

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ «ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ» С ВЛАЖНОСТЬЮ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬЮ ЯЧМЕНЯ

А. А. Конищев<sup>1</sup>, Н. В. Перфильев<sup>2</sup>, И. И. Гарифуллин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Верхневолжский ФАНЦ, Ивановский филиал,

ул. Центральная, с. Богородское, Ивановский р-н, Ивановская обл., 2153506;

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья,

ул. Бурлаки, пос. Московский, Тюменская обл., 2625501

E-mail: aleksei.konishhev2010@yandex.ru

Поступила в редакцию 23 августа 2018 г., принята к печати 27 мая 2019 г.

Предложена методика, основанная на использовании математического аппарата, и представлены результаты ее применения для определения оптимальной плотности сложения темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы в период вегетации ярового ячменя при различных режимах увлажнения почвы. Опыты проводились в Тюменской области. В качестве характеристики режима увлажнения использовался гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова за первые четыре декады вегетации, начиная с даты посева. Методика позволяет определять величину оптимальной плотности сложения по результатам агротехнических опытов, в которых исследуется зависимость получаемой урожайности от способов основной обработки почвы. Количество сравниваемых вариантов должно быть не менее пяти. Установлено, что при увеличении гидротермического коэффициента от 0,515 до 3,736 максимальная урожайность ячменя обеспечивается при уменьшении сложения плотности почвы в слое 10–20 см с 1,340 до 1,201 г см<sup>-3</sup>. В слое 20–30 см увеличение плотности сложения выше 1,378 г см<sup>-3</sup> приводит к снижению урожайности при любом уровне увлажнения почвы. Рекомендуется поддерживать плотность сложения в слое почвы 20–30 см на уровне 1,365 г см<sup>-3</sup>. В объединенном слое 10–30 см при исследованном диапазоне значений ГТК для получения максимальной урожайности необходимо изменение плотности сложения почвы в пределах 1,395–1,233 г см<sup>-3</sup>. При всех величинах «оптимальной плотности сложения» в исследованных слоях зафиксирована постоянная величина пористости аэрации, которая составляет: для слоя 10–20 см – 27,7%, для слоя 20–30 см – 22,8%, для слоя 10–30 см – 24,9%, при этом общая пористость изменяется в пределах 4–6%. Количество вносимых удобрений не оказывает влияния на полученный характер зависимости величины «оптимальной плотности сложения» от режима увлажнения почвы.

**Ключевые слова:** плотность сложения почвы, влажность почвы, урожайность ячменя, гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, пористость аэрации.

### RELATIONSHIP OF «OPTIMUM BULK DENSITY» WITH SOIL MOISTURE AND BARLEY YIELD

A. A. Konishchev<sup>1</sup>, N. V. Perflyev<sup>2</sup>, I. I. Garifullin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agriculture Research Institute of Ivanovo, branch of FGBNU «Verkhnevolzhskaya FASC»,  
2, Tsentralnaya St., Bogorodskoye village, Ivanovskiy District, Ivanovo Region, 153506;

<sup>2</sup> Agricultural Research Institute of Northern Urals, branch of the Tyumen Scientific Center  
B RSA, 2, Burlaki St., Moskovskiy settlement, Tyumen Region, 625501

E-mail: aleksei.konishhev2010@yandex.ru

The paper proposes a technique to determine the optimal soil bulk density based on the use of mathematical apparatus, and presents the results of the technique application on dark gray forest heavy loam clay soil during the growing season for spring barley with different soil moisture content. The hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov was used as a characteristic of the soil moisture regime for the first four decades of the growing season counting from the date of sowing. The technique allowed to calculate the optimal soil bulk density value based on the results of agro-technical experiments where the effect of soil tillage practice on the barley yield was studied. The number of compared treatments should be at least 5. It has been established that with an increase in the hydrothermal coefficient from 0.515 to 3.736, the maximum barley yield is ensured with a decrease in the soil bulk density from 1.340 to 1.201 g cm<sup>-3</sup> in 10–20-cm soil layer. In 20–30-cm soil layer an increase in the soil bulk density above 1.378 g cm<sup>-3</sup> led to a decrease in barley yield at any studied soil moisture content. It was recommended to maintain the soil bulk density in the 20–30-cm layer at the level not higher than 1.365 g cm<sup>-3</sup>. At the studied range of hydrothermal coefficient values, the variation of the soil bulk density in the combined layer of 10–30 cm within 1,395–1,233 g cm<sup>-3</sup> was necessary to obtain maximum barley yield. At all values of the optimal soil bulk density in the studied soil layers, similar values of aeration porosity were measured, which was 27.7% for the 10–20-cm soil layer, 22.8% – for the 20–30-cm layer, 24.9% – for the 10–30-cm layer, while the total porosity varies within 4–6%. The relationship between the optimal soil bulk density and the soil moisture were not affected by the amount of applied fertilizer.

