

**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
МЕЛИОРАТИВНЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ**

**A PROBABILISTIC MODEL OF THE PROCESS OF LAND RECLAMATION
MANAGEMENT**



УДК 631.6

DOI:10.24411/2588-0209-2019-10093

Владимиров Станислав Алексеевич

кандидат с/х. наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Сафронова Татьяна Ивановна

доктор техн. наук, профессор, кафедра «Высшей математики», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Приходько Игорь Александрович

кандидат техн. наук, доцент, кафедра «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Vladimirov Stanislav Alekseevich

agricultural candidate. Sciences, Professor, Head of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Safronova Tatyana Ivanovna

doctor tech. Sciences, Professor, Department of Higher Mathematics, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Prikhodko Igor Alexandrovich

Candidate of Tech. Sciences, Associate Professor, Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Аннотация

Для учета роста антропогенной нагрузки существует много различных методик, которые позволяют качественно и/или количественно оценить степень влияния различных агроприемов на мелиоративное состояние почв и прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур. Однако крайне сложно оценить влияние одного мелиоративного показателя (критерия) на потенциальную урожайность и динамику мелиоративного состояния почв, потому что он всегда находится во взаимодействии с другими мелиоративными показателями (критериями), что может приводить как к усилению, так и снижению его степени влияния на мелиоративное состояние почвы. Дифференцирование степени влияния мелиоративных показателей в зависимости от взаимосвязей с другими мелиоративными показателями (критериями) является одной из первостепенных задач сельского хозяйства, а её решение позволит повысить экономическую безопасность России. Наши исследования показали, что ключом к решению данной задачи является использование математических моделей, реализованных в современных программных продуктах, позволяющих работникам агропромышленного комплекса систематизировать и дать дифференциальную оценку различным вариантам управленческих решений по разработке технологических карт, которые формируются путем учета многофакторности и многокритериальности полученных значений мелиора-

тивного состояния почв, природно-климатических факторов и имеющихся материально-технических ресурсов хозяйства. Следовательно, рассматриваемая в статье математическая модель может рассматриваться как вариант обоснованного выбора повышения эффективности управления мелиорацией. В работе составлены выражения математического ожидания (среднего значения) и плотности вероятностей длительности наступления удовлетворительного мелиоративного состояния оросительной системой. Использование разработанной вероятностной модели процесса управления намечаемыми мероприятиями позволит работникам агропромышленного комплекса снизить риски неопределенностей при принятии управленческих решений.

Summary

There are many different methods that allow assessing qualitatively and / or quantitatively the degree of influence of different agricultural practices on the reclamation state of soils and predict crop yields to value the growth of anthropogenic load. However, it is extremely difficult to assess the impact of one reclamation indicator (criterion) on the potential yield and dynamics of soil reclamation state, because it is always in the interaction with other reclamation indicators (criteria), which can lead both to strengthening and reducing its degree of influence on the reclamation state of the soil. Differentiation of the degree of influence of reclamation indicators (criteria) depending on the relationship with other reclamation indicators (criteria) is one of the primary tasks of agriculture, and its solution will improve the economic security of Russia. Our researches have shown that the key to solving this problem is the use of mathematical models implemented in modern software products which allow agricultural workers to organize and to give a differential assessment of different variants of managerial decisions on development of technological cards, which are formed by taking into account multivariation and multicriteria of obtained values of soil reclamation status, climatic factors and available material and technical resources of the economy. Therefore, the mathematical model shown in

the article can be considered as a reasonable choice to improve the efficiency of land reclamation management. The expressions of mathematical expectation (average value) and density of probabilities of duration of occurrence of a satisfactory reclamation state by irrigation system are made in the work. The use of the developed probabilistic model of the process of management of planned activities will allow employees of the agro-industrial complex to reduce the risks of uncertainty in management decisions.

Ключевые слова: *рисоводство, математическая модель, урожайность, рентабельность, диверсификация, ресурсосбережение.*

Keywords: *rice growing, mathematical model, productivity, profitability, diversification, resource saving.*

Введение. Современный этап производства сельскохозяйственной продукции обусловлен крайне быстрым ростом технологий, применение которых зачастую приводит к снижению мелиоративного состояния почв вплоть до полного их вывода из сельскохозяйственных севооборотов.

