

## УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ИХ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ В СВЕТЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

**Ю.И. ВАСИЛЬЕВ,**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
заведующий сектором защиты почв от дефляции,  
**Т.В. ВОЛОШЕНКОВА,**  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник,  
**И.С. СЕРГЕЕВА,**  
аспирант,  
**Всероссийский НИИ агролесомелиорации**

**Ключевые слова:** озимые зерновые культуры, урожайность, осадки, запасы влаги в почве, уравнения связи.

В условиях, когда значительная часть населения планеты испытывает недостаток в продуктах питания, сельское хозяйство становится важнейшей отраслью экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность растущего населения страны. Однако оно же оказывается и наиболее уязвимым в свете современных естественных и социальных метаморфоз [1], одной из которых является глобальное изменение климата.

Динамичность климатических параметров, затрагивающая агросферу, в основном через трансформацию увлажнения и температурного режима, неизбежно повлечет за собой изменение продуктивности агроценозов, сложившихся на данной территории. В связи с этим проблема адаптационных возможностей сельского хозяйства, прогноза продуктивности агроценозов в нестабильных климатических условиях является весьма актуальной.

### Цель и методика исследований

На данном этапе нами была поставлена задача получить математические зависимости урожайности озимых зерновых культур от условий увлажнения в засушливых регионах юго-востока Европейской территории Российской Федерации.

Для анализа использовались материалы экспериментальных исследований Т.В. Волошенко, проводившихся ранее на базе ОАО «Спаское» Благодарненского района Ставропольского края. Изучалась связь урожайности озимой пшеницы с количеством осадков, выпадающих в различные периоды вегетации, и запасами продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см [2]. Почвы объектов – каштановые поверхностно-мицелярно-карбонатные слабогумусированные (содержание гумуса – 1,96%).

Кроме того, были привлечены экспериментальные данные И.С. Сергеевой по ОПХ «Качалино» Волгоградской



400062, г. Волгоград,  
Университетский пр., 97,  
а/я 2153, ГНУ ВНИАЛМИ;  
тел. 8 (8442) 46-25-67,  
e-mail: vnialmi@avtfg.ru

области. Почвы объектов – светло-каштановые комплексные с содержанием гумуса 2,3-2,5%.

Для сравнительного анализа из литературных источников были подобраны сопряженные ряды данных по урожайности озимой пшеницы, количеству осадков и запасам влаги для каштановых (Ставропольский край, Прикумская ОСС [3]) и светло-каштановых почв (Волгоградская область, НВ НИИСХ [4-6]).

Материалы исследований были обработаны на ЭВМ с использованием стандартного пакета статистических программ Excel производства США. Поскольку пакет оперирует с логарифмическим представлением данных, точность связей изучаемых факторов оценивалась величиной коэффициента множественной корреляции R.

### Результаты исследований

Корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных и литературных материалов позволил получить комплекс математических выражений, описывающих зависимость урожайности озимых зерновых культур от количества осадков как за всю вегетацию, так и за отдельные ее периоды (табл. 1). Как видим, она вполне адекватно описывается уравнением логарифмической кривой вида  $Y=A \cdot \ln(X)+B$  в диапазоне исследуемых величин. Степень связи изучаемых параметров – от умеренной до заметной (по шкале Чеддока). Коэффициент R варьирует в пределах 0,445-0,716.

Урожайность озимой пшеницы наиболее сильно зависит от осадков сентября – июня, то есть практически всего вегетационного периода ( $R=0,445-0,657$ ). Связь с осадками теплового периода года (май – июнь, фазы колошения и налива зерна) несколько сла-

