

Научная статья

Original article

УДК 332.14

doi: 10.55186/2413046X\_2025\_10\_9\_214

**СЦЕНАРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА РИСА ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
SCENARIO FORECASTING OF RICE PRODUCTION USING  
RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES**



**Горелова Галина Викторовна**, д.т.н., профессор, научный руководитель Института управления в экономических, экологических и социальных системах, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: [gorelova-37@mail.ru](mailto:gorelova-37@mail.ru)

**Губиева София Юрьевна**, ассистент кафедры менеджмента, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, e-mail: [sofigubieva@yandex.ru](mailto:sofigubieva@yandex.ru)

**Gorelova Galina Viktorovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Director of the Institute of Management in Economic, Environmental and Social Systems, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Southern Federal University», Rostov-on-Don, e-mail: [gorelova-37@mail.ru](mailto:gorelova-37@mail.ru)

**Gubieva Sofia Yuryevna**, assistant of the Department of Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, e-mail: [sofigubieva@yandex.ru](mailto:sofigubieva@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты сценарного моделирования для авторской когнитивной карты G сложной системы «Производство риса». Разработан план проведения вычислительного эксперимента по импульсному моделированию сценариев с целью проведения анализа влияния изменений

различных условий и системы управления водохозяйственной деятельностью в Краснодарском крае применительно к когнитивной модели системы «Производство риса». Для представленной в статье когнитивной карты разработаны шесть сценариев: три сценария, показывающие системные изменения, возникающие при внесении изменений в одну вершину, и три сценария – при внесении изменений в несколько вершин. В сценариях № 1 - № 3 происходит подача положительного импульса в исследуемую когнитивную модель, что приводит к нарастающему характеру изменений в рамках системы, и как следствие, происходит обеспечение продовольственной безопасности, а риски в системе снижаются. Результаты импульсного моделирования по сценариям № 4 - № 6 позволяют оценить возможное развитие ситуации при внесении изменений в несколько вершин в условиях возникновения худших условий и некоторого противодействия им. Выявлено, что из всех шести сценариев сценарий №6 является самым оптимистичным и может быть рекомендован в качестве основы для разработки стратегий развития системы производства риса в Краснодарском крае. Авторы считают, что меры, направленные на повышение урожайности риса должны носить комплексный и системный характер, что позволит учесть все возможные изменения, возникающие в сложной системе «Производство риса».

**Abstract.** The article presents the results of scenario modeling for the author's cognitive map G of the complex system "Rice Production." A plan has been developed for a computational experiment on impulse modeling of scenarios in order to analyze the impact of changes in various conditions and the water management system in the Krasnodar Territory in relation to the cognitive model of the Rice Production system. Six scenarios have been developed for the cognitive map presented in the article: three scenarios showing systemic changes that occur when changes are made to one vertex, and three scenarios when changes are made to several vertices. In scenarios No. 1 - No. 3, a positive impulse is given to the

cognitive model under study, which leads to an increasing nature of changes within the system, and as a result, food security is ensured, and risks in the system are reduced. The results of impulse modeling under scenarios No. 4 - No. 6 make it possible to assess the possible development of the situation when making changes to several peaks in conditions of the emergence of worse conditions and some counteraction to them. It was revealed that of all six scenarios, scenario No. 6 is the most optimistic and can be recommended as a basis for developing strategies for the development of the rice production system in the Krasnodar Territory. The authors believe that measures aimed at increasing rice yields should be comprehensive and systematic, which will take into account all possible changes arising in the complex Rice Production system.

**Ключевые слова:** экономика, регион, производство риса, агротехнологии, продовольственная безопасность, когнитивное моделирование территории, система, импульс, сценарий

**Keywords:** economy, region, rice production, agrotechnology, food security, territory cognitive modeling, system, momentum, scenario

**Введение.** Краснодарский край является одним из основных рисосеющих регионов РФ. В 2024 году в регионе было выращено 65,9% всего российского риса. Тем не менее следует отметить, что рисоводство на Кубани может быть подвержено разным рискам по ряду причин, например, из-за изменения климатических условий, экономической и политической конъюнктуры, неудачных агроприемов и др.

Проблемам развития рисоводства посвящено большое количество работ зарубежных и российских авторов, среди которых в данном исследовании представляли интерес, например [1, 2, 3, 4, 5]. Для изучения системы производства риса в Краснодарском крае в работе был использован инструментарий когнитивного имитационного моделирования [6-10].

Целью проведения когнитивного имитационного моделирования, включавшего построение когнитивной карты G сложной системы «Производство риса», а также разработку и анализ сценариев развития ситуаций в системе под воздействием внутренних и внешних причин, было обоснование принимаемых решений по проведению агроуправляющих мероприятий в системе рисового севооборота для повышения урожайности риса, улучшения экологических характеристик почвы, повышения эффективности агроприемов, обеспечение продовольственной безопасности Краснодарского края.

**Методы.** В процессе проведения исследования были использованы положения системного подхода и когнитивного моделирования, что позволило построить когнитивную карту «Производство риса», провести вычислительный эксперимент и разработать прогнозные сценарии.

Исследование носит поисковый характер и практическую направленность.

**Результаты.** В исследовании разных условий производства риса в Краснодарском крае сценарное моделирование проводилось на разработанной Губиевой С.Ю. когнитивной карте, изображенной на рисунке 1.

В исследовании была поставлена задача проанализировать влияния изменения различных условий и системы управления водохозяйственной деятельностью в Краснодарском крае, учтенных в когнитивной модели системы, на эффективность системы производства риса. Для этого был разработан план проведения вычислительного эксперимента, фрагмент которого представлен таблицей 1. В таблице приведен план эксперимента по проведению импульсного моделирования сценариев при внесении возмущений в одну и несколько вершин в предположении, что остальные вершины находятся в нулевом начальном состоянии.

В программной системе [10] моделирование сценариев проводилось по известной формуле импульсных процессов

$$x_{vi}(n+1) = x_{vi}(n) + \sum_{v_j: e_{ij} \in E}^{k-1} f(x_i, x_j, e_{ij})P_j(n) + Q_i(n)$$

где  $x(n)$ ,  $x(n+1)$  – величины показателя в вершине  $V$  при шагах имитации в момент  $t = n$  и следующим за ним  $t = n+1$ ;  $n$  – такты моделирования;  $P_j(n)$  – значение импульса – изменение в вершине  $V_j$  в момент времени  $t_n$ ;  $f(x_i, x_j, e_{ij})$  – коэффициент преобразования импульса,  $Q_i(n)$  – вектор внешних импульсов  $q_{it}$ , вносимых в вершины  $V_i$  в момент времени  $t_n$  (на тактах моделирования  $n$ ).