Следовательно, разработки в области повышения качества и/или продуктивности урожая с сохранением агроресурсного потенциала почв имеют приоритетное значение для экономики страны и должны обсуждаться на всех уровнях для выработки современных управленческих решений, позволяющих получать прогнозируемый урожай в любом хозяйстве России используя имеющиеся материально-технические ресурсы и природно-климатические факторы региона.

Методология проведения исследования. Опыт выращивания риса показывает, что плодородие освоенных под рис земель, через некоторый промежуток времени (10-15 лет) начинает падать [1,2]. Причины отмеченного явления не полностью вскрыты. Основная из них связывается с деградацией почв при рисосеянии [3].

Под деградацией почв рисовых полей подразумевается развитие при затоплении комплекса процессов элюирования и внутри-горизонтальной сегрегации восстановленных соединений железа и марганца и выноса тонкодисперсных частиц. В конечном итоге деградированные горизонты приобретают признаки подзолистых или осолоделых почв [4].

Деградиционные процессы в почвах рисовых полей Кубани связаны, в основном, с уменьшением содержания гумуса, ухудшением его качественного состава, декарбонизацией верхних горизонтов почвы и ее ощелачиванием. Отмечаются повышение плотности с 1,04 до 1,5 г/см³ и явления слитизации, а также снижение величины общей порозности. Особенно интенсивно эти процессы идут в первые годы культивирования риса [6]. Уменьшается содержание гумуса, причем наиболее интенсивно в первые годы освоения, ухудшается и азотный режим почв [7]. Происходит прогрессивное накопление закисных форм железа (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика некоторых свойств почв в слое 0-20 см в зоне Приазовских плавней в период освоения под рис (по О. Б. Цветновой)

Год исследования	pH	Гумус, %	N, %	Подвижные формы				
				NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fe ²⁺	Fe ³⁺
1	7,07	4,7	0,22	-	7,5	60,2	89,4	5,7
2	7,89	4,4	0,21	-	3,6	66,7	133,5	30,3
3	7,91	4,5	0,22	6,2	5,8	77,2	172,8	14,4
4	8,03	3,9	-	3,6	3,5	70,1	342,5	185,1
5	8,11	4,4	-	3,7	4,4	118,1	-	-

Также отмечается снижение в почве подвижных соединений фосфора. Динамика калия при монокультуре риса имеет, в отличие от фосфора, обратный характер в результате чередования периодов затопления и высушивания, сопровождающегося трансформацией глинных минералов и высвобождения доступного растениям калия [1,4].

Почвы, богатые гумусом, при прочих равных условиях, в значительно большей степени способны противостоять уплотнению. Это связано с тем, что гумусированность обуславливает механическую прочность и устойчивость к размоканию агрегатов почвы. Поэтому потеря гумуса неизбежно приводит к уплотнению почвы [8].

С другой стороны, гумусированные почвы обладают способностью к самовосстановлению оптимального сложения. Это связано со свойством гумуса как субстрата для развития микроорганизмов и корней растений и донора энергии для микробиологических и физико-химических процессов в почве. В этой связи целесообразно оценить значение гумуса в стабилизации почвы и экосистемы в целом, а также в их способности противостоять внешним негативным воздействиям через его энергетическую характеристику.

Гумус является основным хранителем солнечной энергии, накопленной за тысячелетия, и источником для жизни почвы [9]. В среднем в почвах с содержанием гумуса 140 т/га запасено $5,6 \cdot 10^8$ ккал или 2344,6 ГДж энергии. Произошедшее снижение содержания гумуса только в пахотном слое с 4,8 до 3,8% привело к потере $1,4 \cdot 10^8$ ккал энергии или 586,1 ГДж на гектаре [10].

Деграционные изменения свойств почв рисовых полей дельты Кубани и зоны Приазовских плавней, в частности, при возделывании риса во многом определяются тем, что сведение естественных (тростниковых) сообществ приводит к резкому падению продуктивности биогеоценозов [11].

Запасы органики в почве в первый год использования под рис по сравнению с почвами неосвоенных плавней сокращаются почти вдвое. Темпы снижения содержания растительных остатков со временем ослабевают, однако на шестой год использования до 90% органического вещества теряется при освоении территории плавней. Если учесть, что площадь торфяников и торфяно-глеевых почв, освоенных под культуру риса в зоне Приазовских плавней, составляла около 30 тыс. га, то безвозвратные потери органического вещества уже в первые годы их освоения находились в пределах 1,5 - 2 млн. т, а через 10 лет – до 8 - 9 млн.т. Потерян огромный энергетический потенциал почв, накапливавшийся столетиями и тысячелетиями [12].

