

УДК 551.5:633.491(476)

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ
ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И
ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ
КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

О. В. Давыденко, А. А. Прусаков

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, davydzenkavv@bsu.by*

На основе вычисления коэффициентов корреляции подтвержден статистически значимый вклад почвенного плодородия в урожайность зерновых культур в административных районах Беларуси, за исключением районов Гомельской области. Обоснована необходимость использования метеорологических характеристик в качестве предикторов урожайности зерновых культур.

Ключевые слова: агрометеорология; агрометеорологическое прогнозирование; прогнозирование урожайности; зерновые культуры; балл почвенного плодородия.

**SPATIAL AND TEMPORAL HETEROGENEITY
OF THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS AND
SOIL FERTILITY ON GRAIN CROP YIELDS
IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

O. V. Davydenko, A. A. Prusakov

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk,
Belarus, davydzenkavv@bsu.by*

Based on the calculation of correlation coefficients, the statistically significant contribution of soil fertility to grain crop yields in the administrative districts of Belarus, except for the districts of Gomel region, was confirmed. The necessity of using meteorological characteristics as predictors of grain crop yields was substantiated.

Keywords: agrometeorology; agrometeorological forecasting; yield forecasting; crops; soil fertility score.

Введение. Зерновые культуры играют важную роль в формировании продовольственной безопасности страны. Выявление факторов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур, является одной из задач агрометеорологии. Как правило, рассматриваются многолетние ряды урожайности и выявляются причины отклонения урожайности от линий

трендов или средних значений предшествующих лет [2, 5], а также устанавливаются регрессионные зависимости за многолетний период [1, 3]. В публикации специалистов сельского хозяйства обнаружен пример расчета уравнения регрессии за один отдельно взятый год, по которому урожайность зерновых культур вычисляется на основе средних областных метеорологических показателей [4]. В нашем исследовании данная методика была преобразована.

Материалы и методика. Исследования проведены для периода 2015-2020 гг. Данные об урожайности зерновых культур получены из статистических сборников Национального статистического комитета Республики Беларусь. Метеорологические характеристики вычислены на основе фондовых материалов Белгидромета.

Предикторами для прогнозирования урожайности были приняты те же характеристики, что и в упомянутом выше исследовании [4]: средние температуры воздуха в апреле, мае и июне, суммы атмосферных осадков за те же месяцы. Дополнительно были использованы баллы плодородия почв для пахотных земель, установленные для каждого административного района по результатам кадастровой оценки сельскохозяйственных земель (2022 г.).

Отнесение административного района к зоне обслуживания определенного пункта метеорологических наблюдений осуществлялось на основе выделения полигонов Тиссена – Вороного.

За каждый отдельный год вычислены коэффициенты корреляции урожайности зерновых культур с баллом плодородия почвы и метеорологическими показателями для всех районов Республики Беларусь и в разрезе отдельных областей. На основе балла плодородия почвы, а также на основе данного показателя и наиболее коррелирующих с урожайностью термического показателя и суммы осадков были рассчитаны регрессионные зависимости урожайности. Оправдываемость прогнозной урожайности, вычисленной на основе этих зависимостей рассчитывалась как разность 100 % и относительной ошибки прогноза. Относительная ошибка прогноза — отклонение прогнозируемой величины урожайности от фактической, выраженное в процентах фактической величины. Качество прогнозов оценивалось на основе принятой в агрометеорологическом прогнозировании шкалы:

- хорошая оправдываемость – от 81 до 100 %;
- удовлетворительная оправдываемость – от 80 до 70 %;
- прогноз не оправдался – оправдываемость менее 70 %.

Результаты. Полученные коэффициенты корреляции демонстрируют статистически значимую зависимость урожайности зерновых культур от балла плодородия почвы, особенно ярко выраженную в Минской области (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции урожайности зерновых культур с метеорологическими характеристиками и баллом плодородия почв

Характеристика	Годы					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Беларусь						
Средняя температура апреля	-0,07	0,16	0,08	0,30	0,04	0,15
Средняя температура мая	-0,36	0,17	0,22	0,18	-0,32	-0,01
Средняя температура июня	-0,38	0,18	0,12	0,27	0,03	-0,25
Сумма осадков за апрель	0,10	-0,16	0,07	0,29	-0,06	-0,19
Сумма осадков за май	0,38	0,01	-0,16	-0,01	0,29	-0,11
Сумма осадков за июнь	0,37	-0,16	0,01	-0,19	-0,19	-0,12
Балл плодородия почв	0,71	0,69	0,74	0,62	0,68	0,76
Брестская область						
Средняя температура апреля	-0,22	0,18	0,16	0,37	0,18	0,24
Средняя температура мая	-0,41	0,24	0,09	0,38	-0,07	0,14
Средняя температура июня	-0,38	-0,22	0,07	0,40	0,07	0,23
Сумма осадков за апрель	0,45	-0,06	0,08	0,12	-0,21	-0,24
Сумма осадков за май	0,54	-0,23	0,14	0,40	0,31	-0,67
Сумма осадков за июнь	0,67	0,41	0,31	0,04	-0,13	0,06
Балл плодородия почв	0,89	0,79	0,83	0,42	0,76	0,78
Витебская область						
Средняя температура апреля	-0,38	0,00	0,33	-0,44	-0,06	-0,25
Средняя температура мая	-0,12	-0,37	-0,01	-0,01	0,25	-0,01
Средняя температура июня	-0,23	-0,20	0,31	-0,04	-0,12	-0,20
Сумма осадков за апрель	-0,34	0,03	-0,12	-0,30	0,08	-0,47
Сумма осадков за май	-0,05	0,36	0,24	-0,39	-0,02	0,15
Сумма осадков за июнь	0,36	-0,35	-0,26	0,42	0,15	-0,42
Балл плодородия почв	0,51	0,49	0,64	0,41	0,39	0,60
Гомельская область						
Средняя температура апреля	0,11	0,10	-0,05	0,09	-0,08	0,03
Средняя температура мая	-0,05	-0,15	-0,04	0,06	-0,19	0,11
Средняя температура июня	-0,23	-0,07	-0,07	0,12	0,01	-0,08