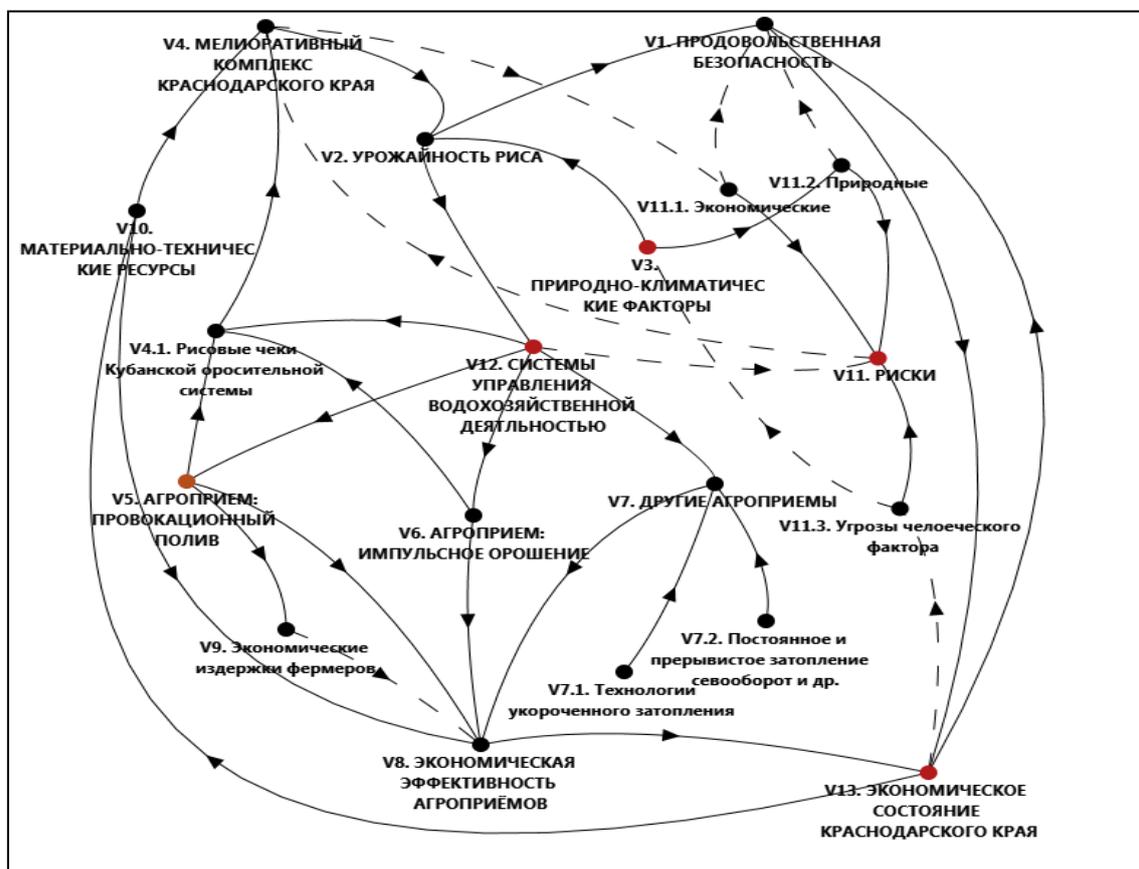


Рисунок 1 – Когнитивная карта G «Производство риса»

(идея и разработка Губиевой С.Ю.)

При импульсном моделировании в вершины графа подаются воздействия – импульсы  $q_i$ , которые могут быть равными  $q_i = +1$ ,  $q_i = -1$  или другим числам  $m = 1, 2, 3, \dots$  в зависимости от требований исследования и

первоначальных знаний о сложной системе. Импульсный процесс в системе инициирует вектор возмущений  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_k\}$ ,  $i=1, 2, \dots, k$ .

Внесение возмущений моделирует сценарий, отвечающий на вопрос научного предвидения: «А что будет, если?».

Таблица 1 – План вычислительного эксперимента

Вектор возмущающих воздействий $Q = \{\dots\}$	№ вершин, в которые вносятся импульсы												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Внесение возмущений в 1 вершину													
Сценарий №1: $q_5 = +1$ ; $Q_1 = \{q_1 = 0; \dots, q_3 = +1; \dots, q_{13} = 0\}$					+1								
Сценарий №2: $q_6 = +1$ ; $Q_2 = \{q_1 = 0; \dots, q_6 = +1; \dots, q_{13} = 0\}$						+1							
Сценарий №3: $q_7 = +1$ ; $Q_3 = \{q_1 = 0; \dots, q_{7-1} = +1; q_{13} = 0\}$							+1						
Внесение возмущений в несколько вершин													
Сценарий №4: $q_{11} = +1; q_{12} = +1; q_{13} = -1$ $Q_{11} = \{q_1 = 0; \dots, q_{11} = +1; q_{12} = +1; q_{13} = -1\}$											+1	+1	-1
Сценарий №5: $q_4 = +1; q_{11} = +1; q_{12} = +1; q_{13} = -1$ $Q_{11} = \{q_1 = 0; \dots, q_4 = +1; q_{11} = +1; q_{12} = +1; q_{13} = -1\}$				+1							+1	+1	-1
Сценарий №6: $q_4 = +1; q_6 = +1; q_{11} = +1; q_{12} = +1; q_{13} = -1$ $Q_{11} = \{q_1 = 0; \dots, q_4 = +1; q_6 = +1; q_{11} = +1; q_{12} = +1; q_{13} = -1\}$				+1		+1					+1	+1	+1

Рассмотрим несколько сценариев.

Сценарий №1. Предположим, что применяется агроприем «провокационный полив», это моделируется внесением положительного импульса  $q_5 = +1$  в вершину V5, остальные вершины не инициируются и находятся в начале моделирования в некотором исходном состоянии; вектор возмущений  $Q_1 = \{q_1 = 0; \dots, q_5 = +1; \dots, q_{13} = 0\}$ . Результаты эксперимента представлены в таблице 2 и построенным по данным таблицы рисунке 2.

