

## Влияние лесомелиоративного обустройства агроландшафтов на накопление продуктивной влаги и урожайность полевых культур

**М. В. Петров**✉, научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания с.-х. культур

**А. Л. Тойгильдин**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Ульяновский НИИСХ - филиала СамНЦ РАН

**Р. Б. Шарипова**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания с.-х. культур

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

433315, Ульяновская область, Ульяновский район, пос. Тимирязевский, ул. Институтская, дом 19

✉maxim120198@yandex.ru

**Резюме.** В работе представлены итоги исследований по оценке воздействия лесозащитных полос на снегозадержание, распределение влаги и продуктивность зерновых культур в различных агроландшафтах Среднего Поволжья. Эксперименты проводили в стационарном полевом опыте на базе опытной станции в Ульяновской области. Опыт включал два фактора воздействия – в различных типах сельскохозяйственного ландшафта (Фактор А) и отдаленность от лесных насаждений (фактор В). Выяснено, что максимальный объем снеговых запасов на экспериментальных участках фиксировался на расстоянии 50 метров от лесополос как с подветренной, так и с наветренной стороны. Во всех исследованных агроландшафтах максимальное содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы наблюдали в непосредственной близости от лесополосы, варьируясь в пределах от 102,3 до 133,3 мм. Наивысшие показатели урожайности возделываемых культур наблюдали на плакорно-равнинных агроландшафтах. При этом отмечено снижение урожайности с увеличением склона до 3° и 5°. Продуктивность озимой пшеницы была ниже на 0,30 и 0,57 т/га или 6,6 и 12,6 %, яровой мягкой пшеницы – на 0,43 и 0,68 т/га или 12,7 и 15,0 % и яровой твердой пшеницы – на 0,14 и 0,68 т/га или на 5,5 или 26,6 %.

**Ключевые слова:** лесомелиорация, яровая пшеница, озимая пшеница, продуктивная влага, снежный покров, урожайность.

**Для цитирования:** Петров М. В., Тойгильдин А. Л., Шарипова Р. Б. Влияние лесомелиоративного обустройства агроландшафтов на накопление продуктивной влаги и урожайность полевых культур // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №2 (70). С. 32-40. doi:10.18286/1816-4501-2025-2-32-40

## The impact of forest reclamation development of agricultural landscapes on the accumulation of productive moisture and the yield of field crops

**M. V. Petrov**✉, **A. L. Toygildin**, **R. B. Sharipova**

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

433315 Ulyanovsk Region, Ulyanovsk District, Timiryazevsky Settlement, Institutskaya St., 19

✉maxim120198@yandex.ru

**Abstract.** The paper presents results of the studies on assessment of the impact of forest shelterbelts on snow retention, moisture distribution, and the productivity of grain crops in various agricultural landscapes of the Middle Volga region. The experiments were carried out in a stationary field experiment at an experimental station in Ulyanovsk Region. The experiment included two factors: various types of agricultural landscapes (Factor A) and remoteness from forest plantations (Factor B). It was found that the maximum volume of snow reserves in the experimental areas was recorded at a distance of 50 meters from the forest belts, both on the leeward and windward sides. In all the studied agrolandscapes, the maximum content of productive moisture in the meter-thick soil layer was observed in the immediate vicinity of the forest belt, varying within the range from 102.3 to 133.3 mm. The highest yields of cultivated crops were observed in the upland-plain agrolandscapes. At the same time, a decrease in yield was noted with an increase in the slope to 3° and 5°. The productivity of winter wheat was lower by 0.30 and 0.57 t/ha or 6.6 and 12.6%, spring soft wheat - by 0.43 and 0.68 t/ha or 12.7 and 15.0% and spring hard wheat - by 0.14 and 0.68 t/ha or 5.5 or 26.6%.

**Keywords:** forest reclamation, spring wheat, winter wheat, productive moisture, snow cover, yield.

**For citation:** Petrov M. V., Toygildin A. L., Sharipova R. B. The impact of forest reclamation development of agricultural landscapes on the accumulation of productive moisture and the yield of field crops// Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;2(70): 32-40 doi:10.18286/1816-4501-2025-2-32-40

### Введение

Стратегия развития защитного лесоразведения в России включает в себя применение полезащитных лесных полос как основного компонента при формировании лесоаграрных ландшафтов [1]. Лесные насаждения оказывают существенное влияние на экологическую ситуацию и микроклиматические условия сельскохозяйственных угодий. Они способствуют снижению ветровой и водной эрозий почвы, поддерживают её естественное плодородие, а также улучшают условия для роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных культур [2, 3, 4]. По результатам, проведенным в разных почвенно-климатических зонах нашей страны, под влиянием лесных полос наблюдается уменьшение интенсивности испарения влаги до 25 %, а также снижение скорости ветра на 40...50 % [5, 6]. Кроме того, зимние осадки и дополнительное снегозадержание лесными полосами способствуют дополнительному увлажнению почвы на 25...45 мм, наблюдается улучшение температурного режима почвы в осенний и зимний периоды [7, 8, 9]. Совокупное влияние этих факторов в межполосном пространстве ведёт к повышению урожайности полевых культур, независимо от количества осадков в период их вегетации [10, 11, 12].

Правильное размещение и подбор конструкций лесных полос позволяет максимально использовать их потенциал для достижения наилучших результатов в решении экологических задач [13]. При неправильном размещении лесные полосы могут не обеспечивать достаточную защиту почв от эрозии, создавать неблагоприятные микроклиматические условия или быть неэффективными в решении отмеченных задач, поэтому важно учитывать ряд факторов при создании лесных полос, в т.ч. климатические условия, рельеф местности и расстояние между лесными полосами [14, 15, 16].

Цель исследования – изучение влияния лесомелиоративного обустройства агроландшафтов на накопление снега, динамики накопления продуктивной влаги в межполосном пространстве и урожайность полевых культур в основных типах агроландшафтов в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья.

