

УДК 631.3-1/-9:62-559.3

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ ЦЕНЫ НАМЕЧАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА

Коженко Н.В., Сафронова Т.И., Дегтярев Г.В.

*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
e-mail: mail@kubsau.ru*

Перед сельскохозяйственными производителями в свете решения правительства РФ об импортозамещении продукции активно ставится вопрос ресурсосбережения. Прежде всего это касается двух основных факторов производства – земли и воды. Стратегическим направлением работы с землей является повышение ее плодородия, тогда как с водой ставится вопрос ее бережливого использования. В КубГАУ для решения вопроса исключения нерегулируемых протечек на внутрихозяйственном звене оросительных систем разработаны специальные регуляторы. В статье описан один из предлагаемых регуляторов. Регуляторы расхода воды совместно с рисовым чеком и водораспределительным каналом представляют собой систему автоматического регулирования. При проектировании необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, обеспечивающих надежность сооружений в периоды строительства и эксплуатации. Авторы предлагают осуществлять стоимостную оценку намечаемых мероприятий на основе вероятностного подхода, количественно оценивая мероприятия, их состав, объем, сроки ввода, очередность. В рамках предложенной математической модели нами вычислены основные характеристики цены состояния объекта – плотность распределения вероятностей рассматриваемой случайной величины, ее математическое ожидание и дисперсия. Рассмотрена оптимизационная задача о нахождении закона изменения цены удовлетворительного состояния системы, обеспечивающая максимальную прибыль с учетом потерь от неблагоприятного состояния. Модель может быть использована при разработке мероприятий по снижению неопределенностей управленческих решений, при разработке альтернативных управленческих решений, например капитальных затрат на реконструкцию оросительной системы или замену регуляторов на более совершенные, а также при разработке режимов эксплуатации, включая анализ паводкового и межпаводкового периодов эксплуатации оросительной системы.

Ключевые слова: вероятностная модель, стоимостная оценка, оптимизационная задача, фильтрационные потери

THEORETICAL MODEL OF COST DECLINE PROCESS OF THE PLANNED MEASURES ON PROVIDING RICE FIELD WITH WATER

Kozhenko N.V., Safronova T.I., Degtyarev G.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin», Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru*

In the light of the decision of the Government of the Russian Federation on import substitution of products, agricultural producers are actively raising the issue of resource conservation. First of all, this concerns the two main factors of production – land and water. The strategic direction of work with the land is to increase its fertility, whereas with water it is a question of its economical use. In KubGAU, special regulators have been developed to address the issue of eliminating unregulated leaks at the on-farm link of irrigation systems. The article describes one of the proposed regulators. Regulators of water flow together with rice field and water distribution channel are an automatic control system. When designing, it is necessary to provide the implementation of measures for ensuring the reliability of structures during periods of construction and operation. The authors propose to carry out a cost estimate of the planned measures on the basis of a probabilistic approach, quantifying the measures, their composition, volume, lead times, and priority. Within the framework of the proposed mathematical model, we calculated the main characteristics of the price of the state of an object – the probability distribution density of the random variable in question, its expectation and variance. The optimization problem of finding the law of price change of a satisfactory state of the system, ensuring maximum profit with regard to losses from an unfavorable state, is considered. The model can be used in the development of measures to reduce management uncertainties, in the development of alternative management solutions, for example, capital expenditures, the reconstruction of the irrigation system or the replacement of regulators with more advanced ones, as well as in the development of operating modes, including the analysis of flood and low-flow periods systems.

Keywords: probabilistic model, valuation, optimization problem, seepage losses

Взятый Российской Федерацией курс на импортозамещение сельскохозяйственной продукции тем более актуален для такого продукта, как рис, в силу его высоких потребительских качеств. Рис – теплолюбивое растение, его производство возможно только в южных регионах страны, и возделывание риса затоплением предполагает большое водопотребление [1]. Природно-

климатические факторы, удовлетворяющие производству риса, в полной мере обеспечены в Краснодарском крае, являющемся основным рисопроизводящим регионом страны.

Однако в бассейне реки Кубань, основной водной артерии края, в связи с благоприятным сочетанием природно-климатических факторов, веками активно

использовались земельные и водные ресурсы, но в настоящее время землепользователи сталкиваются с их дефицитом [2].