Таблица 2 – Результаты вычислительного эксперимента, Сценарий №1

Шаг Вершина	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
V1. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0	7.0	9.0	21.0	34.0
V2. УРОЖАЙНОСТЬ РИСА	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.0	6.0	13.0	21.0
V3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	3.0	3.0	11.0
V4. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0	18.0	31.0
V5. АГРОПРИЕМ: ПРОВОКАЦИОННЫЙ ПОЛИВ	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	4.0	7.0
V6. АГРОПРИЕМ: ИМПУЛЬСНОЕ ОРОШЕНИЕ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.0	6.0
V7. ДРУГИЕ АГРОПРИЕМЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.0	6.0
V8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОПРИЁМОВ	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	4.0	5.0	11.0	17.0
V9. Экономические издержки фермеров	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	4.0
V10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	3.0	3.0	11.0	14.0
V11. РИСКИ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-3.0	-9.0	-10.0	-24.0
V12. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.0	6.0	13.0
V4.1. Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	4.0	6.0	10.0	13.0
V7.1. Технологии укороченного затопления	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V7.2. Постоянное и прерывистое затопление севооборот и др.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V11.1. Экономические	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-5.0	-10.0	-18.0
V11.2. Природные	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	3.0	3.0
V11.3. Угрозы человеческого фактора	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	-3.0	-3.0	-11.0	-14.0
V13. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	3.0	3.0	11.0	14.0	32.0

По результатам эксперимента видно, что применение агроприема «провокационный полив» может положительно влиять на развитие ситуаций во всей системе (ситуация - это набор событий, происшедших вплоть до некоторого момента  $t$ ; ситуация характеризуется набором количественных и качественных параметров и характеристик системы, таких, как управляющие и возмущающие воздействия, значения параметров, факторов, показателей, индикаторов и т.д. в рассматриваемый период/момент времени).

Тенденции изменений по сценарию №1 имеют взаимосвязанный нарастающий характер; обеспечивается продовольственная безопасность, риски в системе снижаются.

Сценарий №2. Предположим, что применяется агроприем «импульсное орошение», что моделируется внесением положительного импульса  $q_6=+1$  в вершину V6, остальные вершины не инициируются и находятся в начале моделирования в некотором исходном состоянии; вектор возмущений  $Q_2=\{q_1=0; \dots q_6=+1; \dots q_{13}=0\}$ . Результаты эксперимента представлены таблицей 3 и рисунка 3, построенным по данным таблицы.

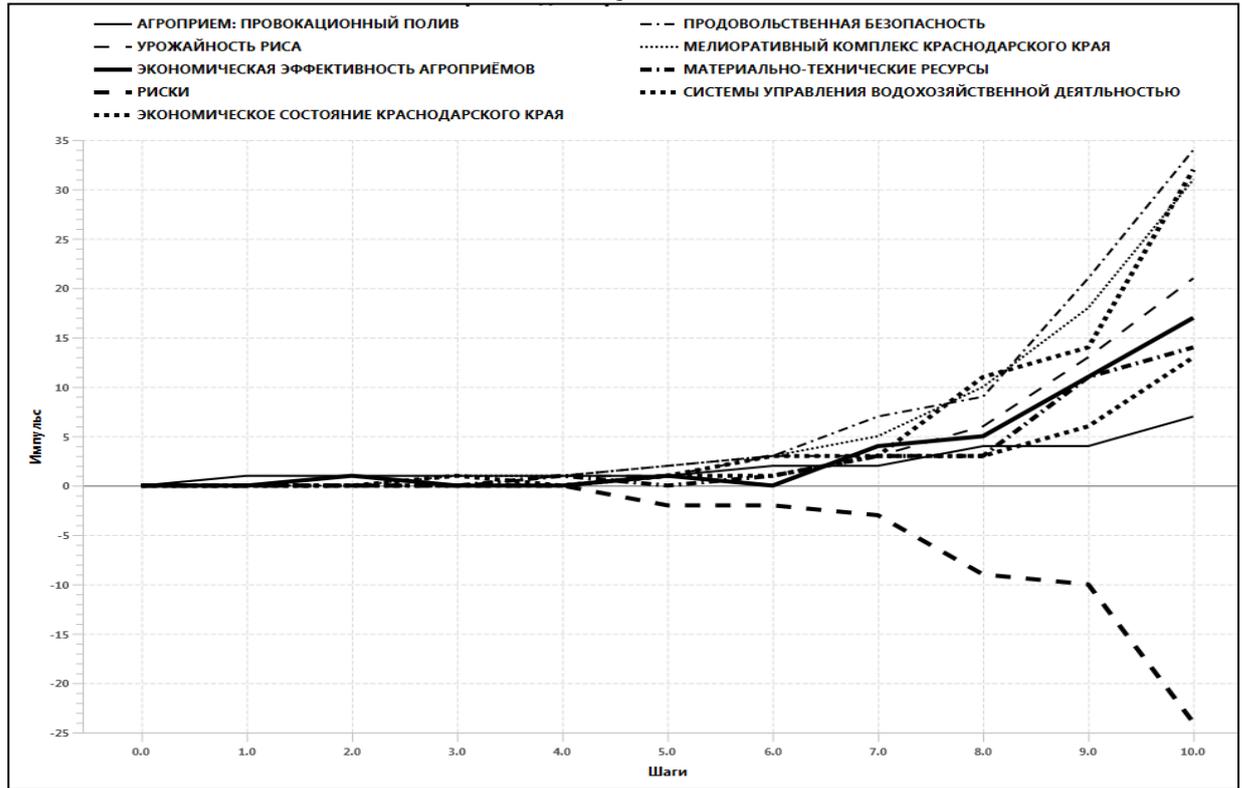


Рисунок 2 – Графики импульсных процессов, Сценарий №1

Таблица 3 – Результаты вычислительного эксперимента, Сценарий №2

Шаг	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
Вершина											
V1. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	4.0	9.0	14.0	29.0	48.0
V2. УРОЖАЙНОСТЬ РИСА	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	5.0	9.0	18.0	29.0
V3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	5.0	6.0	15.0
V4. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	4.0	7.0	13.0	23.0	43.0
V5. АГРОПРИЕМ: ПРОВОКАЦИОННЫЙ ПОЛИВ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	5.0	9.0
V6. АГРОПРИЕМ: ИМПУЛЬСНОЕ ОРОШЕНИЕ	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	6.0	10.0
V7. ДРУГИЕ АГРОПРИЕМЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	5.0	9.0
V8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОПРИЁМОВ	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	6.0	8.0	15.0	28.0
V9. Экономические издержки фермеров	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	5.0
V10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	5.0	6.0	15.0	22.0
V11. РИСКИ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.0	-3.0	-4.0	-11.0	-16.0	-32.0
V12. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	5.0	9.0	18.0
V4.1. Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	4.0	6.0	12.0	20.0
V7.1. Технологии укороченного затопления	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V7.2. Постоянное и прерывистое затопление севооборот и др.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V11.1. Экономические	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-4.0	-7.0	-13.0	-23.0
V11.2. Природные	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	5.0	6.0
V11.3. Угрозы человеческого фактора	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-5.0	-6.0	-15.0	-22.0
V13. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	5.0	6.0	15.0	22.0	44.0

