном пространстве распределены неравномерно и варьируют в зависимости от расстояния до лесной полосы. Так, перед посевом больше всего продуктивной влаги накапливается в зонах, приближенных к лесной полосе от 5 до 10Н и варьируется от 26,9 до 30,6 мм в зависимости от удаления от лесных полос.

Дифференцированное изменение содержания продуктивной влаги по мере удаления от ПЗЛП сохраняется и в следующие месяцы вегетации. Так, в фазу колошения ярового ячменя, которая наступает в 1-й декаде июля, количество доступной влаги для растений в метровом слое в зоне от 5 до 15Н варьи-

ровалось от 13,6 до 16,4 мм, на расстоянии 20-30Н – 8,3-9,0 мм.

Водопотребление различных культур в отдельных зонах неодинаково, что обуславливается биологическими особенностями растений, динамикой их роста, величиной урожая, а также почвенно-климатическими условиями [9, 12].

Исследования показали, что при выращивании в одних и тех же почвенно-климатических условиях суммарное водопотребление посевами ярового ячменя на лесомелиорируемой территории различно в зависимости от удаления от ПЗЛП.

Суммарное водопотребление ярового ячменя на расстоянии 5Н было самым высоким – 118,4 мм, уменьшалось в зависимости от удаления от лесных насаждений и составило 114,6 мм в зоне 10-30Н.

Важным показателем, характеризующим экономное расходование воды, является коэффициент водопотребления, показывающий количество воды, израсходованное растением на создание весовой единицы урожая [7, 8].

Исследованиями установлено, что более эффективно влага использовалась посевами ячменя на расстояниях 5 и 10Н. Коэффициент водопотребления равнялся 65,8 и 63,7 соответственно при урожайности 1,8 т/га. В зависимости от удаления от лесной полосы коэффициент водопотребления изменялся от 109,3 (15Н) до 71,7 (30Н) при урожайности 1,05 до 1,6 т/га соответственно.

Анализ, выполненный с помощью пакета прикладных программ для STATISTICA 10, по суммарному водопотреблению в 1,0 м слое почвы позволил выявить следующие связи.

Зависимость запасов влаги (У) при посеве от расстояния до ЛП (Н) описывается с помощью уравнения экспоненциальной зависимости вида

$$Y = 29,33 * \exp^{-0,0037H}, \quad R^2 = -0,66$$

Суммарное водопотребление (У) от расстояния до ЛП (Н) представлено функцией вида $Y = 117,17 * \exp^{-0,0009H}$, $R^2 = -0,66$.

На формирование урожайности ярового ячменя полезная лесная полоса также оказала

влияние [6, 12]. В депрессионной зоне (до 5Н) урожайность ячменя была низкой и не превышала 0,5 т/га. Самая высокая урожайность была при выращивании ячменя в зоне от 5 до 15Н – 1,8 т/га и далее варьировалась в зависимости от удаленности от ЛП от 1,05 т/га (15Н) до 1,6 т/га (30Н).

Анализ урожая как фазы созревания за период вегетации ячменя не выявил функциональной связи. Это обусловлено тем, на наш взгляд, что в элиминирующей фазе развития зерна сыграли роль и другие факторы, например ветер [8], которые мы не рассматривали в нашей статье.

Был статистически обработан и коэффициент водопотребления за вегетационный период. Четкой связи получено не было.

Более точным показателем, определяющим расход влаги из почвы, является их среднесуточный показатель [5, 10].

Начало и конец вегетации ярового ячменя характеризовался более низкими показателями среднесуточного расхода продуктивной влаги из метрового слоя. Максимальные значения этого показателя отмечены на период «цветение», так как на этот период выпало 60,8 мм осадков, минимальные – в фазу «трубкование», что отрицательно повлияло на урожайность ячменя. В связи с тем, что во все основные фазы роста и развития ярового ячменя выпадение атмосферных осадков было неравномерным, низкие запасы продуктивной влаги не позволили получить высокий урожай ярового ячменя.

Для выявления факторов, влияющих на формирование урожая, были обработаны среднесуточные показатели потребления влаги растениями ячменя по фазам развития (рис. 1) с помощью программы для ЭВМ STATISTICA.

Для примера выявления функциональных связей фаз развития ячменя с расстоянием до лесных полос взят период выхода в трубку (рис. 1).

