

7. Osichkin, A. Y. The effect of humic and biological products for the plant density of winter wheat / A. Yu Osechkin // Agrochemical messenger. – 2016. – Vol. 5. – No. 5. – Pp. 54-55.
8. Osichkin, A. Y. Efficacy of biologic and organic fertilizers in crops of winter wheat on leached Chernozem / Osechkin A. Yu, V. I. Kargin, V. E. Kamalain // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2016. – № 4 (36). – Pp. 44-47.

Information about authors

1. **Kargin Vasily Ivanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Production Technology and Processing of Agricultural Products, National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev (430005, Republic of Mordovia, Saransk, 68, Bolshevistskaya Street; e-mail: karginvi@yandex.ru, tel. (834-2) 25-41-79;
2. **Kamalihin Vladimir Evgenyevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Production Technology and Processing of Agricultural Products, National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev (430005, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya Street, 68; e-mail kafedra tpprp@agro.mrsu.ru, tel. (834-2) 25-41-79;
3. **Osichkin Alexey Yurevich**, Postgraduate Student of the Department of Production Technology and Processing of Agricultural Products, National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev (430005, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya Street, 68; e-mail kafedra tpprp@agro.mrsu.ru, tel. (834-2) 25-41-79.

УДК 631.6:631.147

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «РАСТЕНИЕ – ПОЧВА – ВОЗДУХ»

И.И. Максимов¹⁾, Е.А. Максимов²⁾

¹⁾Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», 428003, Чебоксары, Российская Федерация

²⁾Цивильский аграрно-технологический техникум Минобразования Чувашии, 429900, Цивильск, Российская Федерация

Аннотация. В процессе развития земледелия оптимизация системы «растение – среда» достигалась за счет генетической изменчивости культивируемых видов и развития агротехники. Процессы тепло-, массо- и влагопереноса в системе «растение – почва – воздух» (далее Р – П – В) являются достаточно математически строгими и физически обоснованными. Климатические и эдафические условия, а также управляющие факторы относятся к входным параметрам. Выходными параметрами системы будут являться количественные и качественные показатели урожая, а также эффективность функционирования системы «растение – среда». Энерго- и массообмен на склоновых полях различной экспозиции и крутизны склона существенно отличается от «равнинных» сельскохозяйственных полей.

Ключевые слова: система «растение – почва – воздух»; функционирование; продукционный процесс; водосборная площадь; динамическая модель.

Введение. Предполагают [2, 4], что история земледельческой культуры восходит к каменному веку, то есть сознательным выращиванием растений человек занимается всего лишь около 10 тысяч лет, а 10 тысяч лет – это лишь незначительная часть того времени, в течение которого (около 3 млрд. лет) над созданием всего живого, включая и высшие растения (около 200 млн. лет), трудилась «природа». Исследования подтверждают, что в процессе развития земледелия человек использовал две группы факторов: селекцию и агротехнику, то есть оптимизация системы «растение – среда» достигалась за счет генетической изменчивости культивируемых видов и развития агротехники.

Таким образом, многовековой опыт [2, 4, 8] практического земледелия показывает, что в трехэлементной системе «растение – почва – воздух» центральное место занимает растение, поскольку его развитие и конечный урожай представляет для нас большой интерес. В результате таких изысканий и наблюдений получены ценные данные по функционированию системы Р – П – В, которые до недавнего времени носили описательный характер.

Материалы и методы исследования. Современное состояние изучения функционирования системы Р – П – В характеризуется в работах [1, 6, 7, 9].

В работе С. В. Нерпина, А. Ф. Чудновского [6] анализируются три принципиальных подхода к рассмотрению функционирования системы Р – П – В:

- физический подход, основанный на возможном создании всесторонней картины процессов тепломассопереноса;
- эвристический подход, основанный на эмпирических связях, устанавливаемых из наблюдений, или из логических соображений, или же на основе статистической обработки многолетних данных;
- комбинированный (физико-статистический) подход, представляющий собой компромиссный вариант, занимающий промежуточное положение между чисто физическим и чисто эвристическим подходами.

В связи с чрезвычайно сложными энерго- и массообменными процессами в системе Р – П – В авторы фундаментальной работы «Энерго- и массообмен в системе растение – почва – воздух» отмечают, что создание общей модели системы растение – окружающая среда, удовлетворяющей всем уровням принятия решений, оказывается, по крайней мере в настоящее время, нереальным [6]. Действительно, общее число факторов среды либо показателей, коррелятивно связанных с ними, определяющих величину урожая и показатели качества, по данным А. А. Жученко [2], может достигать 300 единиц. Тем не менее, на наш взгляд, процессы тепло-, массо- и влагопереноса в системе Р – П – В, предложенные в работе С. В. Нерпина, А. Ф. Чудновского [4], являются достаточно математически строгими и физически обоснованными, поскольку современная контрольно-измерительная аппаратура позволяет отслеживать процесс формирования урожая во времени и определять ряд характеристик и коэффициентов, входящих в уравнение энергомассообмена. Кроме того, появившаяся возможность решения задач математической физики численными методами позволяет изучать ряд сложных процессов, исследовавшихся ранее в основном экспериментальным путем.

