

# Expert opinion

to the author's abstract of the dissertation

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В 20–21 ВЕКАХ

by Vera Nikolaevna Pavlova

from the National Research Institute for Agricultural Meteorology (NRIAM), Obninsk, Russia

The topic addressed by Ms Pavlova in her dissertation is highly relevant and is of enormous importance not only in the Russian national context. The dissertation, with its results and conclusions, is also very likely to attract international interest. On the basis of an enormously large data base and using a methodology that contributes to the world state of the art, the dissertation closes a gap for Russia with regard to a spatially distributed estimation of possible yield developments for cereals under expected climate changes. The current climate scenarios from the IPCC until the end of the 21<sup>st</sup> century are also taken into account. The results achieved in the dissertation are also the basis for broader economic assessments of the agricultural potential for the individual cropping regions of Russia. They are also the basis for drawing up the future strategy for an increasing agriculture in Russia and for estimating the possible future development of Russian grain exports and consequently the possible effects on the international grain market, which is now already significantly influenced by Russia's grain exports as the main exporter of wheat. It is important for Russia to maintain this major source of income and make it stable in the future. In addition to the trend observations, however, the possible interannual fluctuations and thus cropping risks as well as their possible consequences for grain exports are also highlighted. An important circumstance here is also the possible reflection in the climate change-induced territorial shift of the optimal cropping regions for grain in Russia and its influence on the total grain yield under the changing climate. While yield potentials in traditional cereal-cropping areas may be lower in the future due to temperature increases and reduced water supply during vegetation, cereal yields in other cropping areas, such as central and north-western regions of the European part of Russia, may increase due to a

lengthening of the vegetation period induced by temperature increases, as well as changes in intra-annual precipitation distributions.

The methodology used in the dissertation for the spatial estimation of yield and bioclimatic potential for cereals takes into account the climate-soil-yield complex as a combination of statistical methods on the one hand and the application of a dynamic model on the other hand. The dynamic model "Weather-Yield" was developed together with Prof. Sirotenko and has been sufficiently verified and validated for the cropping regions of Russia. In this model, the influence of the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration via the stomatal resistance on the plant physiological processes is taken into account as a prerequisite for climate-dependent scenario calculations in which different levels of atmospheric CO<sub>2</sub> are assumed. The methodology presented is valid for the cropping regions of Russia due to the broad data basis used and the dynamic model "Weather Yield" used and well validated. It also allows predictions to be made for future climate scenarios with regard to estimations for yield and yield potential, a corresponding risk estimation and an estimation of regional yield anomalies and yield losses. By means of a GIS-based method developed, the results can be visualised across Russia.

The application of internationally known dynamic agroecosystem models, such as WOFOST, DSSAT, HERMES, CropSyst or AGROSIM which are usually only well parameterised for experimental cropping conditions and specific applications would be too challenging for Russia's many different cropping regions and cropping conditions. This begins with the nonavailability of the sometimes very detailed initial values and input information required for these models, e.g. for the soil, for the concrete site-dependent agrotechnical cultivation information as well as for the cultivated varieties, and ends with the parameterisation of the used model equations themselves. This is coupled with model- and input data-related uncertainties in the estimation of yields under practical cropping conditions. Moreover, in many agroecosystem models, no breeding component is integrated as an influence on future yield development. In addition to various statistical parameters, the linear trends for individual productivity parameters and for the yield are also taken into account in the methodology presented in this dissertation. In the case of the yield parameters, the progress in breeding and agrotechnology is also indirectly taken into account based on the long observation periods.

The yield development results received in this work for the European cropping regions of Russia show an analogous behaviour to the yield developments observed for other European countries. During the last 15-20 years, despite a detected negative climate influence on yields, only a slowdown of the linear yield trend or a stagnation of yields can be observed. This shows that both in Russia and in other European countries, the negative climate influences were compensated for a time by improved drought-resistant varieties and improved agrotechnologies.

The methodology used here for estimating grain yield potential has been identified for the cropping regions of Russia and validated on concrete practice-related data sets for longer periods of time. It can also be applied to other climate scenarios, e.g. updated within the scope of the IPCC, and represents a suitable simulation tool with regard to the climate influence on grain yields, which also determines the international state of the art in this field. In combination with ensemble calculations regarding possible climate developments, statistically resilient statements on yield forecasts in the 21<sup>st</sup> century can also be made for Russia first.