### Материалы и методы

Изучение влияния лесных полос на агроэкологические условия межполосного пространства проводили на полях опытной станции «Новоникулинская» Ульяновской области в полевом стационарном опыте, на котором возделывали культуры в севообороте: чистый пар (2021 г.) – озимая пшеница (2022 г.) – яровая пшеница мягкая (2023 г.) – яровая пшеница твердая (2024 г.). Почвенный покров представлен тяжелосуглинистым чернозёмом, который характеризуется средней мощностью и выщелоченностью. Содержание гумуса – 5,45...8,15 %, pH = 6,5...7,2, гидролитическая кислотность –

0,78...1,21 мг-экв/100 г почвы, калия 65,0...90,0 мг/кг и фосфора – 186,0...203,0 (по Чирикову).

Исследования по аккумуляции снежного покрова, запасам продуктивной влаги и продуктивности полевых культур осуществляли в межполосных зонах, расположенных между продольными лесными полосами и ориентированных перпендикулярно преобладающим ветрам юго-западного направления. Наблюдения проводились на расстояниях 50, 130 и 260 м. от лесных насаждений с наветренной и заветренной сторон. Лесные полосы, созданные из берёзы повислой (*Betula pendula*), имеют особую конфигурацию, обеспечивающую их ажурность и хорошую продуваемость. Они состоят из пяти параллельных рядов шириной 12,5 м.

Перед началом периода снеготаяния были проведены измерения плотности и высоты снежного покрова. Высоту снежного покрова определяли с помощью переносной металлической рейки с интервалом в 5 м, при этом измерения осуществляли в четырех-пятикратной повторности для обеспечения статистической достоверности результатов. Плотность снежного покрова измерялась с использованием весового снегомера ВС-43, измерения проводили с интервалом в 20 м и троекратной верификацией.

В связи с участвовавшими засушливыми условиями мониторинг влагозапасов ( $Y$ , мм) в снежном покрове имеет стратегическое значение, точная ее оценка позволяет своевременно принимать меры по рациональному использованию водных ресурсов, минимизировать негативные последствия дефицита воды. Стоит отметить, что формула  $Y = 10 \times H \times P$  является упрощенной моделью, где помимо ( $H$ ) – средней высоты и ( $P$ ) – плотности снежного покрова необходимо учитывать дополнительные факторы, такие как наличие висячих и притертых ледяных корок, а также глубины промерзания почвы.

Применение формулы позволяет оперативно оценивать потенциальные запасы воды, аккумулярованные в снежном покрове, что критически важно для различных отраслей. В сельском хозяйстве точная оценка влагозапаса позволяет прогнозировать весеннее половодье и планировать посевные работы, оптимизируя использование водных ресурсов.

Почвенные пробы на влажность почвы отбирали перед посевом и во время уборки полевых культур на глубину 0...100 см через каждые 10 см. Содержание продуктивной влаги определяли термостатно-весовым методом. Учет урожая проводили методом пробных делянок в соответствии с методикой Б. А. Доспехова (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.).

### Результаты

В период вегетации 2022 г. метеорологические условия характеризовались значительными отклонениями от климатической нормы. В мае

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

наблюдалась холодная погода и избыточное количество осадков. Активная сумма температур за май-июль достигла 1544 °С при норме в 1600 °С. Общее количество выпавших осадков за май-август составило 350 мм.

В мае 2023 г. отмечали относительно тёплую погоду с небольшим количеством осадков. В июле и июне температурный режим и осадки были ниже средних многолетних значений, а август выделялся аномальной жарой. Суммарная активная температура за период с мая по август составила 2316°С.

В мае 2024 г. наблюдали пониженный температурный режим и незначительное количество

осадков. В июне зафиксирован резкий скачок температуры и увеличение осадков. Первые две декады июля отличались высокими температурами и суховейными явлениями. В первой половине августа прошли обильные ливневые дожди. Общее количество осадков, выпавших с мая по август, составило 202,1 мм. Гидротермический коэффициент в данный временной промежуток равен 0,7 единиц.

В зимний период на территории Ульяновской области доминируют ветровые потоки, имеющие юго-западное направление (рис. 1).

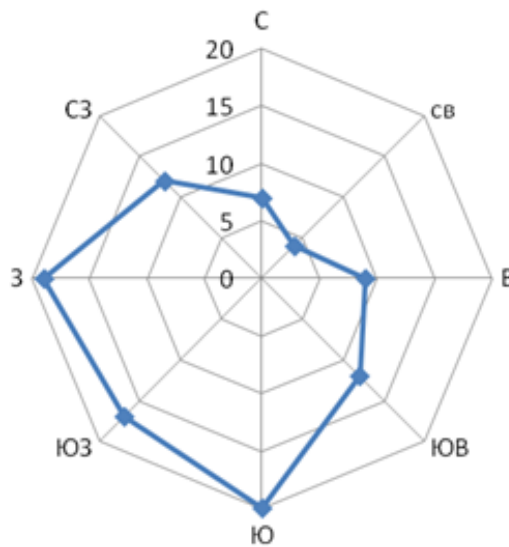


Рис.1. Частота направления ветра в холодный период года с 1990 по 2024 гг.

В 2021–2022 сельскохозяйственном году было зафиксировано наиболее длительное залегание снега с продолжительностью 146 дней, что на

14 дней больше обычного, а в 2022-2023 гг. наиболее короткий период – 124 дня, короче нормы почти на целую декаду (табл. 1).