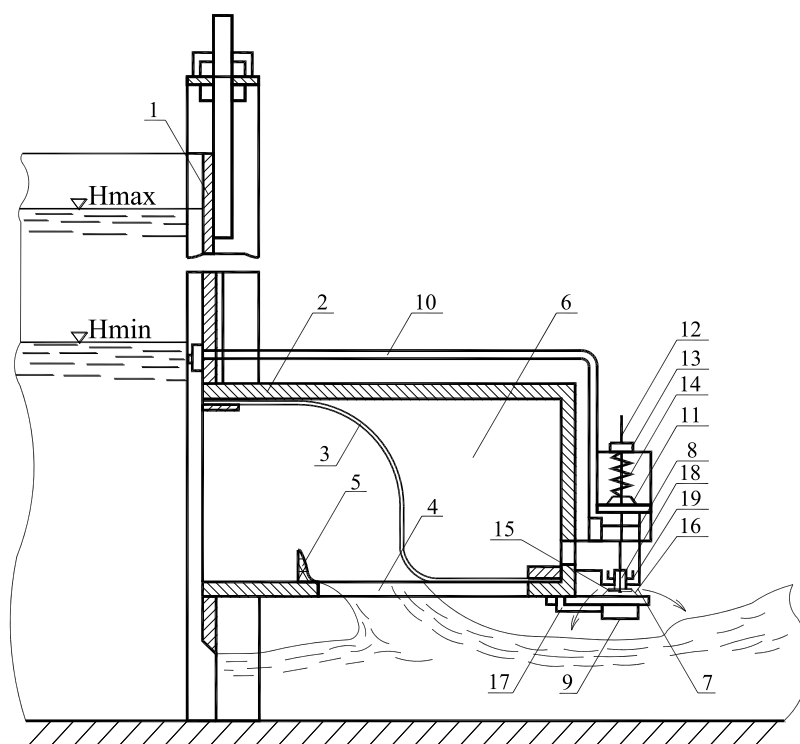
Переход от экстенсивного к интенсивному пути развития отрасли рисоводства – единственный путь в сложившейся ситуации, требующий поиска новых технологических и технических решений [3]. И начинать надо, по нашему мнению, с внутрихозяйственного звена оросительных систем, наиболее обделенного вниманием ученых и производителей в настоящее время. Если вопросу фильтрационных потерь из каналов, в определенной степени значимо влияющему на изменения мелиоративно-гидрологической обстановки не в лучшую сторону, уделялось должное внимание, то практически с конца прошлого столетия, когда широкое внедрение получили регуляторы с эластичными рабочими органами, технические средства водораспределения на внутрихозяйственном звене мало изменились.

При этом, несмотря на положительные качества, такие как простота в эксплуатации, относительная дешевизна устройства и неприхотливость в работе, у данных регуляторов есть существенный недостаток – это нерегулируемые протечки, составляющие порядка 10% [4]. Если в прошлом

с данным недостатком мирились, то настало время, когда такие потери воды для оросительной системы стали неприемлемы.

Для решения вопроса исключения нерегулируемых протечек на внутрихозяйственном звене оросительных систем в КубГАУ разработаны специальные регуляторы [5]. Цель исследования – разработать модель процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека.

Рассмотрим один из предлагаемых регуляторов, представленный на рисунке. Регулятор расхода воды содержит плоский щит 1, к которому со стороны нижнего бьефа прикреплена прямоугольная призма 2. Во внутренней части призмы 2 размещена гибкая лента 3, функционально реализующая задачу запорного органа, причем один ее конец прикреплен к верхней стенке призмы 2, расположенной непосредственно у щита 1, а другой конец, наоборот, прикреплён к нижней стенке призмы 2, в ее части наиболее удаленной от щита 1, и названной седлом 4. Седло 4 на грани водовыпускного отверстия, расположенного в его внутренней части, наиболее приближенной к щиту 1, имеет порог 5 в виде водослива с криволинейным профилем, повернутым в сторону контакта с гибкой лентой.



Регулятор расхода воды с гибким рабочим органом

Запорный орган регулятора, реализованный лентой 3, располагаясь во внутренней полости призмы 2, разделяет последнее на части, одна из которых формирует полость 6, посредством которой и сливного канала 7 реализуется управление работой регулятора. Регулятор расхода воды содержит верхний 8 и нижний 9 мембранные корпуса. Полость верхнего мембранного корпуса 8 соединена трубопроводом 10 с верхним бьефом. Мембрана 11 верхнего мембранного корпуса 8 посредством штока 12 с винтом уставки 13, подпружиненной пружиной 14, имеет связь с жестким центром 15, расположенным на мембране 16, в свою очередь, находящуюся внутри мембранного корпуса 9. При этом корпус 9 гидравлическим каналом 17 связан с полостью 6 регулятора.

Внутри выходного патрубка сливного канала 7 установлен клапан, выполненный в виде втулки 18 с профилированными вырезами 19.