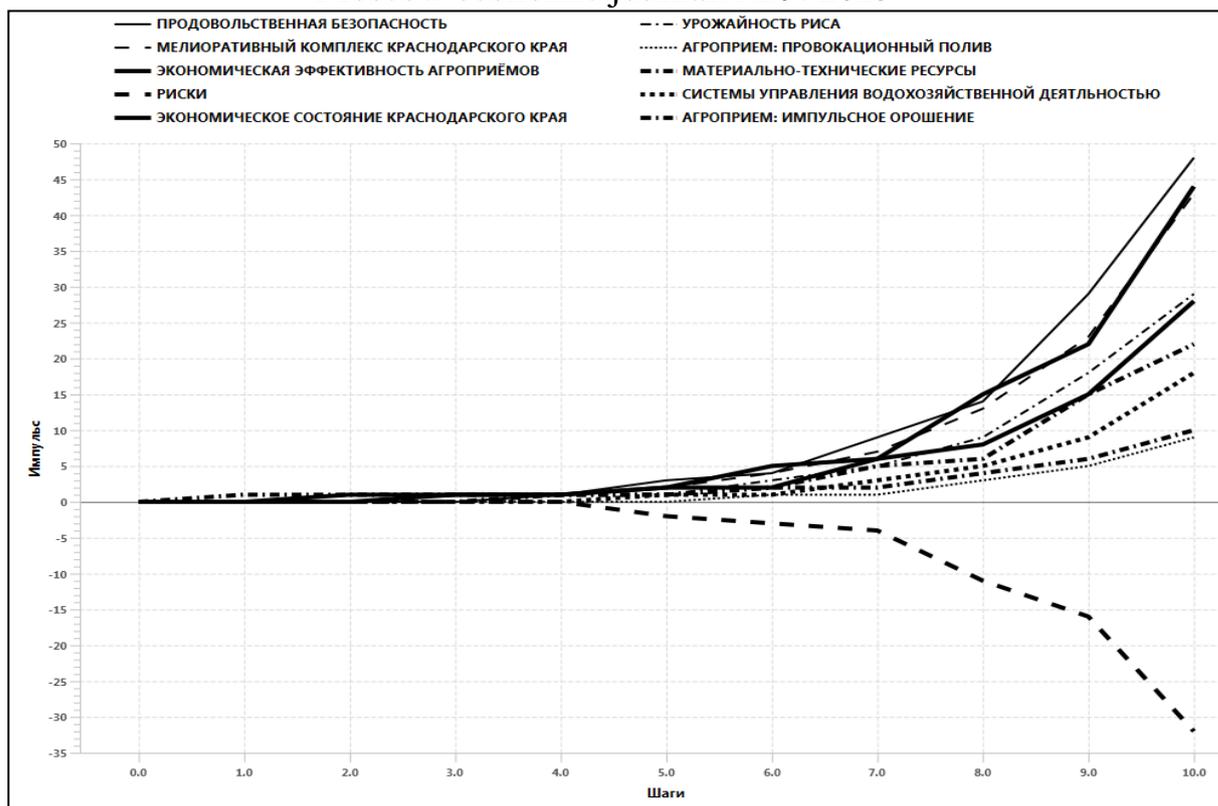


Рисунок 3 – Графики импульсных процессов, Сценарий №2

Анализ результатов моделирования второго сценария возможного развития ситуаций, также, как и первый, показывает возможность положительного развития событий в системе. Но эффект от применения импульсного орошения может быть несколько выше, чем в первом случае.

Сценарий №3. Предположим, что применяются другие агроприемы (технологии укороченного затопления, постоянное и прерывистое затопление и др.), что моделируется внесением положительного импульса  $q_7=+1$ , в вершину  $V_7$ , остальные вершины не инициируются и находятся в начале моделирования в некотором исходном состоянии; вектор возмущений  $Q_3=\{q_1=0; \dots q_7=+1; \dots q_{13}=0\}$ . Результаты эксперимента представлены таблицы 4 и построенным по данным таблицы рисунка 4.

Как видно по результатам эксперимента, применение различных агроприемов при выращивании риса положительно влияет на урожайность и на все связанные с этим характеристики системы.

Таблица 4 – Результаты вычислительного эксперимента, Сценарий №3

Шаг	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
Вершина											
V1. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	5.0	8.0	14.0	22.0
V2. УРОЖАЙНОСТЬ РИСА	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0	8.0	16.0
V3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0
V4. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	12.0	23.0
V5. АГРОПРИЕМ: ПРОВОКАЦИОННЫЙ ПОЛИВ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0
V6. АГРОПРИЕМ: ИМПУЛЬСНОЕ ОРОШЕНИЕ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0
V7. ДРУГИЕ АГРОПРИЕМЫ	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	4.0	6.0
V8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОПРИЁМОВ	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	11.0	16.0
V9. Экономические издержки фермеров	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0
V10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0	12.0
V11. РИСКИ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-6.0	-8.0	-15.0
V12. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0	8.0
V4.1. Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	7.0	11.0
V7.1. Технологии укороченного затопления	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V7.2. Постоянное и прерывистое затопление севооборот и др.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V11.1. Экономические	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-2.0	-3.0	-5.0	-12.0
V11.2. Природные	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0
V11.3. Угрозы человеческого фактора	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-8.0	-12.0
V13. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0	12.0	25.0