Таблица 1. Значение зимних метеорологических показателей за годы исследований

| Сельскохозяйственный год | Установление снежного покрова | Разрушение снежного покрова | Длительность залегания снежного покрова |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| 2021-2022                | 13 ноября                     | 7 апреля                    | 146 дней                                |
| 2022-2023                | 17 ноября                     | 20 марта                    | 124 дня                                 |
| 2023-2024                | 21 ноября                     | 11 апреля                   | 142 дня                                 |
| Среднее                  | 23 ноября                     | 3 апреля                    | 132 дня                                 |

Таксационное состояние лесных насаждений в защитных лесных полосах на исследуемом поле оказывало значительное влияние на распределение снежного покрова в межполосном пространстве. Рост и развитие лесных насаждений напрямую зависели от типа агроландшафта, на котором они произрастали. Наиболее интенсивный рост насаждений был зафиксирован в плакорно-равнинном типе агроландшафта (западная сторона: высота – 17,3±0,98 м, диаметр 24,6 ±1,19 см; восточная сторона: высота – 16,1±0,51 м, диаметр – 21,1 ± 0,94 см). В склоново-ложбинном агроландшафте высота насаждений на западной стороне составила

16,6±0,57 м, диаметр – 23,7±1,20 см, на восточной стороне – 15,1±0,83 м, диаметр – 21,1±1,01 см. На склоново-овражном типе агроландшафта высота и диаметр лесных насаждений – 14,6±0,52 м и 19,8±0,95 см, на восточной – 13,9±0,72 м и 18,5±0,78 см. Изменение таксационных характеристик связано с плодородием почвы, в частности, с содержанием гумуса. Его количество уменьшается от водораздела (7,07 %) до нижней части склона (5,90...5,95 %).

На изучаемых вариантах максимальная высота снежного покрова зафиксирована на удалении 50 метров от лесных насаждений (табл. 2).

Таблица 2. Динамика распределения снежного покрова в межполосном пространстве (за 2022-2024 гг.), см

| Тип агроландшафта         | Ориентация лесной полосы на земельном участке | Расстояние от лесной полосы, м | Высота снежного покрова, см |           |           |                   |
|---------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------------------|
|                           |                                               |                                | Годы наблюдений             |           |           | Среднее значение: |
|                           |                                               |                                | 2022                        | 2023      | 2024      |                   |
| Плакотно-равнинный (0-1°) | Западная (наветренная)                        | 50                             | 47,1±1,01                   | 35,6±1,02 | 62,5±1,43 | 48,4              |
|                           |                                               | 130                            | 43,4±1,12                   | 25,5±1,14 | 57,2±1,33 | 42,0              |
|                           | Центр поля                                    | 260                            | 32,8±1,02                   | 20,6±1,21 | 41,5±1,21 | 31,6              |
|                           | Восточная (заветренная)                       | 130                            | 40,6±1,13                   | 28,8±1,11 | 48,6±1,03 | 39,3              |
|                           |                                               | 50                             | 44,5±1,05                   | 26,9±1,08 | 57,3±1,31 | 42,9              |
| Среднее значение:         |                                               |                                | 42,3                        | 27,5      | 53,4      | 41,1              |
| Склоново-ложбинный (1-3°) | Западная (наветренная)                        | 50                             | 43,5±0,87                   | 30,2±0,89 | 57,2±1,32 | 43,6              |
|                           |                                               | 130                            | 40,2±0,91                   | 25,4±0,86 | 51,2±1,00 | 38,9              |
|                           | Центр поля                                    | 260                            | 30,7±0,76                   | 19,6±0,95 | 38,6±0,95 | 29,6              |
|                           | Восточная (заветренная)                       | 130                            | 38,3±0,80                   | 23,2±0,65 | 44,2±1,12 | 35,2              |
|                           |                                               | 50                             | 40,1±0,82                   | 27,8±0,71 | 52,4±1,21 | 40,1              |
| Среднее значение:         |                                               |                                | 39,7                        | 25,2      | 48,7      | 37,9              |
| Склоново-овражный (3-5°)  | Западная (наветренная)                        | 50                             | 38,5±0,75                   | 29,8±0,71 | 50,1±1,15 | 39,5              |
|                           |                                               | 130                            | 33,1±0,81                   | 24,3±0,82 | 41,5±1,04 | 33,0              |
|                           | Центр поля                                    | 260                            | 28,5±0,79                   | 18,3±0,79 | 32,7±0,97 | 26,5              |
|                           | Восточная (заветренная)                       | 130                            | 33,4±0,75                   | 22,7±0,68 | 38,5±0,99 | 31,5              |
|                           |                                               | 50                             | 36,1±0,67                   | 25,8±0,93 | 47,4±1,12 | 36,4              |
| Среднее значение:         |                                               |                                | 33,2                        | 24,2      | 42,0      | 33,1              |

В плакотно-равнинном агроландшафте высота снега составила 42,9 см с наветренной стороны и 48,4 см - с заветренной. В склоново-ложбинном – 43,6 см и 40,1 см соответственно. В склоново-овражном агроландшафте снегоотложение достигло 39,5 см с наветренной стороны и 36,4 см – с заветренной стороны

Понижение высоты снежного покрова прямо пропорционально увеличению расстоянию от лесополос. Так, на расстоянии 130 м в плакотно-равнинном агроландшафте высота снега с наветренной и заветренной сторон составила 42,0 см и 39,3 см, в

склоново-ложбинном – 38,9 см и 35,2 см, в склоново-овражном – 33,0 см и 31,5 см. В центральной части поля (260 м) наименьшая высота снежного покрова: 31,6 см, 29,6 см и 26,5 см.

Для определения запаса воды в снежном покрове используются данные измерений высоты и вычисленные расчеты плотности снега. По данным наших исследований за 2022-2024 гг. у лесных полос на расстоянии 50 мм наблюдаются наибольшие запасы воды в снежном покрове (133,3 мм с наветренной стороны и 114,5 мм с заветренной) (табл. 3).