**Keyword:** soil density, soil moisture, barley yield, hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov, aeration porosity.

## ВВЕДЕНИЕ

Предшествующие исследования (Перфильев, Вьюшина и др., 2017; Ерёмин, 2010; Шеин, Карпачевский, 2007) показали, что зависимость получаемой урожайности от плотности сложения почвы прослеживается на протяжении всего периода вегетации. Однако данная связь математически достоверна только для слоев почвы, расположенных ниже уровня заделки семян при посеве (отдельно для слоев 10–20 и 20–30 см). Объединение слоев (например, в слой 0–30 см) или усреднение нескольких наблюдений за вегетацию приводят к значительному искажению результатов (при одном исключении). При этом математически достоверное влияние на урожайность оказывает плотность сложения почвы в указанных слоях в период «кущение – выход в трубку» возделываемой культуры. К данному периоду относится и исключение, когда плотность сложения частично объединенного слоя (10–30 см) также достоверно влияет на урожайность. Достоверное влияние прослеживается во всех шести вариантах обработки, изучавшихся в исследованиях. Причем при одинаковой плотности сложения почвы в разных вариантах зафиксирована близкая или одинаковая величина урожайности вне зависимости от инструментов, использовавшихся для создания плотности сложения почвы. Данная плотность сложения почвы является «оптимальной», т. е. ее величина не зависит от инструментов или технологий, используемых для ее создания. В остальные периоды вегетации, а также в слое почвы 0–10 см в течение всей вегетации влияние плотности сложения почвы на величину получаемой урожайности ячменя и яровой пшеницы оказалось математически недостоверным (Перфильев, Вьюшина и др., 2017).

Данная работа посвящена установлению взаимосвязи между величиной «оптимальной плотности сложения почвы» и получаемой урожайностью ячменя при различных погодных условиях, для характеристики которых используется

гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (далее – ГТК).

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследовались слои 10–20, 20–30 и 10–30 м темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы в период кущения ячменя. Подробно методика исследований и применяемые технологии обработки описаны в работах (Перфильев, Вьюшина и др., 2017; Перфильев, Вьюшина, 2016), там же представлена агрофизическая характеристика экспериментального полигона.

На основании результатов предшествующего исследования (Перфильев, Вьюшина и др., 2017) все виды обработки в фазу кущения по слоям объединялись в единый массив по каждому году исследований, то есть были получены ряды зависимостей между плотностью сложения почвы (при вспашке, безотвальном рыхлении, минимальной обработке и т. д.) и урожайностью ячменя (при соответствующей обработке) при различных величинах ГТК. При этом использовались значения ГТК за первые четыре декады вегетационного периода начиная с даты посева, поскольку погодные условия именно данного периода оказывают достоверное влияние на урожайность при различных способах обработки (Конищев, 2013). Диапазон изменения гидротермического коэффициента составлял от 0,515 до 3,736, то есть перекрывал практически весь возможный диапазон увлажнения вегетационного периода в регионе (Гилёв, Цимбаленко и др., 2015; Власенко, Шоба и др., 2014; Шарков, Колбин, 2013).

Далее проводилась аппроксимация сформированных рядов полиномом второй или третьей степени. Использование полиномов более высоких степеней (проверялись зависимости до шестой степени) приводит только к значительному усложнению дальнейших расчетов. Примеры определения величины плотности сложения почвы при максимальной урожайности представлены в табл. 1.