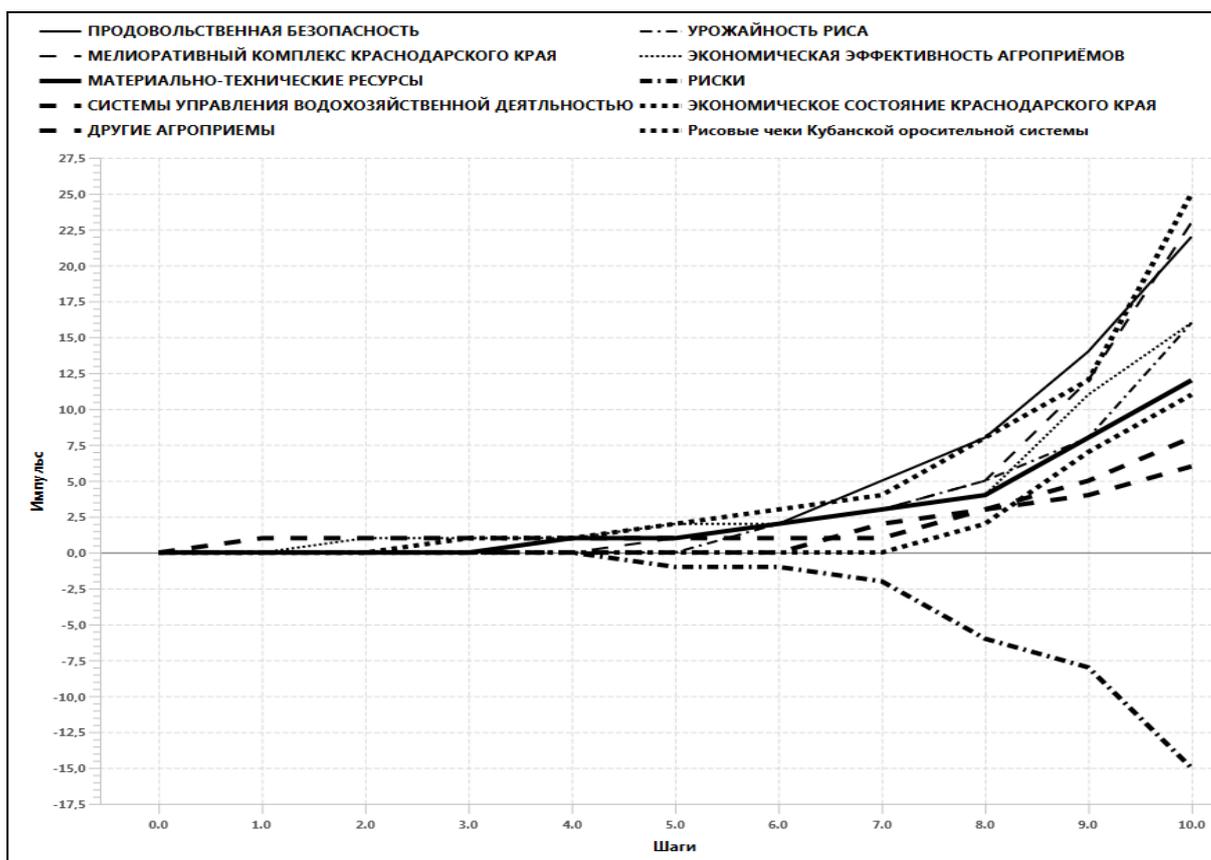


Рисунок 4 – Графики импульсных процессов, Сценарий №3

Результаты импульсного моделирования по трем рассмотренным сценариям получены в предположении, что в системе существуют только единственные начальные воздействия, инициирующие изменения (импульс вносится в одну вершину). А что будет, если изменения (возмущающие, управляющие и др.) начнутся в нескольких вершинах?

Сценарии №4 и №5 иллюстрируют такую возможность.

Рассмотрим сценарий, в котором предполагается возможность возникновения худших условий и некоторого противодействия им.

Сценарий №4. Предположим, что система производства риса подвергается различным рискам (в вершину V11 вносится возмущение  $q_{11}=+1$ ), экономическое состояние Краснодарского края ухудшается (в вершину V12 вносится возмущение  $q_{13}=-1$ ), но этому пытается противостоять система управления водохозяйственной деятельностью (в вершину V12 вносится управляющее воздействие  $q_{12}=+1$ ). Вектор возмущений  $Q_4=\{q_1=0; \dots q_{11}=+1; q_{12}=+1; q_{13}=-1\}$ .

Результаты эксперимента представлены таблице 5 и построенным по данным таблицы рисунке 5.

Таблица 5 – Результаты вычислительного эксперимента, Сценарий №4

Шаг	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
<b>Вершина</b>											
V1. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-4.0	0.0	-2.0	-3.0	-4.0	-14.0	-9.0
V2. УРОЖАЙНОСТЬ РИСА	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-3.0	0.0	-7.0	-4.0	-12.0
V3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-4.0	-1.0	-4.0	-8.0
V4. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	-3.0	-3.0	-8.0	-14.0
V5. АГРОПРИЕМ: ПРОВОКАЦИОННЫЙ ПОЛИВ	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	1.0	-6.0
V6. АГРОПРИЕМ: ИМПУЛЬСНОЕ ОРОШЕНИЕ	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	1.0	-6.0
V7. ДРУГИЕ АГРОПРИЕМЫ	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	1.0	-6.0
V8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОПРИЁМОВ	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	-1.0	-4.0	2.0	-11.0	-3.0
V9. Экономические издержки фермеров	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	1.0
V10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-4.0	-1.0	-4.0	-8.0	-3.0
V11. РИСКИ	0.0	1.0	0.0	1.0	2.0	2.0	-1.0	3.0	4.0	3.0	17.0
V12. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	1.0	-6.0	-3.0
V4.1. Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	0.0	0.0	1.0	3.0	3.0	2.0	0.0	1.0	0.0	-3.0	-4.0
V7.1. Технологии укороченного затопления	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V7.2. Постоянное и прерывистое затопление севооборот и др.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V11.1. Экономические	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	3.0	3.0	8.0
V11.2. Природные	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-4.0	-1.0	-4.0
V11.3. Угрозы человеческого фактора	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	0.0	4.0	1.0	4.0	8.0	3.0
V13. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-4.0	-1.0	-4.0	-8.0	-3.0	-26.0