В работе В. А. Сысуева, Ф. Ф. Мухамадьярова [9] взаимодействие системы Р – П – В предложено рассматривать с позиций системного подхода (рис. 1).

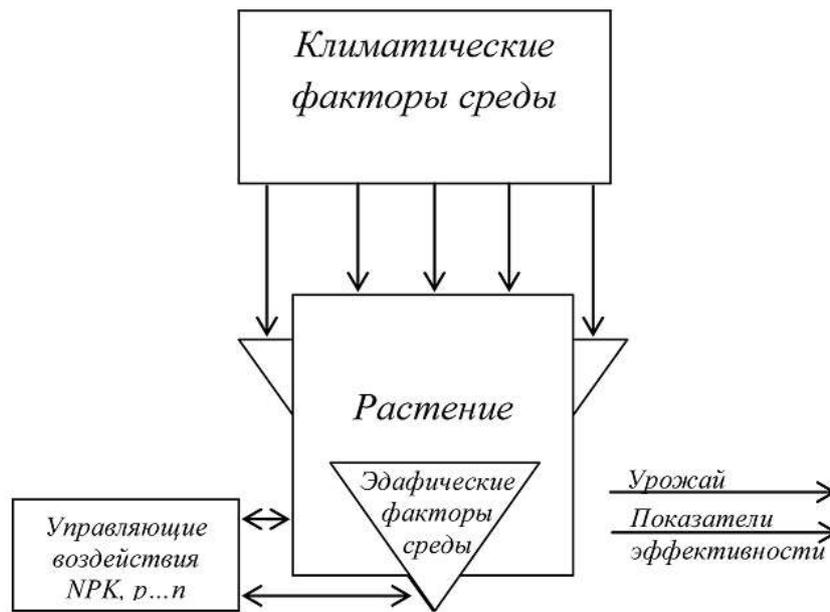


Рис. 1. Блок-схема системы «растение – среда» [9].

В. А. Сысуев и Ф. Ф. Мухамадьяров [9] считают, что климатические и эдафические условия (радиационный и гидротермические режимы атмосферы, физический, химический состав и биогенность почвы и т.д.), а также управляющие факторы (средства химизации, защиты растений, механизации технологических процессов) относятся к входным параметрам, а выходными параметрами системы будут являться количественные и качественные показатели урожая, а также показатели эффективности функционирования системы «растение – среда».

Учитывая сложность функционирования системы Р – П – В, авторы работы «Методы повышения агробиоэнергетической эффективности растениеводства» [9] предлагают рассматривать ее в виде многоуровневой системы (рис. 2):

- нерегулируемые факторы (режимы освещения, температурный режим, содержание в воздухе CO_2 и частично регулируемый режим увлажнения);
- регулируемые факторы (содержание в почве элементов питания N, P, K, гумуса, кислотности и агрофизические свойства почвы);
- техногенные факторы (применение машин и орудий, обеспечивающих техногенную оптимизацию среды обитания растений в соответствии с агротехническими требованиями сельскохозяйственных культур).

Появление динамических моделей продукционных процессов [1, 7], математических моделей точного или координатного земледелия [5, 12] коренным образом изменило представление о роли и значении полевых исследований и, что особенно важно, предъявило более строгие требования по математическому описанию и обоснованию функционирования системы Р – П – В. На наш взгляд, последнему способствует инструментальный контроль технологических процессов растениеводства, когда появились технические возможности применения информационно-измерительных и вычислительных систем, а также данных дистанционного зондирования и передачи полученной информации на расстояния или же на бортовые компьютеры, установленные на тракторах и сельскохозяйственных машинах.

Однако, несмотря на достигнутые успехи по описанию продукционных процессов, вопросы по функционированию системы Р – П – В на склоновых землях и водосборной площади сельскохозяйственного

назначения остаются нерешенными. Энерго- и массообмен на склоновых полях различной экспозиции и крутизны склона существенно отличается от «равнинных» сельскохозяйственных полей. Последнее подтверждается многолетними исследованиями на стационарных стоковых площадках [3, 10, 11] по выявлению зависимостей «склон – урожайность сельскохозяйственных культур». В результате таких исследований получен ряд ценных данных, выраженных в виде уравнений регрессии. Однако следует констатировать, что, несмотря на то, что уравнения регрессии достаточно хорошо описывают зависимость «склон – урожайность» для конкретной водосборной площади, они в основном дают приблизительные представления о продукционных процессах для других почвенно-климатических условий и водосборных площадях. Причем эти зависимости не могут дать представление о физической сущности функционирования системы Р – П – В.