Таблица 1

Связь урожайности озимых зерновых культур (Y, ц/га)  
с количеством осадков (X, мм)

| Регион, почвы  | Период учета осадков | Предшественник | Уравнение связи               | R     | Источник данных                          |
|--|----------------------|----------------|-------------------------------|-------|--|
| Озимая пшеница                                       |                      |                |                               |       |  |
| Ставропольский край, ОАО «Спаское», каштановые       | сентябрь – июнь      | пар            | $Y = -30,878 \ln(X) + 210,88$ | 0,445 | Т.В. Волошенко, экспериментальные данные |
|  |                      | непаровой      | $Y = 33,021 \ln(X) - 181,69$  | 0,562 |  |
|  | май – июнь           | пар            | $Y = -44,146 \ln(X) + 243,83$ | 0,445 |  |
|  |                      | непаровой      | $Y = 47,211 \ln(X) - 216,92$  | 0,562 |  |
| Ставропольский край, Прикумская ОСС, каштановые      | сентябрь – июнь      | –              | $Y = -46,532 \ln(X) + 300,68$ | 0,657 | Н.И. Федотова, Н.Л. Павленко [3]         |
|  | май – июнь           | –              | $Y = -21,72 \ln(X) + 137,25$  | 0,641 |  |
| Волгоградская область, НВ НИИСХ, светло-каштановые   | май – июнь           | –              | $Y = 6,3112 \ln(X) - 4,368$   | 0,468 | В.М. Кононов, А.Н. Ляхов и др. [4]       |
| Волгоградская область, ОПХ «Камышинское», каштановые | май – июнь           | пар            | $Y = 11,653 \ln(X) - 18,00$   | 0,716 | В.М. Кононов, В.Н. Рассадников и др. [5] |

**Winter cereals, yeild capacity, precipitations, moisture stock in soil, equations of connection.**

бее, хотя и не намного. Что касается озимой ржи, то связь ее с осадками мая – июня заметная ( $R=0,716$ ).

Более подробный анализ экспериментальных материалов по ОАО «Спасское» Ставропольского края показал, что характер связи урожая с осадками изменяется в зависимости от того, по какому предшественнику возделывалась озимая пшеница (табл. 1). Если по непаровому предшественнику (то есть в исходно неблагоприятных условиях увлажнения) урожай зерна с увеличением количества осадков во всех случаях возрастал, то на паровых полях он, наоборот, даже несколько уменьшался. Объяснить этот факт можно тем, что за счет дополнительного накопления и сохранения влаги парами на них создаются условия так называемого избыточного увлажнения. Недостаточный уровень плодородия каштановых почв не позволяет растениям использовать всю влагу на формирование урожая, в результате часть ее расходуется непроизводительно – на физическое испарение, – и с ростом количества осадков продуктивность озимой пшеницы не увеличивается. Из этого факта следует практический вывод о том, что для повышения продуктивности сельхозкультур улучшение их влагообеспеченности должно сопровождаться оптимизацией пищевого режима растений.

Нужно отметить, что процессы глобального изменения климата повлияют не только на количество осадков как таковое, но через них – и на условия увлажнения почвы. Для озимых культур весьма важно, сколько доступной влаги накопилось в почве на момент осеннего сева, а также возобновления вегетации в весенний период (табл. 2, рис. 1).

Как видим, с увеличением запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см урожайность озимых зерновых культур во всех случаях возрастает. Теснота связи исследуемых параметров – от умеренной до высокой (коэффициент  $R$  варьирует от 0,445 до 0,832). При этом зависимость урожая озимой пшеницы от осенних запасов влаги заметно выше, чем от весенних (табл. 2).

Графическое представление полученных связей (рис. 1) наглядно свидетельствует о том, что при одном и том же увеличении запасов влаги почвы с повышенным содержанием гумуса (Прикумская ОСС, каштановые почвы) обеспечивают существенно больший прирост урожайности, чем более бедные каштановые мицелярно-карбонатные и светло-каштановые почвы.

Дополнительно нами была рассмотрена связь урожайности озимых зерновых культур с суммарными запасами влаги (запасами продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см осенью в период сева + осадки сентября – июня и запасами влаги весной + осадки мая – июня) (табл. 3, рис. 2).