The investigations of the effects of possible climate change scenarios with atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations between 570 ppm (RCP4.5) and 925 ppm (RCP8.5) at the end of the 21<sup>st</sup> century on yield potentials or grain yields show a wide range between increases in bioclimatic potential (RCP4.5) on the

one hand and significant losses in grain yields (RCP8.5) on the other hand. Such wide ranges in the expected yield of agricultural crops between the two scenarios can also be observed at the end of the 21<sup>st</sup> century in the results of scenario calculations carried out at the Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research Müncheberg (ZALF) for Germany with ZALF's own agroecosystem models.

The presented results of the cropping risk of spring cereals show in comparison to winter cereals that, for example, the cultivation of spring wheat is associated with a higher cropping risk. The reasons for this are the higher risk of emergence due to a deficit in soil moisture or precipitation in spring and a summer drought that often follows. In Germany, the cropping risk of spring cereals is also very high for the same reasons. Farmers are therefore switching to cropping winter cereals and minimising the area under spring cereals.

The results on cropping potential and cropping risk and the associated yield losses obtained with the methodology described and applied in the dissertation, in combination with the spatial visualisation, form the basis for the derivation of strategic and future-oriented decisions on agricultural production not only for the farms themselves but also for the administrative bodies up to the ministries.

The methodology described and applied in the dissertation is also transferable to other regions and countries outside Russia, but requires a specific adaptation of the parameters. The methodology described is on the same level as the international state of the art in this field and has no international scientific analogue in this form. The results achieved and presented in the dissertation for the cereal-cropping regions of Russia represent an internationally unique development.

**Based on the assessment made above, an acceptance of the submitted dissertation is explicitly supported and recommended.**

Müncheberg, 06.09.2021



Dr. Wilfried Mirschel

Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) Müncheberg, Germany

# Экспертное мнение

на автореферат диссертации

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В 20-21 ВЕКАХ

Веры Николаевной Павловой

из Всероссийского Научно-Исследовательского института сельскохозяйственной  
метеорологии (ВНИИСХМ), Обнинск, Россия

Тема, затронутая г-жой Павловой в ее диссертации, весьма актуальна и имеет огромное значение не только в российском национальном контексте. Диссертация с ее результатами и выводами, скорее всего, вызовет интерес и на международном уровне. На основе огромной базы данных и с использованием методологии, использующей самые передовые технологии, диссертация закрывает пробел для России в отношении пространственно-распределенной оценки возможного развития урожайности зерновых культур при ожидаемых изменениях климата. При этом учитываются современные климатические сценарии МГЭИК до конца 21 века.

Полученные в диссертации результаты являются основой для более широких экономических оценок сельскохозяйственного потенциала отдельных земледельческих регионов России. Они также являются основой для разработки будущей стратегии развития сельского хозяйства в России и для оценки возможного будущего развития российского экспорта зерна и, соответственно, возможного влияния на международный рынок зерна, который в настоящее время уже находится под значительным влиянием российского экспорта зерна как основного экспортера пшеницы. Для России важно сохранить этот основной источник дохода и сделать его стабильным в будущем. В дополнение к наблюдениям за тенденциями, однако, обращается внимание на возможные межгодовые колебания и, следовательно, на риски урожая, а также на их возможные последствия для экспорта зерна.

Важным обстоятельством здесь является также возможное отражение в вызванном изменением климата территориальном сдвиге оптимальных регионов возделывания зерновых в России и его влияние на общий урожай зерна в условиях меняющегося климата.

В то время как потенциал урожайности в традиционных зерносеющих районах в будущем

может снизиться из-за повышения температуры и снижения влагообеспеченности в период вегетации, урожайность зерновых в других районах возделывания, таких как центральные и северо-западные регионы европейской части России, может возрасти за счет удлинения вегетационного периода, вызванного повышением температуры, а также изменения внутригодового распределения осадков.

Используемая в диссертации методология пространственной оценки урожайности и биоклиматического потенциала зерновых культур использует комплекс "климат-почва-урожай" как сочетание статистических методов, с одной стороны, и применение динамической модели - с другой. Динамическая модель "Погода-Урожай" была разработана совместно с профессором Сиротенко и прошла достаточную проверку и валидацию для зернопроизводящих регионов России.

В этой модели учитывается влияние концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере через устьичное сопротивление на физиологические процессы растений, что является предпосылкой для расчетов климатически зависимых сценариев, в которых предполагаются различные уровни CO<sub>2</sub> в атмосфере. Представленная методология применима для регионов возделывания сельскохозяйственных культур России благодаря широкой базе данных и использованию динамической модели "Погода - Урожай", которая хорошо валидирована. Она также позволяет делать прогнозы для будущих климатических сценариев в отношении оценок урожайности и потенциала урожайности, соответствующей оценке риска и оценки региональных аномалий урожайности и потерь урожая. Разработанными средствами ГИС результаты могут быть визуализированы по всей России.