Таблица 1. Примеры исходных данных для определения плотности сложения почвы при максимальной урожайности

| Основная обработка почвы                     | Сухой год (ГТК = 0,515)*                     |                                 | Избыточно влажный год (ГТК = 3,736)**        |                                 |
|--|--|---------------------------------|--|---------------------------------|
|  | плотность сложения почвы, г см <sup>-3</sup> | урожайность, т га <sup>-1</sup> | плотность сложения почвы, г см <sup>-3</sup> | урожайность, т га <sup>-1</sup> |
| Вспашка на 20–22 см                          | 1,27   | 3,42                            | 1,396  | 2,64                            |
| Безотвальная обработка на 20–22 см           | 1,316  | 3,49                            | 1,487  | 2,29                            |
| Чередование вспашки и безотвальной обработки | 1,37   | 3,40                            | 1,510  | 2,19                            |
| Безотвальная обработка на 12–14 см           | 1,33   | 3,86                            | 1,503  | 2,11                            |
| Дискование на 10–12 см                       | 1,31   | 3,29                            | 1,464  | 2,37                            |
| Разноглубинная по полям севооборота          | 1,38   | 3,15                            | 1,412  | 2,62                            |

\* слой почвы 10–20 см; \*\* слой почвы 20–30 см.

Установлено, что первый ряд описывается зависимостью

$$Y_{0,515} = 233,7379X - 88,5728X^2 - 150,6388;$$

а второй –

$$Y_{3,736} = 25,2247X - 10,2322X^2 - 12,6181.$$

По полученным зависимостям находилась производная, позволяющая определить величину плотности сложения почвы, которая обеспечивает максимальную урожайность при конкретном режиме увлажнения, то есть величину «оптимальной плотности сложения почвы» (Воронова, 1989; Абрамов, 1992) при данном режиме увлажнения. Для представленных сочетаний величина плотности сложения почвы, обеспечивающей максимальную урожайность, оказалась равной  $X = 1,319$  (для ГТК = 0,515) и  $X = 1,233$  (для ГТК = 3,736). Подобные расчеты повторялись для каждого года исследований. Аналогично определялась влажность почвы, обеспечивающая максимальную урожайность. Полученные величины позволили сформировать исходные данные, представленные в табл. 2–4.

Величины «оптимальной плотности сложения почвы» повторно аппроксимировались послойно для выравнивания экспериментальных данных и получения зависимости «ГТК-оптимальная плотность сложения почвы», которая являлась искомой величиной. При этом выравнивание для пахотного слоя производилось линейной функцией, а для подпахотного – квадратичной. Выбор функций основан на результатах исследований В. В. Медведева с соавт. (2004), которые показали, что связь между плотностью сложения почвы и формами влаги в пахотных слоях имеет линейную

зависимость, а в переходных горизонтах – полиномиальную зависимость.

Полученная зависимость характеризует изменение величины оптимальной плотности сложения почвы, обеспечивающей максимальную урожайность ячменя на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве, в соответствии с увлажнением вегетационного периода.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты представлены в табл. 2–4 и на рис. 1. Для всех изученных слоев получены закономерные результаты, согласно которым с увеличением увлажнения почвы максимальная урожайность культуры обеспечивается при оптимальной величине пористости аэрации, то есть по мере увеличения увлажнения почвы плотность ее сложения должна уменьшаться. В описываемом опыте в слое почвы 10–20 см при увеличении ГТК от 0,515 до 3,736 максимальная урожайность зафиксирована при увеличении общей пористости с 48 до 54% (табл. 2).

Экспериментальная плотность сложения почвы при максимальной урожайности при этом уменьшалась от 1,349 до 1,185 г см<sup>-3</sup> (на 13,8%) (зависимость 1 на рис. 1), а модельная плотность сложения почвы изменялась от 1,360 до 1,196 г см<sup>-3</sup> (на 13,7%). Пористость аэрации при всех режимах увлажнения оставалась практически одинаковой (около 27%). Это свидетельствует о том, что полученная при соответствующем режиме увлажнения урожайность является действительно максимально возможной. Полученная модель достоверна как по критерию Стьюдента, так и по критерию Фишера.