Как и в предыдущем случае, с рос-

том суммарных запасов влаги урожайность озимой пшеницы и озимой ржи

увеличивается, особенно на более плодородных почвах. Теснота связи изуча-

Таблица 2  
Связь урожайности озимых зерновых культур ( $Y$ , ц/га) с запасами продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см ( $X$ , мм)

| Регион, почвы  | Период учета влагозапасов | Уравнение связи         | R     | Источник данных                            |
|--|---------------------------|-------------------------|-------|--|
| Озимая пшеница   |                           |                         |       |  |
| Ставропольский край, ОАО «Спасское»*, каштановые         | осень                     | $Y=6,9553\ln(X)-8,22$   | 0,794 | Т.В. Волошенкова, экспериментальные данные |
|  | весна                     | $Y=29,068\ln(X)-111,61$ | 0,445 |  |
| Ставропольский край, Прикумская ОСС, каштановые          | осень                     | $Y=12,121\ln(X)-17,18$  | 0,832 | Н.И. Федотова, Н.Л. Павленко [3]           |
|  | весна                     | $Y=20,95\ln(X)-64,18$   | 0,811 |  |
| Волгоградская область, ОПХ «Качалино», светло-каштановые | весна                     | $Y=16,139\ln(X)-49,92$  | 0,685 | И.С. Сергеева, экспериментальные данные    |
| Волгоградская область, НВ НИИСХ, светло-каштановые       | весна                     | $Y=16,406\ln(X)-55,64$  | 0,674 | В.М. Кононов, А.Н. Ляхов и др.[4]          |
| Волгоградская область, НВ НИИСХ, светло-каштановые       | весна                     | $Y=13,29\ln(X)-42,81$   | 0,724 | В.Н. Рассадников [6]                       |

\* Данные по открытому полю (50Н от наветренной лесной полосы).

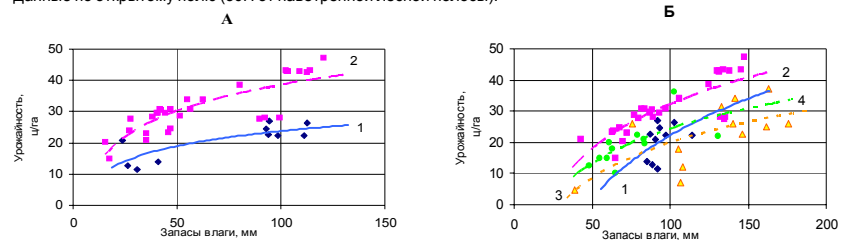


Рисунок 1. Связь урожайности озимой пшеницы с запасами продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см осенью (А) и весной (Б): 1 – ОАО «Спасское»; 2 – Прикумская ОСС; 3 – НВ НИИСХ; 4 – ОПХ «Качалино»

Таблица 3  
Связь урожайности озимой пшеницы ( $Y$ , ц/га) с суммарными запасами влаги ( $X$ , мм)

| Регион, почвы  | Период учета влагозапасов      | Уравнение связи         | R     | Источник данных                            |
|--|--------------------------------|-------------------------|-------|--|
| Озимая пшеница   |                                |                         |       |  |
| Ставропольский край, ОАО «Спасское»**, каштановые        | осень + осадки сентября – июня | $Y=42,178\ln(X)-240,36$ | 0,799 | Т.В. Волошенкова, экспериментальные данные |
|  | весна + осадки мая – июня      | $Y=45,298\ln(X)-227,21$ | 0,454 |  |
| Волгоградская область, ОПХ «Качалино», каштановые        | весна + осадки мая – июня      | $Y=39,805(X)-184,35$    | 0,620 | И.С. Сергеева, экспериментальные данные    |
| Ставропольский край, Прикумская ОСС, каштановые          | осень + осадки сентября – июня | $Y=52,905\ln(X)-284,42$ | 0,241 | Н.И. Федотова, Н.Л. Павленко [3]           |
|  | весна + осадки мая – июня      | $Y=39,859\ln(X)-186,08$ | 0,346 |  |
| Волгоградская область, НВ НИИСХ, светло-каштановые       | весна + осадки мая – июня      | $Y=14,675\ln(X)-54,867$ | 0,679 | В.М. Кононов и др.[4]                      |
| Озимая рожь  |                                |                         |       |  |
| Волгоградская область, ОПХ «Качалино», светло-каштановые | весна + осадки мая – июня      | $Y=11,362(X)-50,56$     | 0,815 | И.С. Сергеева, экспериментальные данные    |