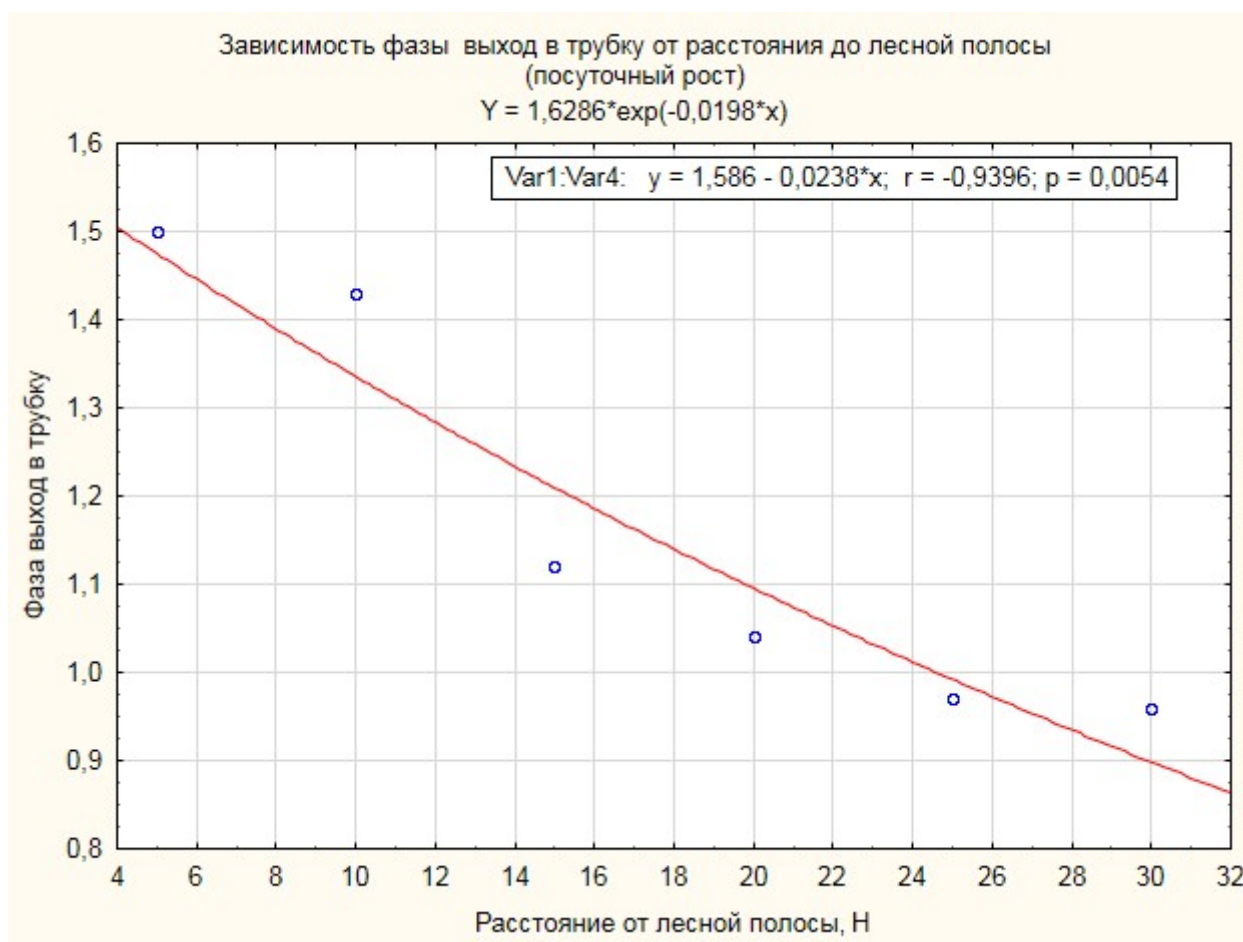


Рис. 1. Зависимость фазы выхода в трубку от расстояния до лесной полосы (собственные вычисления)

Таблица 1

Параметры зависимости суточного суммарного водопотребления ячменя по фазам развития, определяемые функцией $Y = k \cdot e^{-mH}$ (собственные вычисления)

Фаза развития	k	m	R
Кущение	2,029	-0,0033	-0,68
Выход в трубку	1,628	-0,019	-0,94
Трубкавание	0,74	-0,01	-0,94
Цветение	15,45	-0,0038	-0,94
Налив и созревание зерна	1,99	-0,0053	-0,88

Было проанализировано также суточное суммарное водопотребление растений по фазам развития (табл. 1).

Параметры зависимости суточного суммарного водопотребления (Y) ячменя по фазам развития (k) от расстояния до ЛП (H) вида $Y = k \cdot e^{-mH}$, где k и m – это коэффициенты, указывающие на наклон на изгиб экспоненциальной кривой.

