


Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Агрофизический научно-исследовательский институт»  
Российский фонд фундаментальных исследований



## **МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научной конференции,  
посвященной 85-летию Агрофизического НИИ  
«ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АГРОФИЗИКИ:  
ОТ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И  
РАСТЕНИЕВОДСТВА К ТЕХНОЛОГИЯМ БУДУЩЕГО»**

**Санкт-Петербург, 27–29 сентября 2017 г.**

Санкт-Петербург  
2017

УДК 528.(076.5):631.5+633/635: 631.43

ББК .12:41.4+41: 40.1

Т33

**Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Агрофизического НИИ «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего».** Санкт-Петербург, 27–29 сентября 2017 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2017. – 837 с.

Международная научная конференция «Тенденции развития агрофизики: от современных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего» посвящена 85-летию Агрофизического научно-исследовательского института.

Результаты научных исследований, представленные на конференции, связаны с решением целого ряда фундаментальных проблем: 1. Выявление взаимосвязей и изучение функционирования почвенно – растительных комплексов и агроэкосистем в условиях техногенного воздействия, глобальных и региональных климатических изменений; 2. Применение математического моделирования и информационных технологии в земледелии и агроэкологии; 3. Разработка фундаментальных основ мониторинга состояния агроэкосистем и управления продукционным процессом; 4. Применение современных методов в селекции растений.

В сборнике представлены научные труды, посвященные широкому спектру проблем, решаемых в области агрофизики, почвоведения, растениеводства, микробиологии, генетики и селекции растений, физиологии, биохимии, математического моделирования и информационных технологий.

*Конференция проводится при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
грант РФФИ № 17-04-205285*

**Ответственные за выпуск:**

*Блохина С. Ю.*

*Агеенкова О. А.*

*Цивилев А. Ю.*

ISBN 978-5-905200-34-2

© ФГБНУ АФИ, 2017

# МАССОВЫЕ РАСЧЕТЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АГРОЭКОСИСТЕМЫ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНОГО ВРЕМЕННОГО И ПРОСТРАНСТВЕННОГО МАСШТАБА

В. Л. Баденко, А. Г. Топаж, Е. Т. Захарова, С. А. Медведев

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (АФИ)*

*195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14*

В работе описан метод оперативного сопровождения производственных посевов с использованием системы поливариантного расчёта динамических моделей продукционного процесса сельскохозяйственных культур – АРЕХ. В докладе представлены результаты массовых расчетов урожайности яровой пшеницы для всех регионов России. Сведения о почвенных характеристиках, необходимых для модельных расчётов, были взяты из Единого государственного реестра почвенных ресурсов России. Оперативные суточные погодные метеоданные автоматически загружаются в систему АРЕХ со специального Интернет-сервиса. Вся информация о погоде и почвенных характеристиках имеет географическую привязку, что позволяет осуществлять анализ результатов прогнозирования в виде тематических карт, которые также строятся внутри системы АРЕХ за счет имеющихся в ее составе функций интеграции с ГИС-системами. В докладе также представлены технические подробности реализации описанных функций, включая обеспечение моделирования продукционного процесса с использованием погодных данных, которые формируются на основе нескольких альтернативных источников информации.

The article presents the method of operative tracking of crops using the system of polyvariant calculation of dynamic crop models APEX. The results of massive calculations of the spring wheat productivity for all regions of Russia are also presented. Information on the soil characteristics required for crop model calculations was taken from a Russian Soil Register. Operative daily weather data are automatically downloaded to the APEX system from a special Internet service. All information about weather and soil characteristics is geo-referenced, which make it possible to analyze the results of forecasting in the form of thematic maps in the APEX system using the functions of integration with GIS-systems included in the APEX. Weather data are formed on the basis of several alternative sources of information. Some technical details of the implementation of the described functions are also described in the article.

Адекватное обоснование новых адаптивно-ландшафтных и ресурсосберегающих агротехнологий и экологически устойчивых систем земледелия требует перехода от широко используемых регрессионных (статистически обоснованных) моделей к более точным и адекватным (физически обоснованным) имитационным моделям агроэкосистем (Топаж, 2016). Именно комплексная динамическая модель продукционного процесса должна стать интеллектуальным ядром нового поколения информационно-аналитических систем поддержки решений в земледелии (Топаж, 2014).