Таблица 2. Параметры сложения слоя 10–20 см, обеспечивающие максимальную продуктивность ячменя при различных режимах увлажнения

| ГТК   | Плотность сложения почвы при максимальной урожайности, г см <sup>-3</sup> |         | Общая* пористость, % |         | Влажность при максимальной урожайности, % |         |          |         | Пористость аэрации, % |         |
|-------|---|---------|----------------------|---------|---|---------|----------|---------|-----------------------|---------|
|       | экспер.   | расчет. | экспер.              | расчет. | весовая                                   |         | объемная |         | экспер.               | расчет. |
|       |   |         |                      |         | экспер.                                   | расчет. | экспер.  | расчет. |                       |         |
| 0,515 | 1,319   | 1,340   | 49,66                | 48,85   | 15,55                                     | 15,14   | 20,98    | 20,59   | 28,68                 | 28,26   |
| 1,430 | 1,374   | 1,301   | 47,56                | 50,34   | 15,65                                     | 17,22   | 21,50    | 22,61   | 26,06                 | 27,73   |
| 1,501 | 1,330   | 1,298   | 49,24                | 50,46   | 14,60                                     | 17,38   | 19,42    | 22,77   | 29,82                 | 27,69   |
| 1,536 | 1,229   | 1,296   | 53,09                | 50,53   | 18,24                                     | 17,46   | 22,42    | 22,84   | 30,67                 | 27,69   |
| 1,648 | 1,259   | 1,291   | 50,50                | 50,72   | 21,13                                     | 17,72   | 27,41    | 23,07   | 22,09                 | 27,65   |
| 2,374 | 1,290   | 1,260   | 50,69                | 51,91   | 19,12                                     | 19,36   | 24,70    | 24,51   | 25,99                 | 27,40   |
| 3,736 | 1,185   | 1,201   | 54,77                | 54,16   | 22,45                                     | 22,46   | 26,60    | 26,86   | 28,17                 | 27,30   |
| Сред. | 1,284   | 1,284   | 50,79                | 50,99   | 18,11                                     | 18,11   | 23,29    | 23,32   | 27,35                 | 27,67   |

\* Плотность твердой фазы почвы в слое 10–20 см – 2,62 г см<sup>-3</sup>

Средняя глубина пахотного горизонта слоя подпахотным, на экспериментальном полигоне почвы 20–30 см, который частично является составляла 24–25 см. При максимальной глубине

обработки 22–24 см получен результат, отличающийся по характеру от того, который получен для верхнего слоя. При увеличении увлажнения почвы максимальная урожайность зафиксирована при уменьшении экспериментальной плотности сложения почвы от 1,349

до 1,233 г см<sup>-3</sup> (на 8,6%) и расчетной — от 1,355 до 1,230 г см<sup>-3</sup> (на 9,2%). Пористость аэрации при этом незначительно колеблется при среднем значении ГТК (22,85%) (табл. 3).

Таблица 3. Параметры сложения слоя 20–30 см, обеспечивающие максимальную продуктивность ячменя при различных режимах увлажнения

| ГТК    | Плотность сложения почвы при максимальной урожайности, г см <sup>-3</sup> |         | Общая* пористость, % |         | Влажность при максимальной урожайности, % |         |          |         | Пористость аэрации, % |         |
|--------|---|---------|----------------------|---------|---|---------|----------|---------|-----------------------|---------|
|        |   |         |                      |         | весовая                                   |         | объемная |         |                       |         |
|        | экспер.   | расчет. | экспер.              | расчет. | экспер.                                   | расчет. | экспер.  | расчет. | экспер.               | расчет. |
| 0,515  | 1,349   | 1,355   | 49,09                | 48,87   | 16,59                                     | 16,50   | 22,38    | 23,00   | 26,71                 | 25,87   |
| 1,430  | 1,361   | 1,378   | 48,64                | 48,00   | 15,21                                     | 18,52   | 20,70    | 25,36   | 27,94                 | 22,64   |
| 1,501  | 1,411   | 1,378   | 46,75                | 48,00   | 16,80                                     | 18,68   | 23,70    | 25,52   | 23,05                 | 22,48   |
| 1,536  | 1,417   | 1,378   | 46,53                | 48,00   | 18,50                                     | 18,75   | 26,21    | 25,59   | 20,32                 | 22,41   |
| 1,648  | 1,333   | 1,377   | 49,70                | 48,04   | 21,17                                     | 19,00   | 28,22    | 25,88   | 21,48                 | 22,16   |
| 2,374  | 1,345   | 1,353   | 49,24                | 48,94   | 26,21                                     | 20,58   | 35,25    | 27,58   | 13,99                 | 21,36   |
| 3,736  | 1,233   | 1,230   | 53,47                | 53,58   | 21,13                                     | 23,50   | 27,05    | 30,57   | 26,42                 | 23,01   |
| Средн. | 1,350   | 1,350   | 49,06                | 49,06   | 19,37                                     | 19,36   | 26,21    | 26,21   | 22,84                 | 22,85   |