Анализ графических связей, коэффициентов корреляции и детерминации позволил выявить, на

каком этапе развития наиболее высокое суточное потребление влаги у культуры ячмень Медикум 139, выращенной в условиях сухого земледелия. Наибольшее посуточное потребление влаги было на фазе цветение (R = -0,93); трубкавание (R = -0,94). На фазе налив и созревание зерна оно уменьшается, а в фазу кущение не достигает минимального предела, т. к. часть влаги поступает в растения из атмосферных осадков, на фазе полной спелости суточное водопотребление равно 0.

Выводы

Таким образом, в условиях сухостепной зоны светло-каштановых почв Нижнего Поволжья исследования показали, что целесообразность создания полезащитных лесных насаждений способствует улучшению показателей микроклимата на прилегающем пространстве, которые оказывают благоприятное влияние на возделываемую сельскохозяйственную культуру. Возделывание ячменя под влиянием ЛП способствует повышению урожайности, сохранению запасов

продуктивной влаги и способствуют статусу ячменя как экономически выгодной зерновой культуры для сельхозтоваропроизводителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-416-340013 «Управление биопродуктивностью агролесосистем Волгоградской области с помощью компьютерных продуктов»

Библиографический список

1. Адамень, Ф. Ф. Полезащитные лесные полосы как основа устойчивого развития агроландшафта / Ф. Ф. Адамень, В. С. Паштецкий, Ю. В. Плугатарь // Зрошуване землеробство. – 2012. – № 57. – С. 36–40.
2. Балакай, Н. И. Полезащитные лесные полосы / Н. И. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2013. – № 50. – С. 17–24.
3. Верин, А. Ю. Влияние лесной полосы на формирование экологических факторов агроландшафта / А. Ю. Верин, И. Ф. Медведев, Д. И. Губарев, С. С. Деревягин, В. П. Графов // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 12. – С. 12–15. – Библиогр.: с. 15 (7 назв.). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36565385>.
4. Деревягин, С. С. Полезащитные лесные полосы в роли биогеохимических барьеров в агроландшафте / С. С. Деревягин, И. Ф. Медведев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 4. – С. 12–15. – Библиогр.: с. 15 (4 назв.) – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18971934>.
5. Попов, А. В. Агротехнические уходы в полезащитной лесной полосе / А. В. Попов, В. С. Вавин // Научный альманах. – 2016. – № 10-2. – С. 249–252. – Библиогр.: с. 252 (3 назв.). – DOI: 10.17117/na.2016.10.02.249 <http://ucom.ru/doc/na.2016.10.02.249.pdf>.
6. Сарычев, А. Н. Оценка технологий обработки светло-каштановой почвы в условиях агролесомелиорации / А. Н. Сарычев // Известия ТСХА. – 2015. – № 6. – С. 37–45. – Библиогр.: с. 45 (15 назв.).
7. Таниюкевич, В. В. Надземная фитомасса лесных полос, их влияние на ветровой режим и влагонакопление агроландшафтов / В. В. Таниюкевич // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 91. – С. 986–1003. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20678931> (дата обращения 01.10.2019).
8. Рулева, О. В. Влияние предшественников на формирование элементов продуктивности озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья / О. В. Рулева, Е. В. Семинченко // Аграрная наука. – 2019. – № 4. – С. 68–72. – Библиогр.: с. 72 (5 назв.).
9. Семинченко, Е. В. Водопотребление и урожайность озимой пшеницы в севооборотах с чистым и сидеральным паром в условиях Нижнего Поволжья / Е. В. Семинченко // Известие Горского ГАУ. – 2019. – № 2. – С. 22–26.
10. Peltonen-Sainio, P. Unexploited potential to diversify monotonous crop sequencing at high latitudes / P. Peltonen-Sainio, L. Jauhiainen // Agricultural Systems. – Vol. 174. – August 2019. – P. 73–82. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X1830742X>. – DOI:10.1016/j.agry.2019.04.011.
11. Rong Li, Xianqing Hou. Interactive effects of autumn tillage with mulching on soil temperature, productivity and water use efficiency of rainfed potato in loess plateau of China / Rong Li, Xianqing Hou // Agricultural Water Management. – Vol. 224. – September 2019, 1057471. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377419307863>. – DOI:10.1016/j.agwat.2019.105740.

12. Water-scarcity footprints and water productivities indicate unsustainable wheat production in China / Jing Huang, B. G. Ridoutt, K. R. Thorp [et al.] // *Agricultural Water Management*. – Vol. 224, 105744. – September 2019. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377419306407>. – DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105744.

References

1. Adamen' F.F., Pashtetskiy V.S., Plugatar'Yu.V. (2012) *Polezashchitnye lesnye polosy kak osnova ustoychivogo razvitiya agrolandshafta* [Protective forest belts as the basis for sustainable development of agrolandscape]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Zroshuvan earthmoving]. № 57, P. 36-40 (in Russian).