Широкому внедрению таких моделей препятствует отсутствие научно-обоснованных методов применения точечных имитационных моделей агроэкосистем для больших территорий (вплоть до уровня субъектов Российской Федерации и страны в целом) (Баденко и др., 2015). Разработка методов и универсальных технических решений для оперативного и долгосрочного прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных растений по территориям различного пространственного охвата (от отдельно взятого поля до целой страны) на базе массовых расчетов имитационной модели агроэкосистем в геоинформационной среде позволяет сформировать единый подход к информационно-аналитическому обеспечению задач поддержки решений, мониторинга агроландшафтов и производства сельскохозяйственной продукции на территории России (Баденко и др., 2014).

В работе представлены результаты усилий авторского коллектива по созданию универсальной масштабируемой информационно-аналитической системы динамического мониторинга и прогнозирования характеристик состояния сельскохозяйственной территории с последующим использованием ее для проведения серии компьютерных экспериментов с целью решения задач различного уровня управления в адаптивно-ландшафтном земледелии:

- макромасштабные расчеты: оценка потенциальной и мониторинг достижимой продуктивности основных сельскохозяйственных культур в масштабе страны для текущих условий и с учетом возможных климатических изменений;

- мезомасштабные расчеты: мониторинг продуктивности и экологической устойчивости агроландшафтов, а также модельный анализ и оптимизация агротехнологий в масштабе региона;

- микромасштабные расчеты: анализ эффективности технологий точного (координатного) земледелия в масштабе растениеводческого хозяйства или конкретного сельскохозяйственного поля.

Принципиальной особенностью предлагаемого подхода является то, что, несмотря на разный уровень управления и пространственной детализации, все перечисленные задачи решаются в единой методологии и подчиняются единым принципам, основанным на предлагаемой универсальной логике планирования,

проведения и анализа результатов многофакторного компьютерного эксперимента с динамическими моделями агроэкосистем (Казанцев, Медведев, 2015). В настоящее время приложение таких моделей к массовым пространственным расчетам для географически распределенных территорий зачастую ограничено доступностью данных, а также недостаточной мощностью используемых вычислительных средств. Предлагаемые методы интеграции динамических моделей агроэкосистем с географическими информационными системами (ГИС) направлены на устранение указанных ограничений (Медведев, Захарова, 2014). Более того, подобное объединение информационных систем и технологий разной функциональной направленности в перспективе предоставит уникальную возможность для изучения рассматриваемого явления (продукционного процесса сельскохозяйственного посева) одновременно во временной и пространственной развертке (Medvedev et al., 2015).

Вычислительная платформа и программная архитектура создаваемой информационно-аналитической системы мониторинга продуктивности сельскохозяйственных территорий должны позволить проводить макро-, мезо- и микромасштабные расчеты (то есть расчеты на уровне страны, региона, хозяйства или поля) с помощью выбранной модели в единой геоинформационной среде. При этом для всех уровней пространственного охвата используется одна и та же динамическая имитационная модель. Это является основным отличием предлагаемого подхода от аналогичных масштабируемых решений в области имитационного моделирования агроэкосистем, например от проекта LandCare-DSS (Wenkel et al., 2013). Для обеспечения модели входными данными с необходимым уровнем временной и пространственной детализации предлагается использование альтернативных источников и информационных сервисов в зависимости от текущего уровня управления (метеорологические порталы, электронные карты, автоматическая метеостанция, данные оперативного обследования и дистанционного зондирования посевов и т. п.). Дополнительным преимуществом развиваемого подхода, подразумевающего постоянное обновление доступной информации,

является возможность применения модели не только для расчетов за прошедшие периоды времени, но и для оперативного прогнозирования и модельного мониторинга состояния изучаемого объекта (сельскохозяйственного посева) непосредственно в ходе текущего вегетационного сезона. Для расчетов с долгосрочным горизонтом планирования в рамках данной методологии появляется возможность учесть изменения климата (Полуэктов и др., 2012).

С целью апробации разрабатываемых методов и технических решений в настоящее время проводится ряд вычислительных многофакторных экспериментов в среде «APEX-AGROTOOL» (Топаж и др., 2015). Они послужат для обоснования адаптивно-ландшафтных агротехнологий различного уровня пространственной детализации. На рисунке представлены результаты оперативно-уточняющегося прогнозирования урожайности яровой пшеницы по регионам России. На тематической карте зелеными треугольниками отмечены точки, для условий которых проводились расчеты (всего 151 точка).