\* Плотность твердой фазы почвы в слое 20–30 см – 2,65 г см<sup>-3</sup>

Отличие от слоя 10–20 см заключается в характере зависимости ГТК от «оптимальной плотности сложения почвы» (рис. 1, зависимость 2). Линейная зависимость для данного слоя оказалась недостоверной. При недостаточном увлажнении почвы в слое 20–30 см максимальная урожайность обеспечивается при уменьшении ее плотности сложения (что, очевидно, облегчает проникновение корней растений в более глубокие слои почвы в поисках влаги). Затем следует участок с практически одинаковой плотностью сложения почв, обеспечивающей максимальную урожайность в диапазоне ГТК 1,25–1,65. Далее наблюдается значительное снижение величины оптимальной плотности сложения почв по мере увлажнения почвы.

С учетом того, что обработки практически не оказывают влияния на плотность сложения почвы в слое 20–30 см и что значительное переувлажнение почвы в регионе наблюдается достаточно редко, для слоя 20–30 см темно-серой тяжелосуглинистой почвы рекомендуется считать оптимальной плотность сложения почвы равную 1,365 г см<sup>-3</sup>. Данная величина плотности сложения почвы определена в предыдущем исследовании без учета режимов увлажнения почвы [1]. Данные, представленные в настоящей работе, свидетельствуют о том, что указанная плотность сложения почвы будет обеспечивать высокую урожайность в диапазоне увлажнения ГТК = 0,75–2,11. При большем и меньшем увлажнении урожайность ячменя при данной плотности сложения почвы будет снижаться.

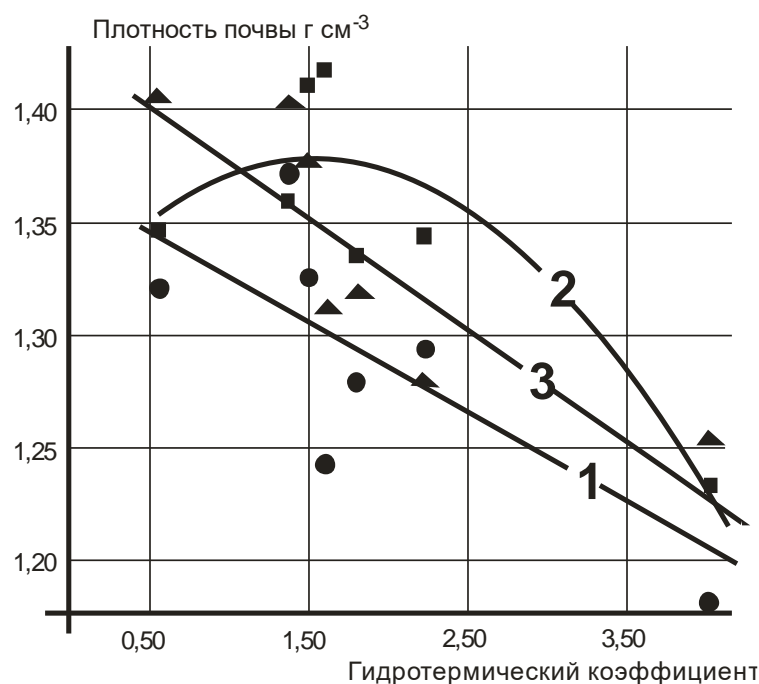


Рис. 1. Зависимость оптимальной плотности сложения почвы от гидротермических условий вегетационного периода:

- 1. для слоя 10–20 см:  $Y = 1,3626 - 0,0433X$ ;  $R^2 = 0,455$ ;
  - 2. для слоя 20–30 см:  $Y = 0,0799X - 0,0279X^2 + 1,3208$ ;  $R^2 = 0,778$ ;
  - 3. для слоя 10–30 см:  $Y = 1,4213 - 0,0503X$ ;  $R^2 = 0,691$ ;
- X – значения ГТК; Y – величина оптимальной плотности сложения почвы

Результаты, полученные для объединенного слоя 10–20 см. При увеличении увлажнения плотность сложения почвы уменьшается от 1,403 до 1,255 г см<sup>-3</sup> (на 11,8%) по экспериментальным данным и от 1,395 до 1,233 г см<sup>-3</sup> по модельным данным (на 13,1%). Пористость аэрации при этом немногим меньше 25%.