Существенно влияние на деграционные процессы структуры посевов. В 70-е и в начале 80-х годов прошлого столетия преобладало мнение о необходимости насыщения севооборотов рисом до 80%, и даже введения монокультуры риса. В результате почвы резко снизили плодородие как за счет потери свежего органического вещества, так и за счет заболачивания. Лишь в последние годы рисосеяние взяло курс на оптимизацию соотношения посевов риса с суходольными или мало орошаемыми культурами, снизив долю риса до 62,5 и даже 50% [13]. Этим в значительной степени объясняется тенденция роста урожайности риса в последние годы.

В последнее время признана необходимость подготовки принятия решений. Для этого требуется разработка соответствующего информационно - методического обеспечения, основанного на сочетании опыта с результатами математического моделирования [14].

Рисовые оросительные системы (РОС) следует рассматривать как сложный динамический комплекс, функционирующий и развивающийся в условиях неопределённости.

Разработка методов структуризации и анализа информации для целей обоснования хозяйственных мероприятий используется для повышения научной обоснованности экологической экспертизы для охраны земель на рисовой оросительной системе.

В настоящее время методология информационного обеспечения экологической экспертизы при охране земель РОС ещё не сформирована [15]. Точность используемых в современной практике методов экологического прогнозирования очень невысока. Эти методы могут, по большей части, дать лишь качественную оценку предстоящих антропогенных изменений природной среды [16]. Необходима количественная мера оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и разработка механизма информационного обеспечения экспертных работ.

Ход исследования. Будем рассматривать параметры, характеризующие мелиоративную систему, случайными величинами [2]. Приведем примеры возможных мероприятий: внесение удобрений; система обработки почвы, мероприятия по устранению щелочности и кислотности почв и др. Составим математическую модель процесса снижения цены намечаемого мероприятия.

Рассмотрим случай, когда цена затрачиваемых мероприятий $S(t)$ изменяется непрерывно со временем t . Разрешим уравнение $S(t) = S$ относительно аргумента t . Получим соотношение $t = t(S)$.

Затрачиваемые мероприятия рассматриваем пуассоновским потоком постоянной интенсивности λ . Вероятность доведения системы до определенного состояния $R(S)$ зависит от цены $S(t)$. Отметим, что существует минимальная цена S_m , такая что $R(S_m) = 1$, то есть по этой цене отмечается наступление ущерба окружающей среде всегда.

Вычислим характеристики случайной величины – длительности наступления определенного состояния системы.

Пусть τ – случайное время, проходящее между моментом времени t и моментом наступления запланированного состояния. Обозначим через $m_t(S)$ условное математическое ожидание величины τ при условии, что в момент времени t запланированное состояние не наступило и предполагающаяся цена была равна S , то есть $m_t(S) = M\{\tau | S(t) = S\}$. Составим выражение для $m_t(S)$.

Рассмотрим момент времени $t + \Delta t$. Тогда в любом случае за время, равное Δt , с вероятностью $\lambda R(S)\Delta t$ запланированное состояние будет достигнуто и время, оставшееся до этого момента, станет равным нулю. С вероятностью $1 - \lambda R(S)\Delta t$ состояние не будет

достигнуто и время, оставшееся до его наступления, станет равным $m_t(S + \Delta S)$. Эти рассуждения позволяют записать выражения (1) в виде:

$$m_t(S) = \Delta t + \lambda R(S)\Delta t \cdot 0 + (1 - \lambda R(S)\Delta t)m_t(S + \Delta S). \quad (1)$$

Запишем ряд Тейлора для $m_t(S + \Delta S)$

$$m_t(S) = \Delta t + (1 - \lambda R(S)\Delta t)[m_t(S) + m'_t(S) \cdot \Delta S] + o(\Delta t),$$

Выполним преобразования, перейдем к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$. Получим:

$$0 = 1 - \lambda R(S)m_t(S) + m'_t(S) \frac{dS}{dt}.$$

Так как $S(t)$ – дифференцируемая функция, определим $t = t(S)$ и введем функцию $a(S) = -\frac{dS}{dt}\Big|_{t=t(S)}$; S – убывающая функция – потому $a(S) > 0$.