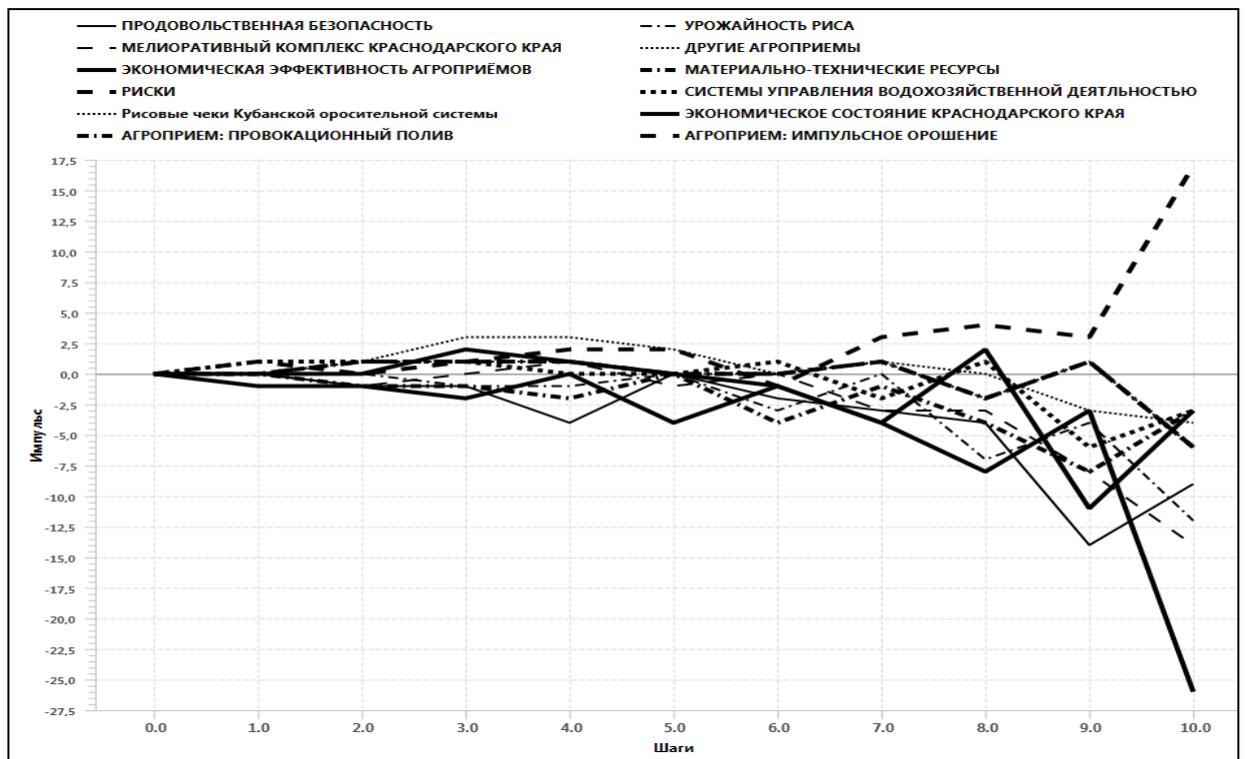


Рисунок 5 – Графики импульсных процессов, Сценарий №4

Как видно по результатам моделирования, Сценарий №4 может считаться крайне неблагоприятным для развития ситуаций в системе. Процессы в системе носят колебательный характер, система «пытается справиться» с действием негативных факторов риска и ослабевающей экономики, но в длительном периоде отрицательные тенденции быстро нарастают, несмотря на попытки противодействия только с позиций совершенствования системы управления водохозяйственной деятельностью.

Рассмотрим еще один сценарий, в котором сохраняются отрицательные условия Сценария №4, но вводится еще один положительный импульс в предположении, что совершенствуется мелиоративный комплекс Краснодарского края.

Сценарий №5. Предположим, что система производства риса подвергается различным рискам (в вершину V11 вносится возмущение  $q_{11}=+1$ ), экономическое состояние Краснодарского края ухудшается (в вершину V12 вносится возмущение  $q_{13}=-1$ ), но этому пытается противостоять система управления водохозяйственной деятельностью (в вершину V12 вносится управляющее воздействие  $q_{12}=+1$ ) и мелиоративный комплекс Краснодарского края совершенствуется ( $q_4=+1$ ). Вектор возмущений  $Q_5=\{q_1=0; \dots q_4=+1; \dots q_{11}=+1; q_{12}=+1; q_{13}=-1\}$ .

Результаты эксперимента представлены в таблице 6 и построенным по данным таблицы рисунке 6.

Таблица 6 – Результаты вычислительного эксперимента, Сценарий №5

Шаг Вершина	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
V1. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	0.0	0.0	-1.0	1.0	-2.0	4.0	4.0	12.0	22.0	27.0	69.0
V2. УРОЖАЙНОСТЬ РИСА	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	1.0	10.0	6.0	23.0	34.0
V3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	2.0	-2.0	6.0	6.0	11.0
V4. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	1.0	0.0	1.0	3.0	3.0	8.0	8.0	17.0	28.0	53.0
V5. АГРОПРИЕМ: ПРОВОКАЦИОННЫЙ ПОЛИВ	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	2.0	11.0	7.0
V6. АГРОПРИЕМ: ИМПУЛЬСНОЕ ОРОШЕНИЕ	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	2.0	11.0	7.0
V7. ДРУГИЕ АГРОПРИЕМЫ	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	2.0	11.0	7.0
V8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОПРИЁМОВ	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	3.0	3.0	0.0	14.0	9.0	42.0
V9. Экономические издержки фермеров	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	2.0	11.0
V10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	2.0	-2.0	6.0	6.0	11.0	35.0
V11. РИСКИ	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.0	-5.0	-13.0	-26.0	-28.0
V12. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	2.0	11.0	7.0	24.0
V4.1. Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	0.0	0.0	1.0	3.0	4.0	5.0	3.0	5.0	8.0	15.0	29.0
V7.1. Технологии укороченного затопления	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V7.2. Постоянное и прерывистое затопление севооборот и др.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V11.1. Экономические	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	-3.0	-3.0	-8.0	-8.0	-17.0	-28.0
V11.2. Природные	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	2.0	-2.0	6.0	6.0
V11.3. Угрозы человеческого фактора	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	-2.0	2.0	-6.0	-6.0	-11.0	-35.0
V13. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	2.0	-2.0	6.0	6.0	11.0	35.0	35.0

Анализ результатов моделирования по сценарию №5 показывает возможность системы противостоять рассмотренным негативным изменениям в ее подсистемах (V11 и V13). Предположим, что может существовать благоприятное сочетание многих обстоятельств – Сценарий №6.

Сценарий №6. Предположим, что в системе начинают нарастать риски, появляются новые внешние и внутренние угрозы ( $q_{11}=+1$ ), но состояние экономики хорошее ( $q_{13}=+1$ ), мелиоративный комплекс улучшается ( $q_4=+1$ ), применяются различные агроприемы ( $q_6=+1$ ). Вектор возмущений  $Q_6=\{q_1=0; \dots q_4=+1; \dots q_6=+1; \dots q_{11}=+1; q_{12}=+1; q_{13}=+1\}$ .

Результаты эксперимента представлены в таблице 7 и построенным по данным таблицы рисунке 7. Анализ результатов Сценария №6 показывает, что неблагоприятным внешним и внутренним воздействиям можно противостоять, применяя стратегии сочетания нескольких совместных положительных воздействий на систему – развивая мелиоративный комплекс, совершенствуя систему управления, применяя различные

агроприемы в соответствии с изменениями природно-климатических условий.