Таблица 3. Запасы воды в снежном покрове в межполосном пространстве (за 2022-2024 гг.), мм

| Тип агроландшафта            | Ориентация лесной<br>полосы на земельном<br>участке | Расстояние от<br>лесной полосы,<br>м | Запасы воды в снежном покрове, мм |      |       |                      |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------|-------|----------------------|
|                              |                                                     |                                      | Годы наблюдений                   |      |       | Среднее<br>значение: |
|                              |                                                     |                                      | 2022                              | 2023 | 2024  |                      |
| Плакорно-равнинный<br>(0-1°) | Западная (наветрен-<br>ная)                         | 50                                   | 122,5                             | 96,1 | 181,3 | 133,3                |
|                              |                                                     | 130                                  | 108,5                             | 71,4 | 177,3 | 119,1                |
|                              | Центр поля                                          | 260                                  | 88,6                              | 65,9 | 132,8 | 95,8                 |
|                              | Восточная (заветрен-<br>ная)                        | 130                                  | 101,5                             | 72,0 | 155,5 | 109,7                |
|                              |                                                     | 50                                   | 115,7                             | 67,3 | 160,4 | 114,5                |
| Среднее значение:            |                                                     |                                      | 107,3                             | 74,5 | 161,5 | 144,4                |
| Склоново-ложбинный<br>(1-3°) | Западная (наветрен-<br>ная)                         | 50                                   | 108,8                             | 81,5 | 171,6 | 120,6                |
|                              |                                                     | 130                                  | 104,5                             | 66,0 | 153,6 | 108,0                |
|                              | Центр поля                                          | 260                                  | 89,0                              | 60,8 | 119,7 | 89,8                 |
|                              | Восточная (заветрен-<br>ная)                        | 130                                  | 103,4                             | 62,6 | 132,6 | 99,5                 |
|                              |                                                     | 50                                   | 104,3                             | 72,3 | 152,0 | 109,5                |
| Среднее значение:            |                                                     |                                      | 101,9                             | 68,7 | 145,9 | 105,5                |
| Склоново-овражный<br>(3-5°)  | Западная (наветрен-<br>ная)                         | 50                                   | 100,1                             | 71,5 | 145,3 | 105,6                |
|                              |                                                     | 130                                  | 96,0                              | 65,6 | 128,7 | 96,8                 |
|                              | Центр поля                                          | 260                                  | 91,2                              | 60,4 | 107,9 | 86,5                 |
|                              | Восточная (заветрен-<br>ная)                        | 130                                  | 93,5                              | 63,6 | 115,5 | 90,9                 |
|                              |                                                     | 50                                   | 97,5                              | 67,1 | 142,2 | 102,3                |
| Среднее значение:            |                                                     |                                      | 95,6                              | 65,6 | 127,9 | 96,4                 |

Анализ полученных данных позволил выявить значимую взаимосвязь между глубиной снежного покрова (х, в см) и запасами влаги (у, в мм), которая

характеризовалась как сильная прямая ( $r = 0,893$ ) и выражается уравнением следующего вида:  $y = 2,4312x + 16,666$  (рис. 2).

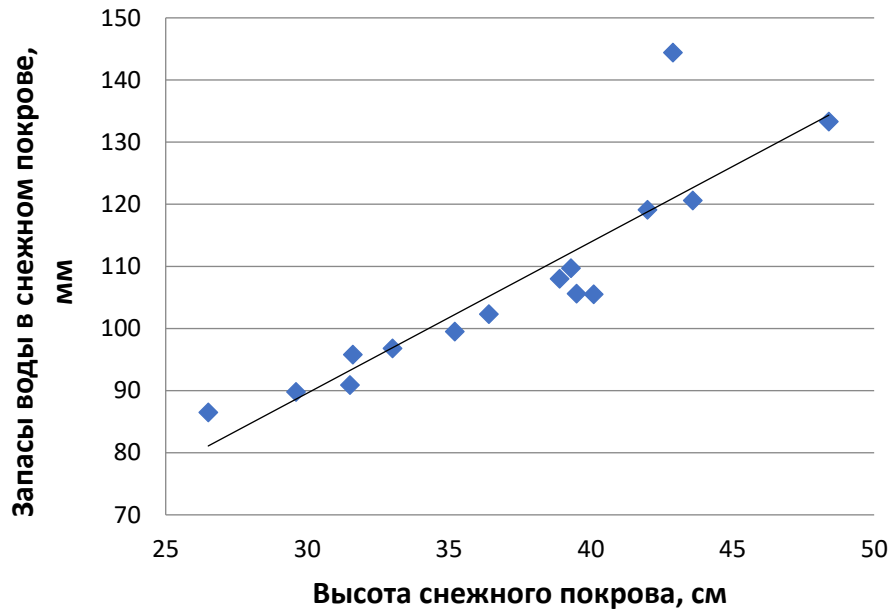


Рис. 2. Связь запасов воды в снежном покрове (мм) с высотой снежного покрова (см), по данным исследований за 2022-2024 гг.

В лесостепной зоне Среднего Поволжья ключевым фактором, определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур, является водный режим. Среднегодовое количество осадков на территории Ульяновской области составляет 380...500 мм. Однако посевы во всех агроэкологических зонах области часто испытывают дефицит влаги

в почве, обусловленный неполным использованием выпадающих осадков культурными растениями. Следует учитывать, что 60 % сельскохозяйственных угодий расположены на склонах с уклоном более 1°, что влечет за собой ежегодные потери влаги от 10 до 45 мм из-за стока талых вод.