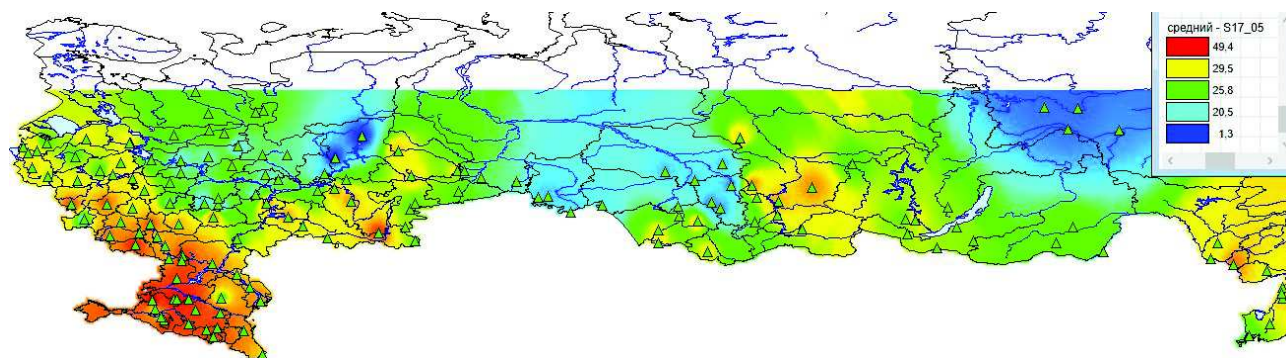


Рис. Результаты оперативного прогноза урожайности яровой пшеницы по регионам России (ц/га). Дата прогноза – 17 мая 2017 г

Сведения о почвенных характеристиках, необходимые для модельных расчётов, были взяты из Единого государственного реестра почвенных ресурсов России. Оперативные суточные метеоданные в рамках расчетов по описываемой методологии автоматически загружаются в систему APEX с выделенного Интернет-сервиса, что дает возможность использовать посуточные метеоданные на заданное количество дней за прошедший период и прогноз погоды на ближайшие две недели. Вся информация о погоде и



почвенных характеристиках имеет географическую привязку, что позволяет представить результаты прогнозирования в виде тематических карт, которые также строятся внутри системы АРЕХ за счет имеющихся в ее составе функций интеграции с ГИС-системами.

### Список литературы

1. Топаж А. Г. От третьего к четвертому поколению математических моделей агроэкосистем // Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления. Материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием). СПб., 2016. С. 45–53.

2. Топаж А. Г. Динамические модели продуктивности: тупик или распутье? // Математические модели природных и антропогенных экосистем – сборник статей, посвященный памяти Ратмира Александровича Полуэктова. СПб., 2014. С. 48–69.

3. Баденко В. Л., Гарманов В. В., Иванов Д. А., Савченко А. Н., Топаж А. Г. Перспективы использования динамических моделей агроэкосистем в задачах средне- и долгосрочного планирования сельскохозяйственного производства и землеустройства // Российская сельскохозяйственная наука. 2015. № 1–2. С. 72–76.

4. Баденко В. Л., Иванов Д. А., Топаж А. Г. Информационное обеспечение агроландшафтных исследований // Информация и космос. 2014. № 4. С. 52–54.

5. Казанцев В. О., Медведев С. А. Разработка программного адаптера для системы поливариантного анализа динамических моделей продукционного процесса культурных растений // Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2015. № 2. С. 131–134.

6. Медведев С. А., Захарова Е. Т. Перспективы использования имитационного комплекса «АРЕХ-AGROTOOL» в задачах среднесрочного планирования сельскохозяйственного производства // Математические модели в теоретической экологии и земледелии. Материалы Международного семинара, посвященного памяти профессора Ратмира Александровича Полуэктова (Полуэктовские чтения). СПб., 2014. С. 104–107.

7. Medvedev S., Topaj A., Badenko V., Terleev V. Medium-term analysis of agroecosystem sustainability under different land use practices by means of dynamic crop simulation // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2015. V. 448. pp. 252–261.

8. Wenkel K. O., Berg M., Mirschel W., Wieland R., Nendel C., Kostner B. LandCaRe DSS – An interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies // Journal of Environmental Management. 2013. V. 127. pp. 168–183.

9. Полуэктов Р. А., Топаж А. Г., Якушев В. П., Медведев С. А. Использование динамической модели агроэкосистемы для оценки влияния климатических изменений на продуктивность посевов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2012. № 2. С. 7–11.

10. Топаж А. Г., Медведев С. А., Захарова Е. Т., Хлавинка П. Использование среды поливариантного анализа динамических моделей агроэкосистемы «АРЕХ» для среднесрочного планирования в агроэкологии // ЭКОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА, ИНФОРМАТИКА. Сборник статей. В 3-х томах. Российский фонд фундаментальных исследований; Южный федеральный университет, Институт математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича; Институт аридных зон; Южный российский центр РАН. Ростов-на-Дону, 2015. С. 642–655.