

To solve these problems popular open-source tools such as Rapid Analytics [4], can be used. It is one of the most widely used data mining tools. The tools can be accessed via web-interface.

There is a portal of the scientific community «AGROTOOL» at the open internet resource (agrotool.asu.ru), where materials about the «AGROTOOL» model are published [3]. Imitation and modeling complex AGROTOOL was developed in the laboratory of mathematical modeling of agroecosystems in Agrophysics Research Institute (St. Petersburg). The model describes the production process of field crops and calculates the dynamics of crop formation from sowing to harvesting.

These analytical tools will be presented in the science portal named «AGROTOOL». They will be open for everybody. In the future it is planned to include more agroecological models created by different research teams in the «AGROTOOL» portal.

References

1. Гавриловская Н. В., Топаж А. Н., Хворова Л. А. Моделирование погодных сценариев для оценки урожайности зерновых культур в условиях Западной Сибири // Известия АлтГУ. 2011. № 1. С. 71–78.
2. Хворова Л. А., Гавриловская Н.В. Прогнозирование урожайности зерновых культур: методы и расчеты // Известия АГУ. 2008. № 1. С. 65–68.
3. Хворова Л. А., Топаж А. Г. Динамическое моделирование и прогнозирование в агрометеорологии. Барнаул, Изд-во АлтГУ, 2010. 263 с.
4. Rapid Analytics [Electronic resource] – Access Mode: <http://rapid-i.com>
5. Hvorova L. A., Gavrilovskaya N. V. Using of a dynamic computer model of the agricultural ecosystem for the operational and long-term forecasting of agricultural production // European Researcher. 2012. Vol. 20. № 5–1. P. 499–502.

СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ AGROTOOL И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС

В. Л. Баденко

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур наибольший интерес представляют рост и развитие сельскохозяйственных растений (продукционный процесс) на конкретном поле. Соответствующие технологии информационного обеспечения процесса принятия решений требуют оценки качества и количества растениеводческой продукции, что невозможно без моделирования, а использование при этом динамических имитационных моделей агроэкосистем [1] является перспективным направлением. Однако несоответствие моделей процессам и явлениям, реально имеющим место на полях, приводит к потере всех преимуществ управления с использованием современных информационных технологий, нерациональному использованию ресурсов и развитию экологически неблагоприятных процессов [2]. Водно-физические свойства почвы во многом определяют интенсивность и вели-

чину продукционного процесса растений, ширину оптимума условий для роста и развития агрокультур, а почва является непосредственным и часто единственным объектом мелиорации [3]. При этом новые технологии адаптивно-ландшафтного земледелия обеспечивают большую отдачу при учете пространственного распределения (вариабельности) водно-физических свойств.

Целью настоящей работы является анализ при помощи динамической модели AGROTOOL влияния пространственной вариабельности водно-физических свойств почв на продукционный процесс посевов пшеницы. При этом достоверность результатов, получаемых в AGROTOOL, особенно для условий Северо-Запада России, не вызывает сомнений: динамическая модель апробирована на репрезентативном объеме независимых данных полевых опытов. При проведении настоящего исследования возникла методическая проблема, связанная с тем, что в системе AGROTOOL при моделировании используется одна пространственная координата (вертикальная) – точечная модель. Для оценки влияния пространственной вариабельности водно-физических свойств почв на продукционный процесс растений был разработан специальный комплекс моделирования – информационно-аналитическая система (ИАС) [6]. Данный комплекс состоит из геоинформационной системы (ГИС), интегрированной с AGROTOOL, а для моделирования водно-физических свойств в состав ИАС включен программный комплекс *Агрогидрология* [7].

Анализ проводился на базе данных (БД) ГИС, описывающей сельскохозяйственные угодья Меньковской опытной станции (МОС) Агрофизического НИИ, расположенной в Гатчинском районе Ленинградской области. В настоящей работе представлена часть результатов, касающихся исследования при помощи методов математического моделирования продукционного процесса пшеницы на поле площадью 3 га. С целью определения значений водно-физических свойств почв на данном поле и заполнения БД ГИС были заложены 6 почвенных разрезов на глубину до 1 м и отобраны образцы из генетических горизонтов почвенного профиля [8]. В ходе экспериментальных исследований в каждом из указанных горизонтов определялись следующие агрофизические показатели почвы, необходимые для проведения моделирования в среде AGROTOOL: почвенно-гидрологические константы (максимальная гигроскопичность, влажность устойчивого завядания (ВЗ), наименьшая влагоемкость (НВ) и полная влагоемкость ПВ); плотность сложения и плотность твердой фазы почвы; коэффициент фильтрации почвенной влаги.