Используя введенную функцию $a(S)$, получим уравнение:

$$m'_t(S)a(S) + \lambda p(S)m_t(S) = 1,$$

или после деления на $a(S)$ – окончательно уравнение для $m_t(S)$:

$$m'_t(S) + g(S)m_t(S) = \frac{1}{a(S)} \quad (2)$$

Запишем общее решение уравнения

$$m_t(S) = C_0 \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S \frac{1}{a(y)} \exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right) dy. \quad (3)$$

Константу C_0 находим из следующих рассуждений. Пусть в момент времени t имеет место условие $S(t) = S_m$. Тогда $R(S_m) = 1$. Так как намечаемые мероприятия образуют пуассоновский поток интенсивности λ , то среднее время равно $1/\lambda$. Подставив в (3) S_m вместо S , получим $C_0 = 1/\lambda$. Подставляем найденное значение C_0 в (3.3):

$$m_t(S) = \frac{1}{\lambda} \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S \frac{1}{a(y)} \exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right) dy. \quad (4)$$

Полученная формула определяет $m_t(S)$ – среднюю длительность наступления определенного состояния системы, по которой можно отслеживать результат эксплуатационных мероприятий, обеспечивающий повышение эффективности эксплуатации, в том числе, при учете климатического фактора (наличие осадков, влажность, температура окружающей среды и т.д.).

Итак, формула (4) определяет математическое ожидание (среднее значение) длительности наступления удовлетворительного состояния мелиоративной системы и может быть использована при разработке эксплуатационных решений.

Далее подготовим выражение для плотности вероятностей длительности выполнения намечаемого мероприятия. Пусть S – цена намечаемого мероприятия. Используем преобразование Лапласа. Введем функцию:

$$G_t(q, S) = M\{e^{-q\tau} | S(t) = S\}. \quad (5)$$

Рассматривая момент времени $t + \Delta t$ придем к соотношению:

$$G_t(q, S) = \lambda R(S) \Delta t \cdot e^{-q\Delta t} + (1 - \lambda R(S) \Delta t) e^{-q\Delta t} G_t(q, S + \Delta S). \quad (6)$$

Далее имеем

$$e^{-q\Delta t} = 1 - q\Delta t + o(\Delta t),$$

$$G_t(q, S + \Delta S) = G_t(q, S) + \frac{\partial G_t(q, S)}{\partial S} \Delta S.$$

Подставляя составленные выражения в (6) и собирая слагаемые порядка Δt , получим:

$$G_t(q, S) = G_t(q, S) + \frac{\partial G_t(q, S)}{\partial S} \Delta S - (\lambda R(S) + q) G_t(q, S) \Delta t + \lambda R(S) \Delta t.$$

Сокращая $G_t(q, S)$, деля на Δt и переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, найдем:

$$\frac{\partial G_t(q, S)}{\partial S} + \left(g(S) + \frac{q}{a(S)}\right) G_t(q, S) = g(S). \quad (7)$$

Приводим общее решение уравнения (7):

$$G_t(q, S) = C_0(q) \exp\left(-\int_{S_m}^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right) dx\right) + \int_{S_m}^S g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right) dx\right) dy. \quad (8)$$

Выражение для $C_0(q)$ находится из следующих соображений. Возьмем $S(t) = S_m$, тогда $p(S_m) = 1$ и намечаемое мероприятие сразу достигает цели. Так как поток намечаемых мероприятий является пуассоновским потоком интенсивности λ , то плотность вероятностей величины временного интервала до выполнения намеченной цели будет равна $p(\tau) = \lambda e^{-\lambda\tau}$ и преобразование Лапласа от этой функции имеет вид $\frac{\lambda}{\lambda+q}$ [2]. Полагая в (8) $S = S_m$, получаем окончательно:

$$G_t(q, S) = \frac{\lambda}{\lambda+q} \exp\left(-\int_{S_m}^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right) dx\right) + \int_{S_m}^S g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right) dx\right) dy \quad (9)$$

В частности, если намечаемое мероприятие в момент времени $t = 0$ оценивается S_0 , то есть $S(0) = S_0$, то:

$$G_t(q, S_0) = \frac{\lambda}{\lambda + q} \exp \left(- \int_{S_m}^{S_0} \left(g(x) + \frac{q}{a(x)} \right) dx \right) + \int_{S_m}^{S_0} g(y) \cdot \exp \left(- \int_y^{S_0} \left(g(x) + \frac{q}{a(x)} \right) dx \right) dy. \quad (10)$$