Таблица 4. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на водосборе с системой лесных полос (2022-2024 г.)

| Тип агроланд-ша-фта        | Расстояние от лесной полосы | Запасы влаги в метровом слое почвы, мм |        |         |        |         |        | Среднее зна-чение: |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|--------------------|
|                            |                             | 2022 г.                                |        | 2023 г. |        | 2024 г. |        |                    |
|                            |                             | Посев                                  | Уборка | Посев   | Уборка | Посев   | Уборка |                    |
| Плакорно-рав-нинный (0-1°) | 50                          | 87,5                                   | 106,0  | 117,9   | 41,7   | 201,9   | 93,4   | 108,1              |
|                            | 130                         | 80,8                                   | 96,4   | 114,5   | 37,5   | 209,0   | 93,4   | 105,3              |
|                            | 260                         | 64,8                                   | 88,5   | 108,6   | 40,6   | 174,3   | 85,0   | 93,6               |
|                            | 130                         | 74,9                                   | 103,3  | 111,1   | 51,2   | 187,2   | 89,8   | 102,9              |
|                            | 50                          | 90,4                                   | 96,3   | 114,7   | 33,2   | 222,7   | 89,1   | 107,7              |
| Среднее значение:          |                             | 79,7                                   | 98,1   | 113,4   | 40,8   | 199,0   | 90,1   | 103,5              |
| Склоново-лож-бинный (1-3°) | 50                          | 102,5                                  | 90,1   | 112,9   | 21,8   | 193,2   | 111,8  | 105,4              |
|                            | 130                         | 82,2                                   | 111,7  | 100,4   | 40,6   | 188,7   | 136,1  | 110,0              |
|                            | 260                         | 69,6                                   | 93,1   | 75,7    | 38,3   | 172,6   | 89,6   | 89,8               |
|                            | 130                         | 80,3                                   | 84,3   | 111,2   | 46,2   | 177,8   | 100,1  | 100,0              |
|                            | 50                          | 95,7                                   | 100,1  | 115,2   | 29,6   | 178,6   | 111,8  | 105,2              |
| Среднее значение:          |                             | 86,1                                   | 95,9   | 103,1   | 35,3   | 182,2   | 109,9  | 102,1              |
| Склоново-овражный (3-5°)   | 50                          | 92,5                                   | 92,5   | 109,9   | 39,3   | 178,7   | 82,2   | 99,2               |
|                            | 130                         | 74,5                                   | 105,1  | 99,3    | 44,1   | 151,8   | 99,3   | 95,7               |
|                            | 260                         | 65,9                                   | 86,7   | 95,0    | 44,8   | 150,5   | 72,4   | 85,9               |
|                            | 130                         | 71,4                                   | 100,4  | 98,8    | 30,7   | 168,8   | 88,0   | 93,0               |
|                            | 50                          | 88,3                                   | 90,2   | 105,1   | 46,5   | 169,6   | 122,9  | 103,8              |
| Среднее значение:          |                             | 78,5                                   | 95,0   | 101,6   | 41,1   | 163,9   | 93,0   | 95,5               |
| НСП <sub>05</sub>          | Фактор А                    | 2,3                                    | 2,7    | 3,4     | 1,6    | 5,0     | 17,5   | -                  |
|                            | Фактор В                    | Fф<Fт                                  | Fф<Fт  | 5,1     | 2,1    | 3,9     | 10,1   |                    |
|                            | AB                          | 3,9                                    | 4,7    | 8,9     | 3,6    | 8,7     | 17,5   |                    |

В плакорно-равнинном агроландшафте наименьшие запасы продуктивной влаги (93,6 мм) отмечали на расстоянии 260 м от лесных насаждений. Наибольшие запасы (108,1 мм на заветренной стороне, 107,7 мм на наветренной) были отмечены

на вариантах вблизи лесополосы (до 50 м). По мере удаления от лесных полос запасы влаги снижались. Аналогичная тенденция наблюдалась и на других типах агроландшафта.

Также следует подчеркнуть, что заметное изменение запасов продуктивной влаги отслеживается с повышением крутизны склонов. В плакорно-равнинном ландшафте наблюдали наибольшие запасы влаги, которые в среднем составили 103,5 мм. В среднем на склоново-ложбинном типе агроландшафта запасы продуктивной влаги в метровом слое

были ниже на 1,4 мм или 1,4 %, а в склоново-овражном на 7,1 мм или 7,4 %.

Нами выявлена прямая корреляционная связь ( $r = 0,852$ ) между запасами воды в снеге ( $x$ , мм) и весенними запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы ( $y$ , мм), которая характеризовалась уравнением следующего вида:  $Y=0,4796x + 49,798$ , с высокой достоверностью  $R^2=0,7264$  (рис. 3).