Исследования показали, что на анализируемом участке почвенный покров представлен окультуренными песчаными и супесчаными разновидностями дерново-среднеподзолистой почвы. При агрохимическом обследовании поле было разбито на части площадью 0,5 га – данная область считается однородной с агрохимической точки зрения. В настоящем исследовании область агрохимического обследования была разделена на четыре части – квадратные области по 0,125 га. Таким образом, для проведения исследований в среде ИАС в БД ГИС были сформированы квадратные области площадью 0,125 га. Атрибуты указанных объектов вычислялись с дискретностью 10 см по почвенному профилю до глубины 1 м [9]. На рис. 1 изображены данные объекты моделирования и их

центроиды, а также исходные точки отбора образцов, обозначенные номерами 30–35. На рис. 1 представлен также фрагмент БД ГИС.

После вычисления значения водно-физических свойств почв в каждой указанной области появилась возможность проанализировать распределение водно-физических свойств почв по полю на глубину до одного метра в слоях толщиной 10 см. На рис. 2 представлены данные о вариабельности водно-физических свойств почвы на исследуемом поле БД ГИС. В качестве основного показателя, представляющего интерес для растениеводства, был выбран диапазон доступной влаги (НВ-ВЗ) $\text{см}^3/\text{см}^3$. Очевидно, что данный показатель изменяется от 0.11 до 0.17 $\text{см}^3/\text{см}^3$. При этом максимальными значениями характеризовались разные слои почвенного профиля и разные точки поля. Это свидетельствует о существенной вариабельности водно-физических свойств почвы на опытном поле.

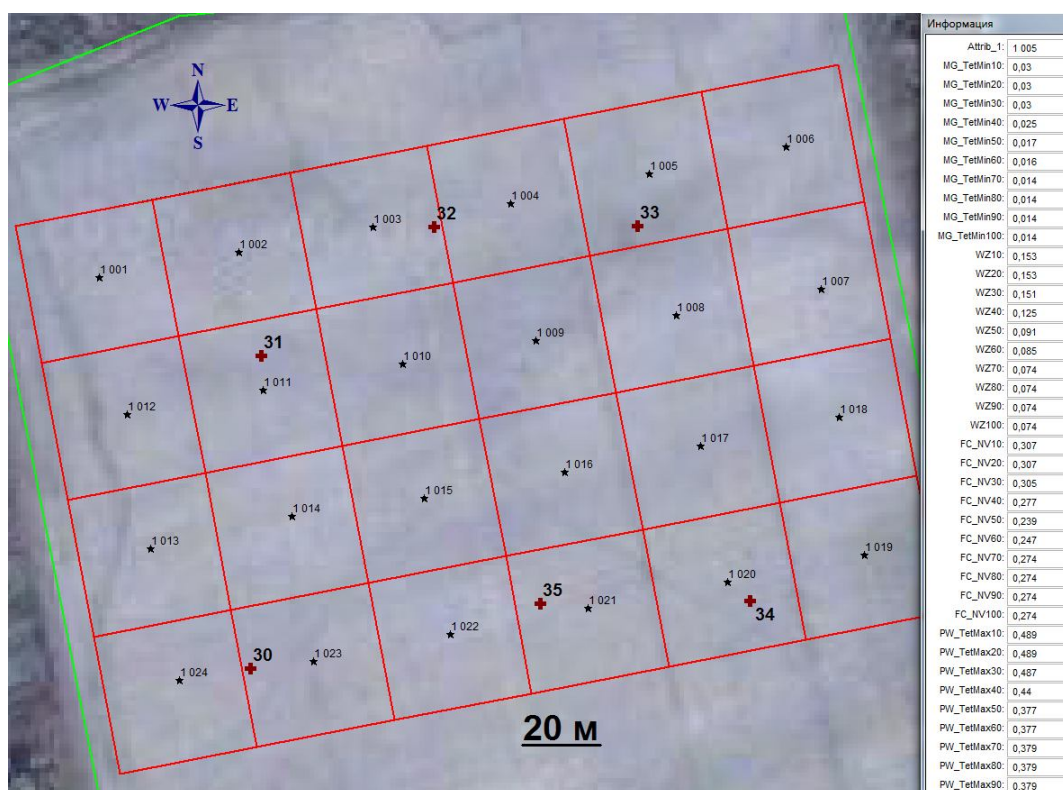


Рис. 1. Разделение исследуемого поля на относительно однородные квадратные области по 0,125 га и точки отбора образцов (точки 30–35). Представлена часть БД ГИС, используемая при моделировании в AGROTOOL.