2. Balakay N.I. (2013) *Polezashchitnye lesne polosy* [Protective forest belts]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture]. № 50, p. 17-24 (in Russian).

3. Verin A.Yu., Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Grafov V.P. (2018) *Vliyanie lesnoy polosy na formirovanie ekologicheskikh faktorov agrolandshafta* [The influence of the forest strip on the formation of environmental factors of the agrolandscape]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian scientific journal], № 12, p. 12-15 (in Russian).

4. Derevyagin S.S., Medvedev I.F. (2013) *Polezashchitnye lesnye polosy v roli biogeokhimicheskikh bar'erov v agrolandshafte* [Protective forest belts in the role of biogeochemical barriers in agrolandscape]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova* [Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov], № 4, p. 12-15 (in Russian).

5. Popov A.V., Vavin V.S. (2016) *Agrotekhnicheskie ukhody v polezashchitnoy lesnoy polose* [Agrotechnical care in the forest protection zone]. *Nauchnyy al'manakh* [Scientific almanac], № 10-2. P. 249-252 (in Russian). DOI: 10.17117/na.2016.10.02.249 <http://ucom.ru/doc/na.2016.10.02.249.pdf>.

6. Sarychev A.N. (2015) *Otsenka tekhnologiy obrabotki svetlo-kashtanovoy pochvy v usloviyakh agrolesomelioratsii* [Evaluation of technologies for processing light chestnut soil under agroforestry conditions]. *Izvestiya TSKhA* [News TSHA], № 6, p. 37-45 (in Russian).

7. Tanyukevich V.V. (2013) *Nadzemnaya fitomassa lesnykh polos, ikh vliyanie na vetrovoy rezhim i vlagonakoplenie agrolandshaftov* [Elevated phytomass of forest strips, their influence on the wind regime and moisture accumulation of agrolandscapes]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Political Internet electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University], № 91, P. 986-1003 (in Russian).

8. Ruleva O.V. (2019) *Vliyanie predshestvennikov na formirovanie elementov produktivnosti ozimoy pshenitsy v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [The influence of predecessors on the formation of elements of the productivity of winter wheat in the Lower Volga]. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science], № 4, pp. 68-72 (in Russian).

9. Seminchenko E.V. (2019) *Vodopotrebleniye i urozhaynost' ozimoy pshenitsy v sevooborotakh s chistym i sideral'nym parom v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Water consumption and yield of winter wheat in crop rotation with pure and green manure in the Lower Volga region] *Izvestiya Gorskogo GAU* [News of the Gorsky GAU], № 2, p. 22-26 (in Russian).

10. Peltonen-Sainio P., Jauhainen L. Unexploited potential to diversify monotonous crop sequencing at high latitudes. *Agricultural systems*. Vol. 174. August 2019. P. 73-82. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X1830742X>. DOI:10.1016/j.agry.2019.04.011.

11. Xianqing Hou, Rong Li. Interactive effects of autumn tillage with mulching on soil temperature, productivity and water use efficiency of rainfed potato in loess plateau of China. *Agricultural Water Management*. Vol. 224, 1057471. September 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377419307863>. DOI:10.1016/j.agwat.2019.105740.

12. Jing Huang, Ridoutt B. G., K. R. Thorp et al. Water-scarcity footprints and water productivities indicate unsustainable wheat production in China. *Agricultural Water Management*. Vol. 224, 105744, 1 September 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377419306407>. DOI:10.1016/j.agwat.2019.105744.

Сведения об авторах

Рулева Ольга Васильевна – доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией агроэкологии и прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград, Российская Федерация; e-mail: bifu@mail.ru.

Семинченко Елена Валерьевна – научный сотрудник, соискатель, Нижне-Волжский НИИ сельского хозяйства – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции, Городищенский район, Волгоградская область, Российская Федерация; e-mail: eseminchenko@mail.ru.

Information about authors

Ruleva Olga Vasilyevna – DSc (Agriculture), Head of Laboratory of Agroecology and Prediction of Bioproductivity of Agroforest Landscapes, FSBSI “Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Forestation of the Russian Academy of Sciences” (Federal Scientific Center for Agroecology RAS), Volgograd, Russian Federation; e-mail: bifu@mail.ru.

Seminchenko Elena Valeryevna – Researcher, Applicant, Nizhne-Volzhsy Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, pos. Regional Agricultural Experimental Station, Gorodishchensky District, Volgograd Region, Russian Federation; e-mail: eseminchenko@mail.ru.