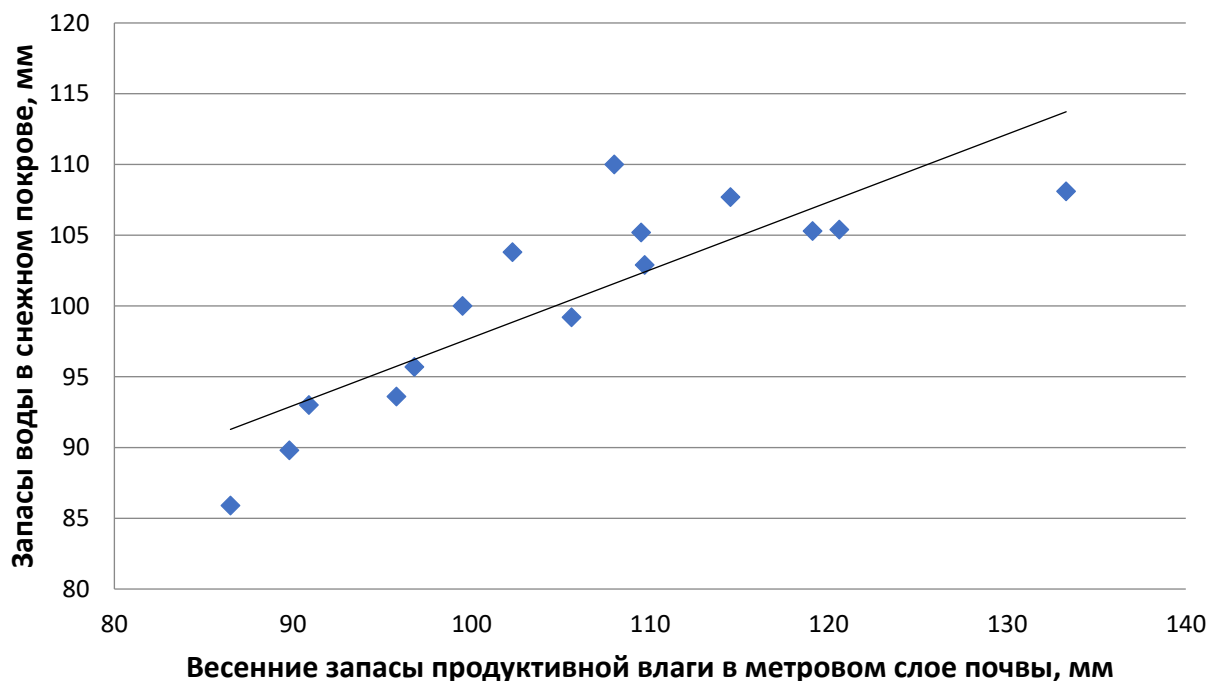


Рис. 3. Связь запасов продуктивной влаги в почве (мм) с запасами влаги в снежном покрове (мм), по данным исследований за 2022-2024 гг.

Таблица 5. Урожайность полевых культур в системе лесных полос в основных типах агроландшафта, 2022-2024 гг.

| Тип агроландшафта                | Ориентация лесной<br>полосы на земельном<br>участке | Расстояние от<br>лесной по-<br>лосы, м | Урожайность, т/га            |                                        |                                         |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                  |                                                     |                                        | Озимая<br>пшеница<br>2022 г. | Мягкая<br>яровая<br>пшеница<br>2023 г. | Твердая<br>яровая<br>пшеница<br>2024 г. |
| Плакорно-<br>равнинный<br>(0-1°) | Западная (наветрен-<br>ная)                         | 50                                     | 4,72                         | 3,61                                   | 3,44                                    |
|                                  |                                                     | 130                                    | 4,61                         | 3,34                                   | 2,42                                    |
|                                  | Центр поля                                          | 260                                    | 4,15                         | 3,13                                   | 1,93                                    |
|                                  | Восточная (заветрен-<br>ная)                        | 130                                    | 4,55                         | 3,26                                   | 2,41                                    |
|                                  |                                                     | 50                                     | 4,67                         | 3,61                                   | 2,64                                    |
| Среднее значение:                |                                                     |                                        | 4,54                         | 3,39                                   | 2,56                                    |
| Склоново-<br>ложбинный<br>(1-3°) | Западная<br>(наветренная)                           | 50                                     | 4,60                         | 3,35                                   | 2,62                                    |
|                                  |                                                     | 130                                    | 4,35                         | 3,04                                   | 2,40                                    |
|                                  | Центр поля                                          | 260                                    | 3,90                         | 2,46                                   | 1,67                                    |
|                                  | Восточная<br>(заветренная)                          | 130                                    | 4,15                         | 2,88                                   | 2,43                                    |
|                                  |                                                     | 50                                     | 4,21                         | 3,07                                   | 2,98                                    |
| Среднее значение:                |                                                     |                                        | 4,24                         | 2,96                                   | 2,42                                    |
| Склоново-<br>овражный<br>(3-5°)  | Западная<br>(наветренная)                           | 50                                     | 4,22                         | 3,13                                   | 1,82                                    |
|                                  |                                                     | 130                                    | 3,87                         | 2,66                                   | 1,79                                    |
|                                  | Центр поля                                          | 260                                    | 3,60                         | 2,37                                   | 1,49                                    |
|                                  | Восточная<br>(заветренная)                          | 130                                    | 4,01                         | 2,42                                   | 1,66                                    |
|                                  |                                                     | 50                                     | 4,15                         | 2,98                                   | 2,64                                    |
| Среднее значение:                |                                                     |                                        | 3,97                         | 2,71                                   | 1,88                                    |
| НСР <sub>05</sub>                | Фактор А                                            |                                        | 0,18                         | 0,36                                   | 0,41                                    |
|                                  | Фактор В                                            |                                        | Fф<Fт                        | 0,43                                   | 0,32                                    |
|                                  | Фактор АВ                                           |                                        | 0,31                         | 0,62                                   | 0,71                                    |

Интегральным показателем эффективности применяемых приемов является урожайность сельскохозяйственных культур. Определение урожайности сельскохозяйственных культур за все годы исследований показало, что она изменялась в зависимости от типов агроландшафта и зоны влияния лесной полосы.

В 2022 г. на плакорно-равнинном типе агроландшафта урожайность озимой пшеницы была самой высокой, достигнув 4,54 т/га. С увеличением крутизны склона наблюдается снижение урожайности: на склоново-ложбинном агроландшафте данный показатель составил 4,24 т/га, тогда как на склоново-овражном типе – 3,97 т/га.

Результаты анализа урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием лесных насаждений показывают следующие закономерности: на расстоянии 50 м от лесополосы с наветренной стороны урожайность составила 4,67 т/га, в то время, как с заветренной стороны этот показатель достиг 4,72 т/га, а к центру поля наблюдали снижение урожайности (табл. 5).

В 2023 и 2024 г.г. при выращивании яровой мягкой и яровой твердой пшеницы были обнаружены схожие тенденции.

Корреляционный анализ позволил выявить прямые связи между запасами влаги в метровом слое почвы (х, мм) и урожайностью полевых культур (у, т/га), которые характеризуются следующими уравнениями регрессии:

2022 г.:  $y = 0,0176x + 2,8215$ ,  $r = 0,599$ ;

2023 г.:  $y = 0,0298x - 0,1378$ ,  $r = 0,812$ ;

2024 г.:  $y = 0,018x - 0,9822$ ,  $r = 0,642$ .