В результате проведенных модельных экспериментов в среде разработанной ИАС было обнаружено, что степень влияния вариабельности водно-физических свойств и по глубине, и по площади поля на продукционный процесс растений достоверно зависит от погодных условий, в частности от осадков. Исследования проводились в период 2007–2011 гг. в условиях полевого опыта с культурой яровой пшеницы. Полученные результаты показывают, что вариабельность урожая и фаз развития пшеницы наблюдалась только в 2008 и 2011 гг. Например, вариабельность фаз развития для указанных лет достигала 5 дней, в то время как в другие годы вариабельность урожая и фаз развития практически отсутствовала (рис. 3).

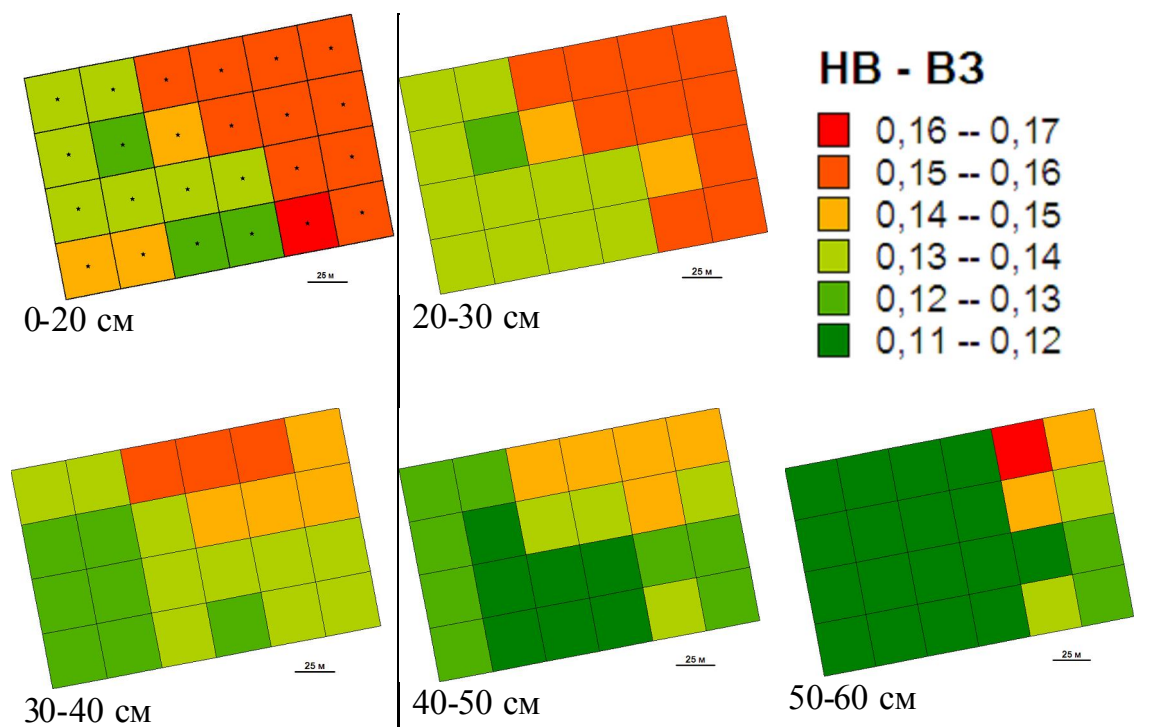


Рис. 2. Вариабельность диапазона почвенной доступной влаги (НВ-ВЗ; см³/см³) на исследуемом поле.