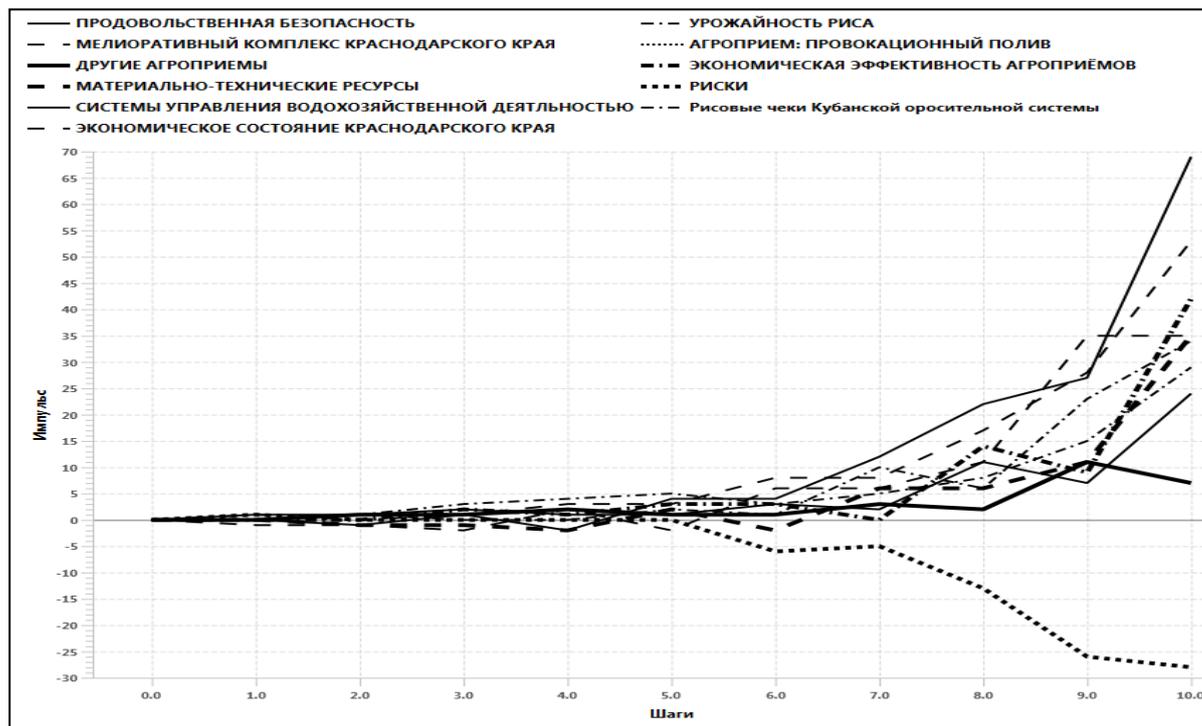


Рисунок 6 – Графики импульсных процессов, Сценарий №5

Таблица 7 – Результаты вычислительного эксперимента, Сценарий №6

Шаг	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
Вершина											
V1. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	0.0	0.0	1.0	3.0	3.0	17.0	24.0	49.0	80.0	154.0	285.0
V2. УРОЖАЙНОСТЬ РИСА	0.0	0.0	1.0	0.0	5.0	9.0	14.0	31.0	47.0	103.0	163.0
V3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	9.0	8.0	27.0	36.0	76.0
V4. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	1.0	0.0	4.0	8.0	11.0	22.0	39.0	76.0	127.0	238.0
V5. АГРОПРИЕМ: ПРОВОКАЦИОННЫЙ ПОЛИВ	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	6.0	10.0	15.0	32.0	48.0
V6. АГРОПРИЕМ: ИМПУЛЬСНОЕ ОРОШЕНИЕ	0.0	1.0	2.0	2.0	3.0	2.0	7.0	11.0	16.0	33.0	49.0
V7. ДРУГИЕ АГРОПРИЕМЫ	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	6.0	10.0	15.0	32.0	48.0
V8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОПРИЁМОВ	0.0	0.0	1.0	5.0	4.0	9.0	11.0	26.0	52.0	72.0	158.0
V9. Экономические издержки фермеров	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	6.0	10.0	15.0	32.0
V10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	9.0	8.0	27.0	36.0	76.0	133.0
V11. РИСКИ	0.0	1.0	0.0	-2.0	-2.0	-6.0	-21.0	-25.0	-54.0	-98.0	-172.0
V12. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	6.0	10.0	15.0	32.0	48.0	104.0
V4.1. Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	0.0	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	9.0	23.0	36.0	63.0	113.0
V7.1. Технологии укороченного затопления	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V7.2. Постоянное и прерывистое затопление севооборот и др.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V11.1. Экономические	0.0	0.0	-1.0	0.0	-4.0	-8.0	-11.0	-22.0	-39.0	-76.0	-127.0
V11.2. Природные	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	9.0	8.0	27.0	36.0
V11.3. Угрозы человеческого фактора	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-3.0	-9.0	-8.0	-27.0	-36.0	-76.0	-133.0
V13. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	0.0	1.0	1.0	3.0	9.0	8.0	27.0	36.0	76.0	133.0	227.0

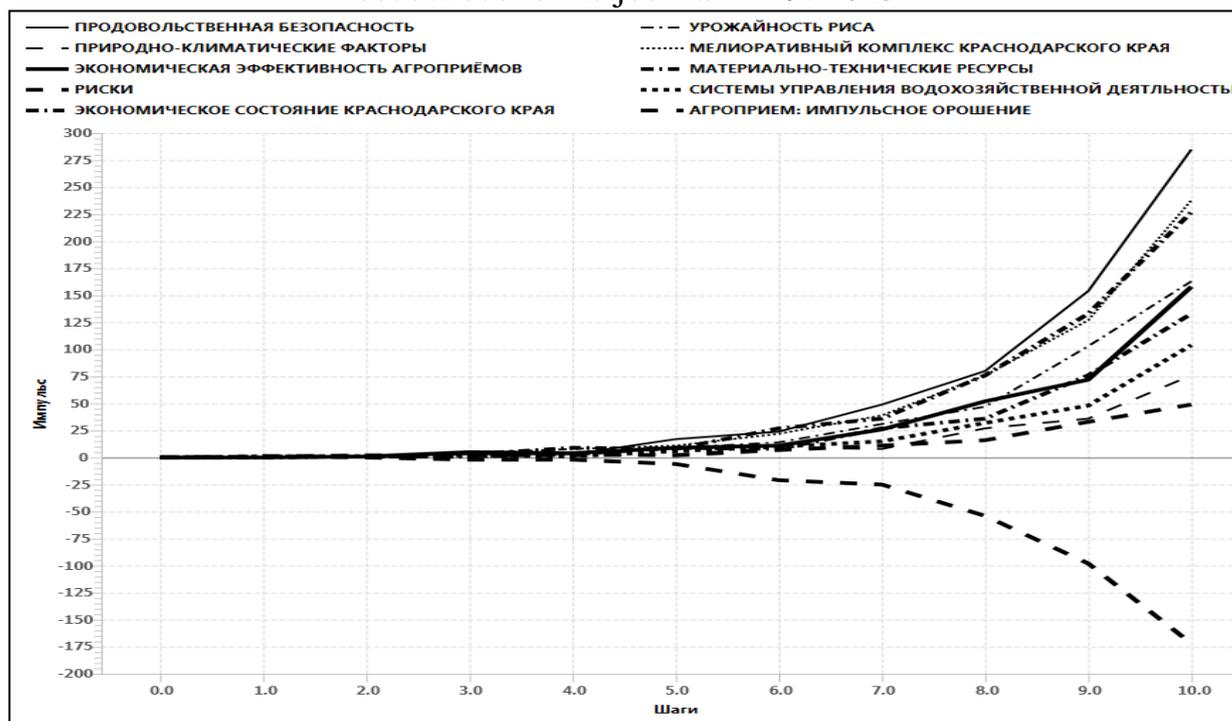


Рисунок 7 – Графики импульсных процессов, Сценарий №6

Сопоставим результаты всех вычислительных экспериментов (таблица 8).