Таблица 4. Параметры сложения слоя 10–30 см, обеспечивающие максимальную продуктивность ячменя при различных режимах увлажнения

| ГТК    | Плотность сложения почвы при максимальной урожайности, г см <sup>-3</sup> |         | Общая* пористость, % |         | Влажность при максимальной урожайности, % |         |          |         | Пористость аэрации, % |         |
|--------|---|---------|----------------------|---------|---|---------|----------|---------|-----------------------|---------|
|        | экспер.   | расчет. | экспер.              | расчет. | весовая                                   |         | объемная |         | экспер.               | расчет. |
|        |   |         |                      |         | экспер.                                   | расчет. | экспер.  | расчет. |                       |         |
| 0,515  | 1,403   | 1,395   | 46,75                | 47,06   | 15,80                                     | 16,40   | 22,17    | 22,88   | 24,58                 | 24,18   |
| 1,430  | 1,401   | 1,349   | 46,83                | 48,80   | 16,05                                     | 17,75   | 22,49    | 23,94   | 24,34                 | 24,86   |
| 1,501  | 1,364   | 1,346   | 48,23                | 48,92   | 16,37                                     | 17,89   | 22,33    | 24,08   | 25,90                 | 24,84   |
| 1,536  | 1,309   | 1,344   | 50,32                | 48,99   | 18,34                                     | 17,96   | 24,01    | 24,14   | 26,31                 | 24,85   |
| 1,648  | 1,311   | 1,338   | 50,25                | 49,22   | 21,04                                     | 18,18   | 27,58    | 24,32   | 22,67                 | 24,90   |
| 2,374  | 1,265   | 1,284   | 51,99                | 50,59   | 20,41                                     | 19,60   | 25,82    | 25,52   | 26,17                 | 25,07   |
| 3,736  | 1,255   | 1,233   | 52,37                | 53,21   | 21,61                                     | 22,25   | 27,12    | 27,43   | 25,25                 | 25,78   |
| Средн. | 1,330   | 1,330   | 49,53                | 49,54   | 18,52                                     | 18,58   | 24,50    | 24,53   | 25,03                 | 24,93   |

\* Плотность твердой фазы  $(2,62 + 2,65)/2 = 2,635$  г см<sup>-3</sup>

В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что при недостатке влаги максимальную урожайность обеспечивают минимизированные обработки, способствующие повышению плотности сложения почвы и приближению ее величины к оптимальной. При среднемноголетнем увлажнении величина плотности сложения почвы, обеспечиваемой вспашкой, близка к «оптимальной плотности сложения почвы». При избыточном увлажнении все обработки приводят к тому, что реальная плотность сложения почвы значительно превышает величину оптимальной. Поэтому при избыточном увлажнении снижение урожайности является неизбежным. Исправить данную ситуацию при помощи внесения удобрений невозможно, что хорошо иллюстрирует график на рис. 2. Как с удобрениями или без них при низком увлажнении почвы максимальную урожайность обеспечивают минимизированные обработки, а при повышенном увлажнении — более интенсивные (на рис. 2 – вспашка). При дальнейшем повышении увлажнения урожайность ячменя значительно снижается.

### ВЫВОДЫ

Полученные результаты показывают, что между плотностью сложения почвы, урожайностью ячменя и режимом выпадения осадков существует достоверная зависимость. Зависимость между ГТК и «оптимальной плотностью сложения почвы» в слоях 10–20 и 10–30 м описывается линейной функцией, в слое 20–30 см – квадратичной. При увеличении гидротермического коэффициента от 0,515 до 3,736 максимальная урожайность ячменя обеспечивается при уменьшении плотности сложения почвы в слое 10–20 см от 1,340 до 1,201 г см<sup>-3</sup>. Увеличение плотности сложения почвы выше 1,378 г см<sup>-3</sup> в слое 20–30 см приводит к снижению урожайности при любом режиме увлажнения почвы. В объединенном слое 10–30 см при исследованном диапазоне значений ГТК для получения максимальной урожайности необходимо изменение плотности сложения почвы в пределах 1,395–1,233 г см<sup>-3</sup>.