Найдя обратное преобразование Лапласа от этого выражения получим окончательно:

$$p(\tau) = \begin{cases} -g(S(\tau)) \exp \left(- \int_{S(\tau)}^{S_0} g(x) dx \right) S'(\tau), & 0 \leq \tau < t(S_m), \\ \lambda e^{-\lambda(\tau - t(S_m))} \cdot \exp \left(- \int_{S_m}^{S_0} g(x) dx \right), & \tau \geq t(S_m). \end{cases} \quad (11)$$

В случае, когда $\int_{S_m}^{S_0} g(x) dx = +\infty$ и $t(S_m) = +\infty$, выражение для $p(\tau)$ имеет вид:

$$p(\tau) = -g(S(\tau)) \exp \left(- \int_{S(\tau)}^{S_0} g(x) dx \right) S'(\tau), \quad \tau \geq 0 \quad (12)$$

Упростим выражение (12)

$$g(S) = -\frac{\lambda R(S)}{S'(t(S))}, \text{ и поэтому}$$

$$-g(S(\tau)) \cdot S'(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \frac{S'(\tau)}{S'(t(S(\tau)))} = \lambda R(S(\tau)) \frac{S'(\tau)}{S'(\tau)} = \lambda R(S(\tau)).$$

Далее

$$\frac{1}{S'(t(S))} = \frac{1}{dS/dt|_{t=t(S)}} = \frac{dt(S)}{dS},$$

Следовательно,

$$\int_{S(\tau)}^{S_0} g(x) dx = - \int_{S(\tau)}^{S_0} \frac{\lambda R(S)}{S'(t(S))} dS = \int_{S(\tau)}^{S_0} \lambda R(S) dt(S) = \int_{\tau}^0 \lambda R(S(t)) dt.$$

Окончательно получаем:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \exp \left(- \int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt \right). \quad (13)$$

Выводы. Полученное выражение (13) для плотности вероятностей времени достижения системой удовлетворительного состояния проще исходного (12) и может быть использовано при разработке эксплуатационных решений.

Для вероятностной модели процесса управления намечаемыми мероприятиями найдены следующие характеристики – плотность вероятностей и математическое ожидание времени, проходящего от начального момента эксплуатации мелиоративной системы до

момента наступления удовлетворительного состояния. В дальнейшем планируем получить распределение вероятностей цены, по которой оно будет достигнуто. Разрабатываемая вероятностная модель процесса управления намечаемыми мероприятиями позволит решить поставленные задачи и снизить риски неопределенностей при принятии управленческих решений.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки мелиоративного состояния орошаемых земель и эффективности проводимых мелиоративных мероприятий; анализа достоверности почвенно-мелиоративных прогнозов и расчётов; прогноза динамики почвенно-мелиоративных процессов; своевременной разработки эколого-адаптивных агро мероприятий, способствующих сохранению и повышению плодородия почвы.

Список использованной литературы

1. Сафронова, Т.И. Моделирование динамики органического вещества почв / Т.И. Сафронова, И.В. Соколова // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. – 2017. – С. 42-43.
2. Дегтярева, О. Г. Численный метод вариантного проектирования чаши бассейна и его технико-экономическая оценка / О. Г. Дегтярева, С. Ю. Найденов, Т. И. Сафронова, Г. В. Дегтярев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. № 69. – С.303-308.
3. Kuznetsov, E.V. Development of a land resources protection model / E.V. Kuznetsov, T.I. Safronova, I.V. Sokolova, A.E. Khadzhide, A.D. Gumbarov // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2017. Т. 8. № 1 (17). – С. 78-83.
4. Устройство для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды: пат. 2392379 С1 Рос. Федерация: МПК E02B 15/04 (2006/.01) / О.Г. Дегтярева, Т.И. Сафронова, Г.В. Дегтярев, заявитель и патентодержатель ФГОУ ВПО «КубГАУ». – №. 2009111963/03 31.03.2009., бюл. №17, 7 с.
5. Сафронова, Т.И., Луценко Е.В. Исследование семантической информационной модели управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета. – 2004. №7. – С. 5-28
6. Efrosinin, D. Reliability analysis of an aging unit with a controllable repair facility activation / D. Efrosinin, M. Farkhadov, J. Sztrik, N. Stepanova // Springer proceedings in mathematics and statistics. – 2018. – Pp. 403–417.