Окончание табл. 1

Характеристика	Годы					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сумма осадков за апрель	-0,12	0,27	-0,05	-0,06	0,09	0,19
Сумма осадков за май	0,54	0,14	0,12	0,19	0,44	0,27
Сумма осадков за июнь	0,46	0,15	0,03	0,03	0,09	0,09
Балл плодородия почв	0,17	0,11	0,12	0,23	-0,08	0,06
Гродненская область						
Средняя температура апреля	0,13	0,34	0,41	0,21	0,34	0,38
Средняя температура мая	-0,01	0,47	0,33	0,37	0,21	0,29
Средняя температура июня	-0,10	0,29	0,29	0,30	0,43	0,41
Сумма осадков за апрель	-0,17	-0,49	-0,53	0,47	-0,33	-0,17
Сумма осадков за май	-0,02	-0,38	-0,39	-0,08	-0,14	-0,04
Сумма осадков за июнь	-0,26	-0,14	-0,15	0,25	0,24	0,36
Балл плодородия почв	0,60	0,70	0,69	0,59	0,69	0,65
Минская область						
Средняя температура апреля	0,14	0,21	0,18	0,32	-0,04	0,20
Средняя температура мая	-0,14	0,08	0,39	0,33	-0,09	0,11
Средняя температура июня	-0,05	0,18	0,27	0,43	0,03	0,03
Сумма осадков за апрель	-0,04	-0,16	0,46	0,09	0,26	0,05
Сумма осадков за май	0,01	0,43	-0,11	0,11	0,30	0,11
Сумма осадков за июнь	0,38	-0,04	-0,20	-0,21	0,20	0,01
Балл плодородия почв	0,80	0,85	0,82	0,82	0,87	0,86
Могилевская область						
Средняя температура апреля	-0,52	-0,42	-0,49	-0,13	-0,38	-0,33
Средняя температура мая	-0,40	-0,59	-0,57	-0,42	-0,62	-0,34
Средняя температура июня	-0,49	-0,46	-0,52	-0,47	-0,36	-0,24
Сумма осадков за апрель	0,03	-0,01	0,16	-0,06	-0,39	0,20
Сумма осадков за май	-0,23	-0,17	-0,51	0,23	0,26	-0,45
Сумма осадков за июнь	0,12	-0,35	-0,32	-0,06	-0,59	-0,34
Балл плодородия почв	0,56	0,72	0,62	0,63	0,69	0,66

Ячейки со статистически значимыми коэффициентами корреляции обозначены серой заливкой. Лишь в Гомельской области не обнаружено статистически значимой связи урожайности с почвенным плодородием.

Полужирным шрифтом в таблице обозначены коэффициенты корреляции характеристик, которые учитывались при расчете регрессионных зависимостей. Предикторы в разные годы отличались, а зависимости были рассчитаны для территории страны в целом.

На основе полученных регрессионных зависимостей были вычислены значения урожайности, которые принимались в качестве прогнозных. Оценка этих прогнозных значений показала, что урожайность в 73–90 административных районах страны хорошо прогнозируется на основе лишь балла плодородия почвы. Дополнительное использование метеорологических характеристик увеличивает количество районов до 79–91. Не оправдываются прогнозы урожайности на основе использования только балла плодородия не более, чем в 25 районах, а применение метеорологических показателей снижает их количество до 20 и менее (табл. 2). Удовлетворительное качество прогнозов отмечено в 16–33 и 12–24 административных районах, соответственно. Использование статистически обоснованных предикторов сможет повысить оправдываемость прогнозов.

Таблица 2

Количество административных районов Беларуси с разным качеством прогнозов урожайности, полученных на основе вычисления регрессионных зависимостей

Годы	Прогноз на основе балла плодородия почвы			Прогноз на основе балла плодородия почвы и метеорологических характеристик		
	Оправдываемость					
	Менее 70 %	70-80 %	Более 80 %	Менее 70 %	70-80 %	Более 80 %
2015	16	17	85	15	12	91
2016	12	33	73	14	21	83
2017	16	20	82	11	24	83
2018	21	20	77	20	19	79
2019	25	16	77	17	20	81
2020	9	19	90	11	21	86
Среднее	17	21	81	15	20	84

Заключение. Урожайность зерновых культур на территории Республики Беларусь в значительной степени определяется плодородием почвы. Повышает оправдываемость прогнозов урожайности использование метеорологических характеристик в качестве дополнительных предикторов. Выявление оптимальных предикторов требует дополнительных исследований.

Библиографические ссылки

1. Волчек А. А., Шпендик Н. Н. Моделирование урожайности картофеля на территории Брестской области // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. 2008. № 2 (31). С. 92-98.

2. *Давыденко О. В.* Влияние термических условий на урожайность картофеля в административных районах Республики Беларусь / О. В. Давыденко, П. С. Лопух. // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2019. № 1. С. 46-62.

3. *Камышенко Г. А.* Климатическая составляющая в расчете урожайности картофеля // Природные ресурсы. 2021. № 2. С. 14-21.

4. *Клочков А. В., Соломко О. Б., Клочкова О. С.* Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 101-105.

5. *Пасов В. М.* Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 152 с.