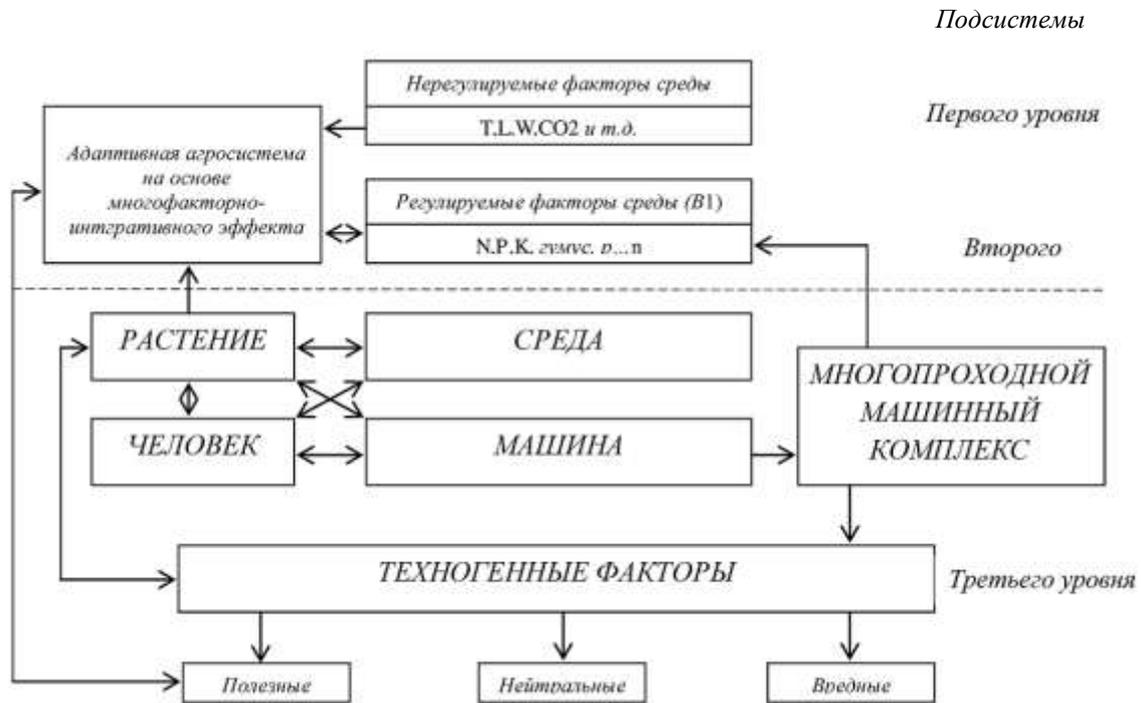


Рис. 2. Структурная схема системы «растение – среда» [9]

Более полный обзор по математическому моделированию продукционных процессов растениеводства на «равнинных» сельскохозяйственных полях можно найти в работах ученых [1, 5, 7].

Выводы

Таким образом, анализируя функционирование системы Р – П – В, можно отметить следующее.

1. В настоящее время намечились три принципиальных подхода к рассмотрению функционирования системы Р – П – В: физический, эвристический и комбинированный. Предложенные в работе С. В. Нерпина и А. Ф. Чудновского [4] уравнения энерго- и массообмена в системе Р – П – В являются достаточно математически строгими и физически обоснованными. И, тем не менее, практически отсутствуют работы, где рассматривалось бы функционирование системы Р – П – В на склоновых землях и водосборной площади сельскохозяйственного назначения.
2. Динамические модели продукционных процессов и математические модели точного земледелия, применяемые в основном для «равнинных» сельскохозяйственных полей, требуют создания соответствующих математических моделей для склоновых земель.
3. Инструментальный контроль технологических процессов на склоновых землях и «равнинных» полях существенно отличается.
4. Для принятия управленческих решений по функционированию системы Р – П – В на склоновых землях может быть применена многоуровневая система, состоящая из нерегулируемых, регулируемых и техногенных факторов.