7. Кузнецов, Е. В. Системно-информационная оценка экологического состояния рисовой оросительной системы / Е. В. Кузнецов, Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // МиВХ, 2005. - № 3. - С. 28-30.
8. Способ мелиорации почвы в паровом поле рисового севооборота к посеву риса: пат. 2471339 С1 Рос. Федерация: МПК7 А 01 G 16/00, А 01 В 79/02/ Чеботарев М.И., Приходько И.А., заявитель и патентодержатель ФГОУ ВПО «КубГАУ». №. 2011124233/13. заявл. 15.06.2011, опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
9. Дьяченко, Н. П. Оптимизация ресурсного обеспечения рисовой оросительной системы / Н. П. Дьяченко, И. А. Приходько // Науч. журнал Труды КубГАУ. - 2007. № 8. - С. 170-173
10. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Мониторинг почвенно-мелиоративного состояния земель дельты реки Кубань. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2006. -№ 17. - С. 12-21.
11. Сафронова, Т.И. Информационная модель управления качеством состояния рисовой оросительной системы / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Науч. журнал Труды КубГАУ. - 2007. № 6. - С. 11-15.
12. Владимиров, С.А. Методологические аспекты перехода на экологически чистое устойчивое рисоводство Кубани / С.А. Владимиров, В.П. Амелин, Н.Н. Крылова // Научно-практический журнал Природообустройство. – М.: - 2008. - №1 – С. 24-30.
13. Владимиров, С.А. Критерии продуктивного использования земельных ресурсов и устойчивости агроландшафтов / С.А. Владимиров // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации (23-25 апреля 2015 г.). – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2015. – С. 187-191.
14. Владимиров, С. А. Интенсификация рисоводства как фактор экологической напряженности / С.А. Владимиров, Е.И. Хатхоху, Н.Н. Крылова, Е.Ф. Чебанова // Науч. журнал Труды КубГАУ. – 2018. – Вып. 7(70). - С. 147-155.
15. Владимиров, С.А. Компьютерно-реализуемые модели оптимизации ресурсопотребления в экологическом рисоводстве/ С.А. Владимиров, Е.И. Гронь, Г.В. Аксенов, А.В. Беззубов / Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО. Материалы международной научн. практ. конф., посвященной

- 70-летию Победы в Сталинградской битве. 30 января – 1 февраля 2013 г. г. Волгоград. том 3. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. С. 213-215.
16. Владимиров, С.А. Теоретические основы энергетического механизма влияния климата предпосевного периода на формирование урожайности риса / С.А. Владимиров // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации (23-25 апреля 2015 г.). – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2015. – С. 182-187.

Spisok ispol'zovannoj literatury

1. Safronova, T.I. Modelirovanie dinamiki organanicheskogo veshchestva pochv / T.I. Safronova, I.V. Sokolova // V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kom-pleksa: sbornik statej po materialam 72-j nauchno-prakticheskoy konferencii prepoda-vatelej po itogam NIR za 2016 g. – 2017. – S. 42-43.
2. Degtyareva, O. G. CHislennyj metod variantnogo proektirovaniya chashi bassejna i ego tekhniko-ekonomicheskaya ocenka / O. G. Degtyareva, S. YU. Najdenov, T. I. Safronova, G. V. Degtyarev // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. № 69. – S.303-308.
3. Kuznetsov, E.V. Development of a land resources protection model / E.V. Kuznetsov, T.I. Safronova, I.V. Sokolova, A.E. Khadzhide, A.D. Gumbarov // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2017. T. 8. № 1 (17). – S. 78-83.
4. Ustrojstvo dlya sbora nefti i nefteproduktov s poverhnosti vody: pat. 2392379 S1 Ros. Federaciya: MPK E02B 15/04 (2006/01) / O.G. Degtyareva, T.I. Safronova, G.V. Degtyarev, zayavitel' i patentoderzhatel' FGOU VPO «KubGAU». – №. 2009111963/03 31.03.2009., byul. №17, 7 s.
5. Safronova, T.I., Lucenko E.V. Issledovanie semanticheskoy informacionnoj modeli upravleniya kachestvom gruntovyh vod na risovyh orositel'nyh sistemah // Poli-tematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo uni-versiteta. – 2004. №7. – S. 5-28
6. Efrosinin, D. Reliability analysis of an aging unit with a controllable repair facility activation / D. Efrosinin, M. Farkhadov, J. Sztrik, N. Stepanova // Springer proceedings in mathematics and statistics. – 2018. – Pp. 403–417.