#### Обсуждение

Зона среднего Поволжья характеризуется сложными климатическими условиями и подвержена различными природными явлениями, которые могут приводить к эрозии почв. Лесные полосы служат эффективным средством защиты почвенного покрова и предотвращения негативных последствий эрозии, что особенно важно для сохранения плодородия земель и обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства [17].

Исследования показали, что система лесных полос играет ключевую роль в создании эффективного противоэрозионного комплекса при проектировании агроландшафтов. Эта система благотворно влияет на продуктивность растений и благоприятствует увеличению урожайности на расстоянии, в 10...15 раз превышающем высоту лесополос, где располагается равномерное распределение и уплотнение снежного покрова, с максимальным накоплением запаса воды в снеге.

#### Литература

1. Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачева А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1(94). С. 4-14. doi 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14

Чтобы повысить плодородие почвы и продуктивность полевых культур в зоне среднего Поволжья, необходимо дополнительно создать защитные лесные насаждения. При выборе соотношения угодий следует применять адаптивно-ландшафтный подход. Такой подход позволит не только получать больше сельскохозяйственной продукции, но и поддерживать оптимальный уровень лесистости, а также сохранять и улучшать экологические условия произрастания сельскохозяйственных культур [18, 19].

#### Заключение

Максимальная высота снега была зафиксирована вблизи лесных полос на расстоянии до 50 метров. В плакорно-равнинном типе агроландшафта, вблизи лесных полос высота снега составила 42,9 см с заветренной стороны и 48,4 см – с наветренной стороны. В склоново-ложбинном агроландшафте эти показатели были равны 43,6 см и 40,1 см соответственно. В склоново-овражном ландшафте высота снега составила 39,5 см с наветренной стороны и 36,4 см – с заветренной стороны.

Наибольший запас продуктивной влаги в почве был зафиксирован на плакоре. В почве на расстоянии, равном 50 м, с наветренной стороны лесной полосы аккумулировалось 108,1 мм продуктивной влаги, тогда как на расстоянии 130 м этот показатель составил 105,3 мм. С заветренной стороны лесной полосы аналогичные значения на дистанциях 50 и 130 м были равны 107,7 мм и 102,9 мм соответственно. С увеличением расстояния от лесополосы до 260 м обеспеченность запасами продуктивной влагой снизилась (93,6 мм). На склоново-ложбинном и склоново-овражном типах агроландшафта также наблюдали аналогичную тенденцию, но значения влагозапасов в снежном покрове оказались ниже.

Уровень урожайности изучаемых культур имел прямую связь с запасами продуктивной влаги в почве в период схода снега ( $r = 0,599-0,812$ ). Наибольшая урожайность изучаемых культур была получена в плакорно-равнинном типе агроландшафта, а с увеличением крутизны склона до 3° и 5° она уменьшалась у озимой пшеницы соответственно на 0,30 и 0,57 т/га или 6,6 и 12,6 %, яровой мягкой пшеницы – на 0,43 и 0,68 т/га или 12,7 и 15,0 % и яровой твердой пшеницы – на 0,14 и 0,68 т/га или на 5,5 или 26,6 %. Наиболее высокие показатели урожайности полевых культур наблюдали в непосредственной близости от лесных полос. По мере приближения к центру поля урожайность постепенно снижалась.

2. Манаенков А. С., Подгаецкая П. М., Попов В. С. Влияние ползащитных лесных полос на развитие яровой пшеницы в приопушечной зоне посевов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2023. Т. 78. № 4. С. 97-106. doi: 10.55959/10.55959/msu0579-9414.5.78.4.9
3. Панов В. И. Стоково-эрозионная напряжённость на разных сельскохозяйственных угодьях и агрофонах // Научно-агрономический журнал. 2019. № 4(107). С. 12-15. doi: 10.34736/FNC.2019.107.4.003
4. Naorem A., Machiwal D., Enhancing Resilience of Dryland Agriculture Under Changing Climate: Interdisciplinary and Convergence Approaches / Springer Singapore. 2023. 716 p.
5. Рулева О. В., Семинченко Е. В. Влияние лесных полос на показатель водопотребления ярового ячменя // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 1(37). С. 69-75. doi:10.34220/issn.2222-7962/2020.1/7
6. Подлесных И. В., Зарудная Т. Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком / И. В. Подлесных, // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 24-28. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10053
7. Агроэкологические условия возделывания озимой пшеницы под защитой лесных полос / А. Н. Сарычев, Д. Е. Михальков, А. В. Вдовенко и др. // Аграрный вестник Урала. 2021. № 1(204). С. 11-20. doi: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-11-20
8. Сучков Д. К. Противоэрозионные насаждения и мероприятия на смытых и размытых почвах // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2(109). С. 56-61. doi: 10.34736/FNC.2020.109.2.009.56-61
9. Слабунова А. В., Суровикина А. П. Повышение эффективности задержания поверхностного стока // Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3. № 3. С. 34-44. doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-34-44
10. Сытин Г. О., Беляков А. М. Влияние ползащитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 323-329. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-37
11. Сарычев А. Н., Костин М. В., Плещачев Ю. Н. Влияние защитных лесных насаждений и приемов обработки почвы на агрофизические свойства каштановых почв и урожайность сельскохозяйственных культур // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 6. С. 63-70. doi 10.18698/2542-1468-2021-6-63-70
12. Установление закономерностей формирования водных потоков на склонах для обоснования проектов противоэрозионной агролесомелиорации / П. Н. Проездов, Д. В. Есков, Д. А. Маштаков и др. // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2021. № 2. С. 54-63. doi: 10.21178/2079-6080.2021.2.54
13. Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачева А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1(94). С. 4-14. doi: 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14
14. Шарипова Р. Б., Петров М. В. Оценка особенностей изменения климатических характеристик снежного покрова в Ульяновской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 3(75). С. 140-148. doi: 10.32786/2071-9485-2024-03-16
15. Петров М. В., Шарипова Р. Б. Влияние лесных полос на формирование снежного покрова в агролесоландшафтах Приволжской возвышенности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4(72). С. 223-232. doi: 10.32786/2071-9485-2023-04-23
16. Шарипова Р. Б. Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур. Самарский федеральный исследовательский центр РАН, ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2020. 137 с. ISBN 978-5-9795-2034-6.
17. Троц В. Б. Влияние ползащитных лесных полос на состояние и продуктивность агроландшафта // Аграрная Россия. 2017. № 11. С. 19-22.
18. Петров М. В. Лесомелиоративное обустройство агроландшафтов лесостепи Приволжской возвышенности. Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2023. 128 с. ISBN 978-5-9795-2343-9.
19. Факторный анализ урожайности яровой пшеницы под влиянием погоды, лесных полос и удобрений в сухостепном Заволжье / П. Н. Проездов, В. А. Тарбаев, П. В. Тарасенко и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 5(77). С. 34-45. doi: 10.32786/2071-9485-2024-05-04.