Литература

1. Бородий, С. А. Теоретическое обоснование комплексной имитационно-мониторинговой модели продукционного процесса растений в агроэкосистемах / С. А. Бородий. – Кострома: Изд-во КГСХА, 2000. – 202 с.
2. Жученко, А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 787 с.
3. Заславский, М. Н. Эрозия почв / М. Н. Заславский. – М.: Мысль, 1978. – 245 с.
4. Костычев, П. А. Общедоступное руководство к земледелию / П. А. Костычев. – СПб., 1884. – 220 с.

5. Михайленко, И. М. Управление системами точного земледелия / И. М. Михайленко. – СПб.: Изд-во Спб. ун-та, 2005. – 234 с.
6. Нерпин, С. В. Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 358 с.
7. Полуэктов, Р. А. Динамические модели агроэкосистемы / Р. А. Полуэктов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
8. Раунер, Ю. Л. Климат и урожайность зерновых культур / Ю. Л. Раунер. – М.: Наука, 1981. – 163 с.
9. Сысуев, В. А. Методы повышения агробиоэнергетической эффективности растениеводства / В. А. Сысуев, Ф. Ф. Мухамадьяров. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2001. – 216 с.
10. Соболев, С. С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. В 2 т. Т. 1. / С. С. Соболев. – М.: АН СССР, 1948. – 307 с.
11. Сурмач, Г. П. Водная эрозия и борьба с ней / Г. П. Сурмач. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 254 с.
12. Якушев, В. П. На пути к точному земледелию / В. П. Якушев. – СПб.: ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.

Сведения об авторах

1. **Максимов Иван Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К.Маркса, д.29, e-mail: maksimov48@inbox.ru, тел. 8 937 383 10 88;
2. **Максимов Евгений Альбертович**, кандидат технических наук, доцент, преподаватель, Цивильский аграрно-технологический техникум Минобразования Чувашии, 429900, Чувашская Республика, г. Цивильск, ул. Юбилейная, д. 2/1; e-mail: 79063830541@yandex.ru, тел. 8 906 383 05 41.

THE FUNCTIONING OF THE SYSTEM "PLANT – SOIL – AIR"

I.I. Maksimov¹⁾, E.A. Maksimov²⁾

¹⁾*Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, 428003, Cheboksary, Russian Federation.*

²⁾*Tsivilsk Agrarian-Technological College of the Ministry of Education of the Chuvash Republic, 429900, Tsivilsk, Russian Federation.*

Abstract. *In the process of development the agriculture optimization of the system "plant – environment" was achieved due to the genetic variability of cultivated species and farming. The processes of heat, mass and moisture transfer in the system of P – S – A are sufficiently mathematically rigorous and physically reasonable. Climatic and edaphic conditions and the control factors are input parameters. Output parameters of the system will be quantitative and qualitative indicators of the crop, as well as indicators of efficiency of functioning of the system "plant – environment". Energy and mass transfer on sloping fields of various exposure and steepness of the slope is significantly different from the "plains" of agricultural fields.*

Keywords: *the system "plant – soil – air", functioning, production process, catchment area, dynamic model.*

References

1. Zhuchenko A. A. Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic fundamentals). – Chisinau: Shtiintsa, 1988. -787 p.
2. Kostychev P. A. Public management to agriculture. – SPb.: 1st edition, 1884. - 220 p.
3. Rauner J. L. Climate and the yield of grain crops. - М.: Nauka, 1981. - 163 p.
4. Nerpin, S. V., Chudnovsky A. F. Energy and mass transfer in the system plant-soil-air. -L.: Gidrometeoizdat, 1975. - 358 p.
5. Sysuev, V. A., Mukhamadiarov F. F., Methods of increasing agrarianisation efficiency in crop production – Киров.: Scientific Institution of North –East, 2001. - 216 p.
6. Poluektov R. A. Dynamic models of agroecosystem. - L.: Gidrometeoizdat, 1991. 312 p.
7. Borodiy S. A. Theoretical substantiation of the integrated simulation-monitoring model of plant production process in agroecosystems. – Kostroma: Publishing House KSAA, 2000. - 202 p.
8. Yakushev V. P. On the way to precision agriculture. – SPb.: PNPI RAS, 2002. - 458 p.
9. Mikhailenko I. M. Management of the systems of precision agriculture – SPb.: Publishing house of St. Petersburg University, 2005. -234 p.
10. Surmach G. P. Water erosion and its control. - L.: Gidrometeoizdat, 1976. - 254 p.
11. Zaslavsky, M. N. The erosion of soils. - М., 1978. - 245 p.
12. Sobolev, S. S. Development of erosion processes on the territory of the European part of the USSR and the fight against them. - М.: Academy of Sciences of the USSR, 1948. - Vol. 1. – 307 p.

Information about authors

1. **Maksimov Ivan Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, Chuvash State Agricultural Academy, 428003,