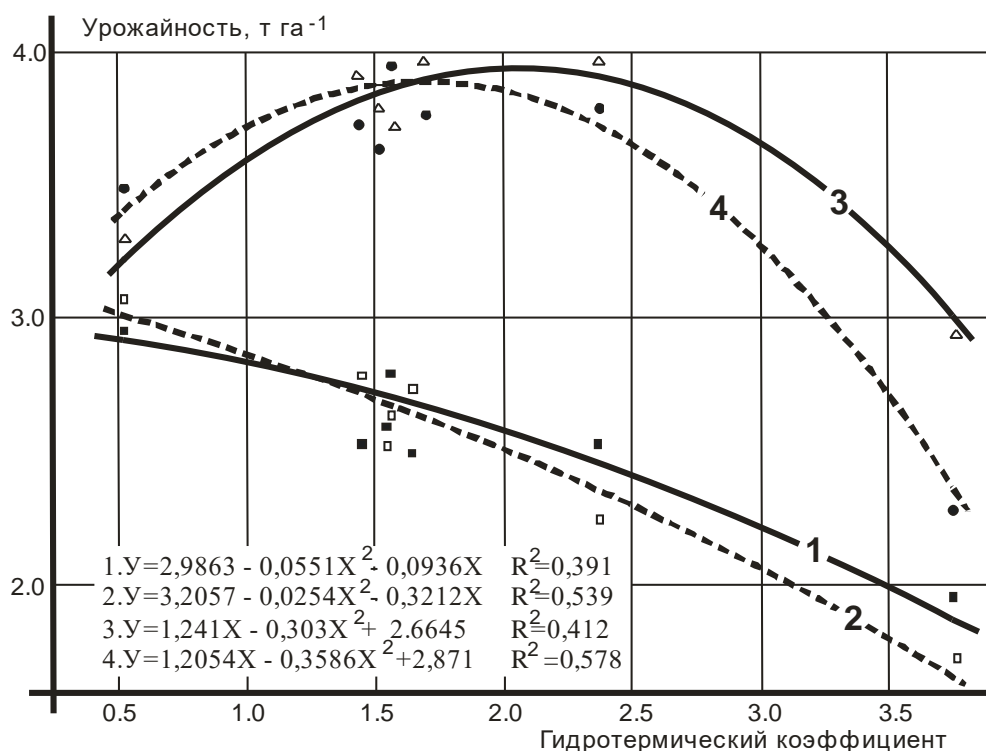


Рис. 2. Зависимость урожайности ячменя от гидротермического коэффициента вегетационного периода при различных технологиях обработки темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы (1 – вспашка на 22–24 см без удобрений; 2 – безотвальное рыхление агрегатом «Смарагд» на 12–14 см без удобрений; 3 – вспашка с удобрениями N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>60</sub>; 4 – безотвальное рыхление с удобрениями N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>60</sub>)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамов Н. В. Совершенствование основных элементов систем земледелия в лесостепи Западной Сибири. Автореф. дисс. доктора с.-х. наук. Омск, 1992. 32 с.
- Власенко А. Н., Шоба В. Н., Шарков И. Н., Йодко Л. Н. Продуктивность яровой пшеницы по пару при различных технологиях в лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2014. № 5. С. 26–28.
- Воронова Н. Т. Параметры плодородия тёмно-серых лесных почв Северного Зауралья // *Сибирский вестник с.-х. науки*. 1989. № 2. С. 26–31.
- Гилёв С. Д., Цимбаленко И. Н., Курлов А. П., Бастрыкина О. С. Водный режим выщелоченного чернозёма и водопотребление зерновых культур в центральной лесостепной зоне Зауралья // *Аграрный вестник Урала*. 2015. № 5. С. 6–9.
- Ерёмин Д. И. Агрогенные изменения водно-физических свойств чернозёмов выщелоченных восточной окраины Зауральского плато // *Известия Санкт-Петербургского аграрного университета*. 2010. № 18. С. 72–76.
- Конищев А. А. Обработка почвы: вчера, сегодня, завтра. Иваново: Издательство ФГОУ ВПО «Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева», 2013. 127 с.
- Медведев В. В., Линдина Т. Е., Лактионова Т. Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Изд. «13 типография», 2004. 244 с.
- Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Параметры темно-серой лесной почвы при длительном применении различных систем основной обработки // *Земледелие*. 2016. № 2. С. 23–25.
- Перфильев Н. В., Вьюшина О. А., Конищев А. А., Гарфуллин И. И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур // *Агрофизика*. 2017. № 4. С. 16–24.
- Теории и методы физики почв. Монография / Под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского М., 2007. 616 с.
- Шарков И. Н., Колбин С. А. Связь показателей погоды с урожайностью яровой пшеницы в центральной лесостепи Приобья // *Аграрная наука – с.-х. производству Монголии, Сибирского региона, Казахстана и Болгарии*. Сб. научн. докл. 16-й международной научно-практ. конф. Улан-Батор: тип. МГАУ, 2013. Ч. 1. С. 191–192.