емых параметров колеблется в основном от умеренной до высокой по шкале Чеддока (коэффициент множественной корреляции  $R$  варьирует в пределах 0,454-0,815). Встречающиеся низкие коэффициенты корреляции ( $R < 0,4$ ) объяс-

няются не отсутствием связи параметров (графически она просматривается достаточно четко), а недостаточным разбросом значений  $X$  или отсутствием точек в диапазоне минимальных и максимальных значений  $X$ . Мы сочли воз-

можным привести эти данные, так как они дают сходные результаты с исследованиями других авторов (табл. 3).

#### Выводы

Полученный комплекс математических выражений может быть использован для прогноза продуктивности озимой пшеницы и озимой ржи при том или ином сценарии трансформации климата. Аналогичные исследования необходимо провести и для других культур. Если мы будем располагать такими зависимостями для всех сельскохозяйственных культур, это позволит своевременно внести необходимые коррективы в агротехнику или в целом в специализацию растениеводства для того, чтобы максимально использовать положительные стороны гумидизации климата или сивелировать отрицательные последствия его аридизации.

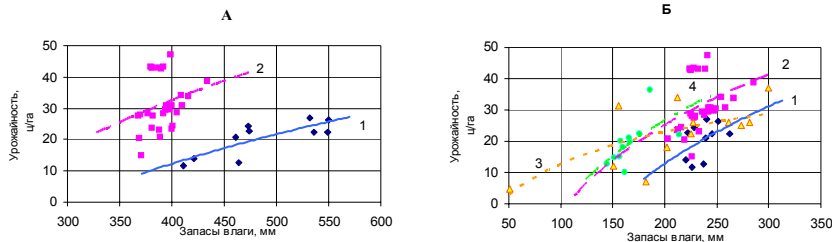


Рисунок 2. Связь урожайности озимой пшеницы с суммарными запасами влаги

(А – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см осенью + осадки сентября – июня; Б – запасы влаги весной + осадки мая – июня): 1 – ОАО «Спасское»; 2 – Прикумская ОСС; 3 – НВ НИИСХ; 4 – ОПХ «Качалино»

#### Литература

1. Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере / под ред. акад. РАСХН А. Л. Иванова. М., 2004. 332 с.
2. Волошенкова Т. В. Эколого-мелиоративная роль лесных полос и почвозащитных агроприемов в засушливых регионах юга Российской Федерации // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий : сб. науч. тр. / под общ. ред. Ю. А. Можайского. Рязань : Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. Вып. 3. С. 277-282.
3. Федотова Н. И., Павленко Н. Л. Влияние предшественников на влагообеспеченность и урожай озимой пшеницы в засушливой зоне Ставрополья : тр. ин-та. М. : Россельхозиздат, 1971. Вып. 14. С. 35-43.
4. Кононов В. М., Ляхов А. Н., Богданенко Е. М., Каракулова Е. А., Рассадников В. Н. Погодные условия за май – июнь и урожайность зерновых культур в Волгоградской области : м-лы Всерос. науч.-практ. конф. «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия для засушливых условий Нижнего Поволжья», 14-17 июня 2005 г. ; сб. науч. тр. / отв. ред. Ю. Н. Плещачев. Волгоград : НВ НИИСХ, 2005. С. 243-251.
5. Кононов В. М., Рассадников В. Н., Каракулова Е. А., Богданенко Е. М. Эффективность использования пашни и особенности системы земледелия в степных и полупустынных регионах : м-лы Всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные инновационные разработки по оптимизации агроландшафтов в условиях рыночных отношений», 2-4 июня 2004 г. ; сб. науч. тр. / отв. ред. Ю. Н. Плещачев. Волгоград : НВ НИИСХ, 2004. С. 165-176.
6. Рассадников В. Н. Структура биологизированных севооборотов // Адаптивные системы и природоохранные технологии производства сельскохозяйственной продукции в аридных районах Волго-Донской провинции / ред. А. А. Жилкин и др. М. : Современные тетради, 2001. С. 434-441.