7. Kuznecov, E. V. Sistemno-informacionnaya ocenka ekologicheskogo sostoyaniya risovoj orositel'noj sistemy / E. V. Kuznecov, T. I. Safronova, I. A. Prihod'ko // MiVH, 2005. - № 3. - S. 28-30.
8. Sposob melioracii pochvy v parovom pole risovogo sevooborota k posevu risa: pat. 2471339 C1 Ros. Federaciya: MPK7 A 01 G 16/00, A 01 B 79/02/ Chebotarev M.I., Prihod'ko I.A., zayavitel' i patentoderzhatel' FGOU VPO «KubGAU». №. 2011124233/13. zayavl. 15.06.2011, opubl. 10.01.2013, Byul. № 1.
9. D'yachenko, N. P. Optimizaciya resursnogo obespecheniya risovoj orositel'noj sistemy / N. P. D'yachenko, I. A. Prihod'ko // Nauch. zhurnal Trudy KubGAU. - 2007. № 8. - S. 170-173
10. Safronova T.I., Prihod'ko I.A. Monitoring pochvenno-meliorativnogo sostoyaniya zemel' del'ty reki Kuban'. Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2006. -№ 17. - S. 12-21.
11. Safronova, T.I. Informacionnaya model' upravleniya kachestvom sostoyaniya risovoj orositel'noj sistemy / T. I. Safronova, I. A. Prihod'ko // Nauch. zhurnal Trudy KubGAU. - 2007. № 6. - S. 11-15.
12. Vladimirov, S.A. Metodologicheskie aspekty perekhoda na ekologicheski chistoe ustojchivoe risovodstvo Kubani / S.A. Vladimirov, V.P. Amelin, N.N. Krylova // Nauchno-prakticheskij zhurnal Prirodoobustrojstvo. – M.: - 2008. - №1 – S. 24-30.
13. Vladimirov, S.A. Kriterii produktivnogo ispol'zovaniya zemel'nyh resursov i ustojchivosti agrolandshaftov / S.A. Vladimirov // Zemel'nye i vodnye resursy: monitoring ekologo-ekonomicheskogo sostoyaniya i modeli upravleniya: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 10-letiyu Instituta zemleustrojstva, kadastru i melioracii (23-25 aprelya 2015 g.). – Ulan-Ude: Izd-vo BGSKHA im. V.R. Filippova, 2015. – S. 187-191.
14. Vladimirov, S. A. Intensifikaciya risovodstva kak faktor ekologicheskoy napryazhennosti / S.A. Vladimirov, E.I. Hathohu, N.N. Krylova, E.F. Chebanova // Nauch. zhurnal Trudy KubGAU. – 2018. – Vyp. 7(70). - S. 147-155.
15. Vladimirov, S.A. Komp'yuterno-realizuemye modeli optimizacii resursopotrebleniya v ekologicheskom risovodstve/ S.A. Vladimirov, E.I. Gron', G.V. Aksenov, A.V. Bezzubov / Integraciya nauki i proizvodstva – strategiya ustojchivogo razvitiya APK Ros-sii v VTO. Materialy mezhdunarodnoj nauchn. prakt. konf., posvyashchennoj 70-letiyu Po-

bedy v Stalingradskoj bitve. 30 yanvarya – 1fevralya 2013 g. g. Volgograd. tom 3. –
Volgo-grad: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2013. S. 213-215.

16. Vladimirov, S.A. Teoreticheskie osnovy energeticheskogo mekhanizma vliyaniya
klimata predposevnogo perioda na formirovanie urozhajnosti risa / S.A. Vladimirov //
Zemel'nye i vodnye resursy: monitoring ekologo-ekonomicheskogo sostoyaniya i modeli
upravleniya: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii,
posvyashchen-noj 10-letiyu Instituta zemleustrojstva, kadaстров i melioracii (23-25
aprelya 2015 g.). – Ulan-Ude: Izd-vo BGSKHA im. V.R. Filippova, 2015. – S. 182-187.