Применение всемирно известных динамических моделей агроэкосистем, таких как WOFOST, DSSAT, HERMES, CropSyst или AGROSIM, которые обычно хорошо параметризованы только для экспериментальных условий возделывания и конкретных приложений, было бы слишком сложным для России с ее большим количеством различных регионов и условий возделывания. Начиная с недоступности иногда очень подробных начальных значений и входных данных, необходимых для этих моделей, например, о почве, о конкретной местной агротехнике, а также о выращиваемых сортах, и заканчивая параметризацией самих уравнений используемой модели. Это сопряжено с неопределенностями, связанными с моделью и исходными данными, при оценке урожайности в практических условиях возделывания. Более того, во многих моделях агроэкосистем не интегрирован компонент селекции, влияющий на будущее развитие урожайности.

В дополнение к различным статистическим параметрам, линейные тенденции для отдельных параметров продуктивности и урожайности также учитываются в методологии, представленной в данной диссертации. В случае с параметрами урожайности косвенно учитывается прогресс в селекции и агротехнологиях, основанный на длительных периодах наблюдения.

Полученные в данной работе результаты развития урожайности для европейских регионов России демонстрируют поведение, аналогичное развитию урожайности, наблюдаемому для других



европейских стран. За последние 15 - 20 лет, несмотря на выявленное негативное влияние климата на урожайность, наблюдается лишь замедление линейного тренда урожайности или ее стагнация. Это показывает, что как в России, так и в других европейских странах, негативное влияние климата было временно компенсировано улучшенными засухоустойчивыми сортами и усовершенствованными агротехнологиями.

Используемая здесь методология оценки потенциала урожайности зерновых была определена для регионов России и проверена на конкретных практических данных за более длительные периоды времени. Она также может быть применена к другим климатическим сценариям, например, обновленным в рамках МГЭИК, и представляет собой подходящий инструмент моделирования влияния климата на урожайность зерновых, что также соответствует самым передовым современным технологиям. В сочетании с ансамблевыми расчетами относительно возможного развития климата, для России сделаны статистически достоверные утверждения о прогнозах урожайности в 21 веке.

Исследования влияния возможных сценариев изменения климата с концентрацией CO<sub>2</sub> в атмосфере между 570 ppm (RCP4.5) и 925 ppm (RCP8.5) в конце 21 века на потенциал урожайности или урожайность зерновых показывают широкий диапазон между увеличением биоклиматического потенциала (RCP4.5) с одной стороны, и значительные потери урожайности зерновых (RCP8.5) - с другой. Такие широкие диапазоны в ожидаемой урожайности сельскохозяйственных культур между двумя сценариями можно также наблюдать в конце 21 века в результатах расчетов сценариев, проведенных в Лейбниц-центре по исследованию сельскохозяйственных ландшафтов в Мюнхеберге (ZALF) для Германии с использованием собственных моделей агроэкосистем ZALF.

Представленные результаты риска для посевов яровых зерновых культур показывают, что по сравнению с озимыми зерновыми культурами, например, выращивание яровой пшеницы связано с более высоким риском для посевов. Причинами этого являются более высокий риск для появления всходов из-за дефицита влаги в почве или осадков весной и часто следующая за этим летняя засуха. В Германии риск возделывания яровых зерновых культур также очень высок по тем же причинам. Поэтому фермеры переходят на посевы озимых зерновых и минимизируют площади под яровыми зерновыми.

Результаты по потенциалу посевов, рискам посевов и связанным с ними потерям урожая, полученные с помощью описанной и примененной в диссертации методологии, в сочетании с пространственной визуализацией, являются основой для выработки стратегических и перспективных решений по сельскохозяйственному производству не только для самих хозяйств, но и для административных органов вплоть до министерств.

Описанная и примененная в диссертации методология также переносима в другие регионы и страны за пределами России, но требует специфической адаптации параметров. Описанная

методология находится на одном уровне с самыми передовыми международными технологиями и не имеет международного научного аналога в таком виде. Полученные и представленные в диссертации результаты для зерносеющих регионов России представляют собой уникальную в международном масштабе разработку.

**Исходя из вышеизложенной оценки, принятие представленной диссертации однозначно поддерживается и рекомендуется.**

Мюнхеберг, 06.09.2021

Доктор Вильфрид Миршель

Центр по исследованию сельскохозяйственных ландшафтов им Лейбница- (ZALF) Мюнхеберг,

Германия

Перевод с английского

М.Д. Сеницын



Подпись Сеницына М.Д. заверяю

*Матальшик отдела кадров  
В.М.Снарва / 15.09.2021г.*