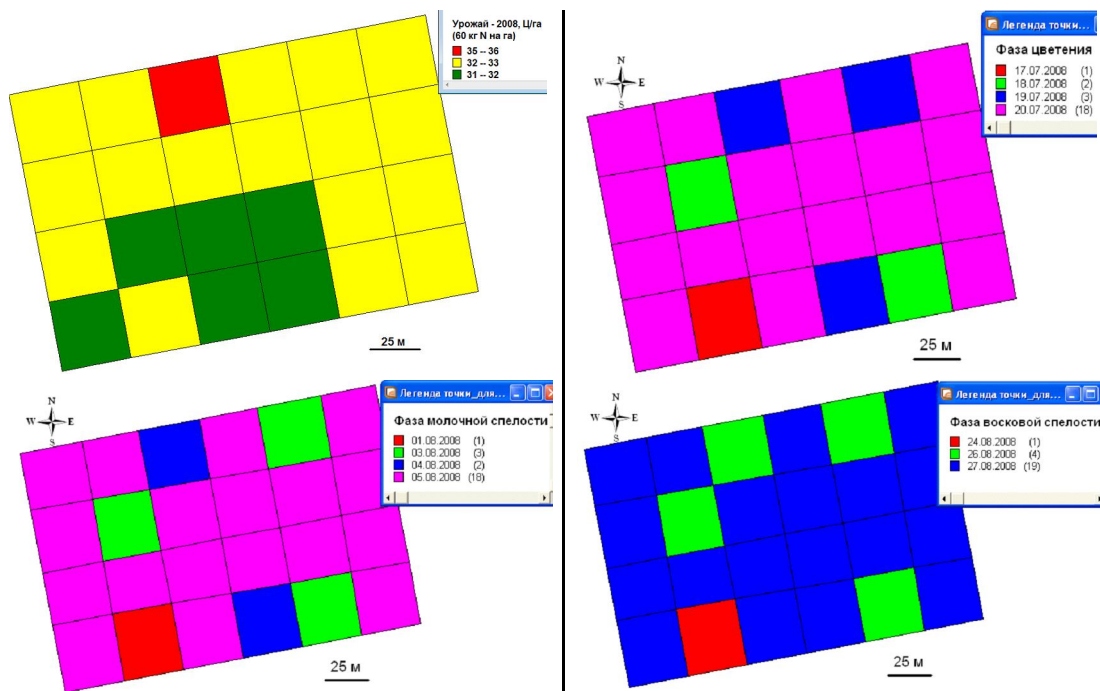


Рис. 3 Урожай и наступление различных фенофаз для яровой пшеницы в 2008 г. (норма азотных удобрений 60 кг N / га).

Можно предложить следующее объяснение данному факту на основе анализа динамики влагозапаса в метровом слое почвы, который является одним из результатов моделирования и определяется на каждый день периода вегета-

ции. Специфические погодные условия создавали благоприятный влагозапас в метровом слое почвы в 2007, 2009 и 2010 гг. В 2008 г. динамика влагозапаса за вегетационный период имеет характерную куполообразную форму с выпуклостью вниз, что является неблагоприятным для продукционного процесса пшеницы и усиливает влияние variability водно-физических характеристик. А в 2010 г. кривая динамики влагозапаса, наоборот, имеет выпуклость вверх, что является благоприятным для продукционного процесса пшеницы и нивелирует влияние variability водно-физических характеристик.

Литература

1. Полуэктов Р. А., Смоляр Э. И., Терлеев В. В., Топаж А. Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. СПб.: Изд. СПбГУ, 2006.
2. Арефьев Н. В., Баденко В. Л., Латышев Н. К. Геоэкологические подходы к разработке информационно-аналитических систем для Водно-мелиоративного строительства и природообустройства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2010. № 4. С. 205–211.
3. Шеин Е. В., Иванов А. Л., Бутылкина М. А., Мазиров М. А. Пространственно-временная изменчивость агрофизических свойств комплекса серых лесных почв в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2001. № 5. С. 578–585.
4. Баденко В. Л., Баденко Г. В., Терлеев В. В., Латышев Н. К. ГИС-технологии в информационном обеспечении системы имитационного моделирования AGROTOOL // Агрофизика. 2011. № 3. С. 1–5.
5. Полуэктов Р. А., Терлеев В. В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и Гидрология. 2005. № 12. С. 98–103.
6. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Муравьева Л.С. Агрофизические исследования почвы для технологий точного земледелия: постановка задачи и метод // Плодородие. 2011. №1. С. 29–31.
7. Баденко В. Л., Терлеев В. В., Миршель В., Никонова О. Г. Учет пространственной variability гидрофизических свойств почв при моделировании продукционного процесса растений // Агрофизика. 2013. № 1. С. 13–22.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БИОПРОДУКТИВНОСТИ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ*

В. М. Брыксин, А. В. Евтюшкин

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград

Модель EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) была разработана для изучения эффектов продуктивности почвы. Она представляет собой имитационную модель, которая может быть использована для изучения эффектов развития растений в зависимости от имеющихся почвенных и водных ресурсов и погодных условий. Расчет по модели производится с шагом в один день и позволяет контролировать моделируемые параметры растительности ежедневно и параллельно с

* Работа выполняется при частичной поддержке РФФИ по гранту 13-07-00419