## REFERENCES

- Abramov N. V. *Sovershenstvovanie osnovnykh ehlementov sistem zemledeliya v lesostepi Zapadnoj Sibiri*. Avtoref. diss. doktora s.-h. nauk [Improvement of the main elements of farming systems in the forest-steppe of Western Siberia. Abstract diss. dokt. agric. sci.]. Omsk, 1992. 32 p.
- Eryomin D. I. Agrogennye izmeneniya vodno-fizicheskikh svojstv chernozyomov vyshchelochennykh vostochnoj okrainy Zaural'skogo plato [Agrogenic changes in water-physical properties of leached chernozems of the Eastern edge of the TRANS-Ural plateau] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo agrarnogo universiteta*, 2010, no. 18, pp. 72–76.
- Gilev S. D., Cimbalko I. N., Kurlov A. P., Bastykina O. S. Vodnyj rezhim vyshchelochennogo chernozyoma i vodopotreblenie zernovykh kul'tur v central'noj lesostepnoj zone Zaural'ya [Water regime of leached Chernozem and water consumption of grain crops in the Central forest-steppe zone of TRANS-Urals] // *Agrarnyj vestnik Urala*, 2015, no. 5, pp. 6–9.
- Konishchev A. A. *Obrabotka pochvy: vchera, segodnya, zavtra* [Tillage: yesterday, today, tomorrow]. Ivanovo: Publishing FGOU VPO «Ivanovskaya GSKHA im. akademika D. K. Belyaeva», 2013. 127 p.
- Medvedev V. V., Lyndina T. E., Laktionova T. N. *Plotnost' slozheniya pochv (geneticheskij, ehkologicheskij i agronomicheskij aspekty)* [Soil density (genetic, ecological and agronomic aspects)]. Har'kov: Publishing «13 tipografiya», 2004. 244 p.
- Perfilyev N. V., V'yushina O. A., Konishchev A. A., Garfullin I. I. Issledovanie vzaimosvyazi «optimal'noj plotnosti» pochvy s urozhajnost'yu zernovykh kul'tur [Study of the relationship of the "optimal density" of the soil with the yield of grain crops] // *Agrofizika*, 2017, no. 4, pp. 16–24.
- Perfilyev N. V., V'yushina O. A. Parametry temno-seroj lesnoj pochvy pri dlitel'nom primenenii razlichnykh sistem osnovnoj obrabotki [Parameters of dark-gray forest soil with long-term use of various primary treatment systems] // *Zemledelie*, 2016, no. 2, pp. 23–25.
- Sharkov I. N., Kolbin S. A. Svyaz' pokazatelej pogody s urozhajnost'yu yarovoj pshenicy v central'noj lesostepi Priob'ya [Relationship of weather indicators with the yield of spring wheat in the Central forest-steppe of the Ob]. *Agrarnaya nauka – s.-h. proizvodstvu Mongolii, Sibirskogo regiona, Kazakhstana i Bolgarii*. Sb. nauchn. dokl. 16 mezhdunarodnoj nauchno-prakt. konf. Ulan-Bator: Publishing MGAU, 2013. Part 1. pp. 191–192.
- Teorii i metody fiziki pochv* [Theories and methods of soil physics]. Monografiya / Pod red. E. V. Sheina i L. O. Karpachevskogo. 2007. 616 p.
- Vlasenko A. N., Shoba V. N., Sharkov I. N., Jodko L. N. Produktivnost' yarovoj pshenicy po paru pri razlichnykh tekhnologiyah v lesostepi Zapadnoj Sibiri [Productivity of spring wheat on steam at various technologies in forest-steppe of Western Siberia] // *Zemledelie*, 2014, no. 5, pp. 26–28.
- Voronova N. T. Parametry plodorodiya tyomno-seryh lesnyh pochv Severnogo Zaural'ya [Parameters of fertility of dark gray forest soils of the Northern Urals] // *Sibirskij vestnik s.-h. nauki*, 1989, no. 2, pp. 26–31.