## References

1. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in the fight against drought and desertification of agricultural landscapes // Arid ecosystems. 2023. Vol. 29. No. 1 (94). P. 4-14. doi 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14
2. Manaenkov A. S., Podgaetskaya P. M., Popov V. S. The influence of forest shelterbelts on development of spring wheat in the edge zone of crops // Vestnik of Moscow University. Series 5: Geography. 2023. Vol. 78. No. 4. P. 97-106. doi: 10.55959/10.55959/msu0579-9414.5.78.4.9



3. Panov V. I. Runoff-erosion stress on different agricultural lands and agricultural backgrounds // Scientific and Agronomic Journal. 2019. No. 4(107). P. 12-15. doi: 10.34736/FNC.2019.107.4.003
4. Naorem A., Machiwal D., Enhancing Resilience of Dryland Agriculture Under Changing Climate: Interdisciplinary and Convergence Approaches / Springer Singapore. 2023. 716 p.
5. Ruleva O. V., Semichenko E. V. Influence of forest belts on water consumption indicator of spring barley // Forest Engineering Journal. 2020. Vol. 10. No. 1(37). P. 69-75. doi:10.34220/issn.2222-7962/2020.1/7
6. Podlesnykh I. V., Zarudnaya T. Ya. Assessment of the influence of anti-erosion complexes to reduce the removal of biogenic substances from agricultural landscapes with spring runoff / I. V. Podlesnykh, // Agrochemical Vestnik. 2019. No. 4. P. 24-28. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10053
7. Agroecological conditions for cultivation of winter wheat under the protection of forest belts / A. N. Sarychev, D. E. Mikhalkov, A. V. Vdovenko et al. // Agrarian Vestnik of the Urals. 2021. No. 1(204). P. 11-20. doi: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-11-20
8. Suchkov D. K. Anti-erosion plantings and measures on washed-out and eroded soils // Scientific and Agronomic Journal. 2020. No. 2(109). P. 56-61. doi: 10.34736/FNC.2020.109.2.009.56-61
9. Slabunova A. V., Surovikina A. P. Increase of the efficiency of surface runoff detention // Ecology and water management. 2021. Vol. 3. No. 3. P. 34-44. doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-34-44
10. Sytin G. O., Belyakov A. M. Influence of forest shelterbelts on productivity and grain quality of winter wheat in the chestnut soil zone of Volgograd region // News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. No. 2(70). P. 323-329. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-37
11. Sarychev A. N., Kostin M. V., Pleskachev Yu. N. Influence of protective forest plantations and soil cultivation techniques on agrophysical properties of chestnut soils and crop yields // Forestry Vestnik. 2021. Vol. 25. No. 6. P. 63-70. doi 10.18698/2542-1468-2021-6-63-70
12. Establishing patterns of water flow formation on slopes to substantiate anti-erosion agroforestry projects / P. N. Proezdov, D. V. Eskov, D. A. Mashtakov et al. // Proceedings of St. Petersburg Forestry Research Institute. 2021. No. 2. P. 54-63. doi: 10.21178/2079-6080.2021.2.54
13. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in the fight against drought and desertification of agricultural landscapes // Arid ecosystems. 2023. Vol. 29. No. 1(94). P. 4-14. doi: 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14
14. Sharipova R. B., Petrov M. V. Assessment of the features of changes in the climatic characteristics of snow cover in Ulyanovsk Region // News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. No. 3(75). P. 140-148. doi: 10.32786/2071-9485-2024-03-16
15. Petrov M. V., Sharipova R. B. Influence of forest belts on formation of snow cover in agroforest landscapes of the Volga Upland // News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. No. 4 (72). P. 223-232. doi: 10.32786/2071-9485-2023-04-23
16. Sharipova R. B. Trends in climate change and agroclimatic resources of Ulyanovsk region and their impact on yield of grain crops. // Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2020. 137 p. ISBN 978-5-9795-2034-6.
17. Trots V. B. Influence of forest shelter belts on the condition and productivity of the agrolandscape / V. B. Trots // Agrarnaya Rossiya. 2017. No. 11. P. 19-22.
18. Petrov M. V. Forest reclamation development of agrolandscapes of the forest-steppe of the Volga Upland. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2023. 128 p. ISBN 978-5-9795-2343-9.
19. Factor analysis of spring wheat yield under the influence of weather, forest belts and fertilizers in the dry-steppe Trans-Volga region / P. N. Proezdov, V. A. Tarbaev, P. V. Tarasenko et al. // News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. No. 5 (77). P. 34-45. doi: 10.32786/2071-9485-2024-05-04.