Таблица 8 – Сравнение результатов моделирования сценариев

Код	Вершины	Сценарий					
		№1	№2	№3	№4	№5	№6
V1	Продовольственная безопасность	34	48	22	-9	69	285
V2	Урожайность риса	21	29	16	-12	34	163
V3	Природно-климатические факторы	11	15	8	-8	11	76
V4	Мелиоративный комплекс Краснодарского края	31	43	23	-14	53	238
V5	Агроприем: провокационный полив	7	9	5	-6	7	48
V6	Агроприем: импульсное орошение	6	10	5	-6	7	49
V7	Другие агроприемы	6	9	6	-6	7	48
V8	Экономическая эффективность агроприема	17	28	16	-3	42	158
V9	Экономические издержки фермеров	4	5	3	1	11	32
V10	Материально-технические ресурсы	14	22	12	-3	35	133
V11	Риски	-24	-32	-15	17	-28	-172
V12	Системы управления водохозяйственной деятельностью	13	18	8	-3	24	104
V4.1	Рисовые чеки Кубанской оросительной системы	13	20	11	-4	29	113
V11.1	Экономические риски	-18	-23	-12	8	-28	-127
V11.2	Природные риски	3	6	4	-4	6	36
V11.3	Угрозы человеческого фактора	-14	-22	-12	3	-35	-133
V13	Экономическое состояние Краснодарского края	32	44	25	-26	35	227

Как видно по результатам моделирования, самым неблагоприятным может быть Сценарий №4. Сценарий №6 является самым оптимистичным. Рекомендую его как основу для разработки стратегий развития системы производства риса в Краснодарском крае, можно заметить, что при этом должен быть разрабатываться комплекс взаимосвязанных мер для повышения урожайности риса, не сосредотачиваться только на единичных мероприятиях (Сценарии №1, 2, 3).

**Заключение.** В статье представлена часть результатов исследования сложной системы производства риса в Краснодарском крае с применением когнитивного имитационного моделирования. Стоит учитывать, что эксперимент над реальной системой может включать в себя изменение многих условий, которые могут носить как положительный, так и отрицательный характер. Считаем, что когнитивное моделирование сложных систем позволяет прогнозировать сценарии развития систем, которые в реальной жизни или тяжело прогнозируются или могут привести к возникновению опасных ситуаций для функционирования реальной системы, и как следствие, потребовать много временных и финансовых затрат. В данном случае такой эксперимент позволил разработать набор сценариев, реализация лучших из них может быть рекомендована при проектировании стратегий развития производства риса.

#### **Список источников**

1. Малышева Н.Н. К вопросу развития отрасли рисоводства // Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. тр. по материалам V Международ. науч.-практ. конф. – Белгород, 2015. – № 5, ч. 1. – С. 71–73.
2. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка [и др.]. – Краснодар, 2015. – 352 с.
3. Владимирова С.А. Стратегия устойчивого экологически безопасного рисоводства. Монография. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 160 с.

4. Dobermann A. Productivity growth is important for sustainable rice production // *Rice Today*. – 2017. – Vol. 16. – № 4. – P. 34.
5. Joven B. Climate change action plans for rice farming: from concepts to implementation // *Rice Today*. – 2016. – Vol. 16. – № 4. – P. 26–28.
6. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию. // Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001) – М.: ИПУ РАН, 2001. – Т. 1. – С. 4-18.
7. Абрамова Н.А. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики / Н.А. Абрамова, З.К. Авдеева // *Проблемы управления*. – 2008. – № 3. – С. 85–87.
8. Горелова Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. – 332с.
9. Горелова Г.В. Когнитивный анализ возможности устойчивого развития сельских территорий / Г.В. Горелова, А.А. Саак // *Естественно-гуманитарные исследования*. – № 5 (55). – 2024. – С. 297-305.
10. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661506 от 07.09.2018.

### References

1. Malysheva N.N. On the development of the rice industry//Modern trends in the development of science and technology: Sat. scientific. tr. based on materials V International. scientific-practical. conf. - Belgorod, 2015. - №. 5, part 1. - P. 71-73.
2. The agricultural system of the Krasnodar Territory on an agrolandscape basis / A.N. Box [et al.]. - Krasnodar, 2015. - 352 p.
3. Vladimirov S.A. Sustainable Sustainable Rice Strategy. Monograph. - Krasnodar: KubSAU, 2017. - 160 p.

4. Dobermann A. Productivity growth is important for sustainable rice production // Rice Today. – 2017. – Vol. 16. – № 4. – P. 34.
5. Joven B. Climate change action plans for rice farming: from concepts to implementation // Rice Today. – 2016. – Vol. 16. – № 4. – P. 26–28.
6. Maximov V.I. Cognitive technologies - from ignorance to understanding // Sat. Proceedings of the 1st International Conference "Cognitive Analysis and Development Management," (CASC "2001) – M.: IPU RAS, 2001. – VOL. 1. – P. 4-18.
7. Abramova N.A. Cognitive analysis and management of the development of situations: problems of methodology, theory and practice / N.A. Abramova, Z.K. Avdeeva // Management problems. – 2008. – № 3. - P. 85-87.
8. Gorelova G.V. Study of semi-structured problems of socio-economic systems: a cognitive approach / G.V. Gorelova, E.N. Zakharova, S.A. Radchenko. –Rostov n/a: Publishing House of the RSU, 2006. – 332 p.
9. Gorelova G.V. Cognitive analysis of the possibility of sustainable development of rural areas / G.V. Gorelova, A.A. Sahak // Natural-humanitarian research. – № 5 (55). – 2024. - P. 297-305.
10. Program for cognitive modeling and analysis of regional-level socioeconomic systems. Certificate of state registration of the computer program No. 2018661506 dated 07.09.2018.

© Горелова Г.В., Губиева С.Ю., 2025. Московский экономический журнал,

2025, № 9.