На внутриводоподводящем звене мелиоративной системы регулятор расхода воды функционирует в следующей последовательности действий. Для подачи определенного расхода воды плоский щит 1 устанавливается на определенное открытие. Далее со стороны верхнего бьефа в системе водоподдачи могут быть отмечены рассогласования. Допустим, уровень воды в вышележащем канале повысился, тогда, при наличии гидравлической связи 10, в верхнем мембранном корпусе 8 давление также увеличится. Результатом таких действий явится прогиб мембраны 11, который повлечет сжатие пружины 14 и одновременно перемещение штока 12. Однако, в свою очередь, шток 12 обеспечит изменение положения жесткого центра 15, который закреплен на мембране 16 корпуса 9. При этом корпус 9 гидравлической связью 17 сообщен с полостью 6 регулятора. Осуществляемые из-за изменившегося давления в верхнем бьефе перемещения элементов регулятора приведут в движение и втулку 18, на боковых гранях которой расположены профилированные вырезы 19. Тогда последнее из рассмотренных действий обеспечит уменьшение площади сливного канала 7, а это повлечет уменьшение истечения из полости 6. Запорный орган 3 в таком случае начнет движение и будет перекрывать отверстие в седле 4 истечения из регулятора, обеспечив в конечном итоге, по завершению переходных процессов, восстановление параметров истечения в регуляторе.

Настройка работы регулятора на граничные режимы – полное открытие или полное закрытие истечения через проходное отверстие в седле 4 выполняется с помощью уставки 13 винтом при его установке в соответствующее крайнее положение [6].

Особая роль в рассматриваемом регуляторе отведена порогу 5, расположенному на грани отверстия истечения в седле 4, со стороны верхнего бьефа. Опыт эксплуатации гидравлических регуляторов на рисовых чеках показал, что одно из уязвимых мест их работы – это обеспечение полного перекрытия проходного отверстия в седле 4 [7]. В момент перекрытия силы гидравлического воздействия на запорный орган с обеих сторон практически уравниваются, а такое неустойчивое состояние не может обеспечить полного перекрытия отверстия истечения, следствием чего являются нерегулируемые протечки. В рассмотренном регуляторе порог 5 позволяет использовать гидравлическое давление, образованное по высоте порога, и тем самым обеспечить разность давлений по различным сторонам запорного органа и, как следствие, решить задачу герметичного перекрытия проходного отверстия в регуляторе.

Материалы и методы исследования

Регуляторы расхода воды совместно с рисовым чеком и водораспределительным каналом представляют собой систему автоматического регулирования (САР), где уровень воды в чеке принимается за параметр регулирования. Для эффективной эксплуатации подобных САР необходимо осуществлять оценку намечаемых мероприятий, таких как внедрение собственно САР, отслеживающей изменение уровня воды в водораспределительном канале в процессе перерегулирования, изменение уровня в чеке из-за транспирации, испарения и собственно подачи объема воды, а также за счет фильтрационных процессов.

При этом необходимо учитывать стоимость самого регулятора, его элементов и эксплуатационных мероприятий. Естественно, что указанные факторы, определяющие состояние системы в определенный период времени, содержат неопределенность как по отношению друг к другу, так и к системе. Исходя из представленного целесообразно рассмотреть вероятностную модель процесса снижения цены намечаемых проектных и эксплуатационных мероприятий по выбору управленческих решений (например, объема чека, качественных

показателей поддержания уровня воды в заданных параметрах и т.д.) на основе вероятностного подхода в системе внутрихозяйственного водораспределения, где оцениваемые параметры трактуются случайными величинами.

Разработка мелиоративных мероприятий с учетом их затратности – актуальная в настоящее время задача [8]. Особенно капиталоемкими являются следующие мелиоративные работы – реконструкция и капитальная планировка рисовых оросительных систем, улучшение их мелиоративного и технического состояния. Обоснование выбора управленческих решений следует проводить количественно, оценивая мероприятия, их состав, объем, сроки ввода, очередности. Такие расчеты позволят заранее оценить последствия решения, исключить недопустимые варианты и использовать рентабельные.

Рассмотрим вопрос о затратности мелиоративных мероприятий, исследуя на экс-

тремум функцию, выражающую прибыль хозяйства и учитывающую потери от неблагоприятного состояния мелиоративной системы [9].

Пусть цена намечаемого мероприятия $S(t)$ изменяется непрерывно со временем t . Предполагаем, что функция $S(t)$ со временем строго монотонно убывает от некоторой цены $S_0 = S(0)$. Обозначим вероятность наступления неблагоприятного состояния $R(S)$. Намечаемые мероприятия образуют пуассоновский поток интенсивности λ . В статье «Вероятностная модель процесса снижения цены намечаемого мероприятия» [10] вычислены основные характеристики случайных величин – цены намечаемых мероприятий и промежутка времени до наступления благоприятного состояния – среднее значение, дисперсия, дифференциальная функция распределения. Приведем формулу для плотности вероятностей промежутка времени до наступления благоприятного состояния:

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

Если при цене S_m отмечается неудовлетворительное состояние системы всегда, то S_m – минимальная цена и $R(S_m) = 1$.

Далее составим выражение для общего дохода Q , учитывая ущерб $K(\tau)$, который испытывает система, если удовлетворительное состояние наступит в момент времени τ [11]:

$$Q = \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau$$

и потребуем $Q \Rightarrow \max_{S(\tau)}$.

Дифференциальное уравнение для оптимального значения $S(\tau)$ получили, применив методы вариационного исчисления:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K'(\tau) = 0. \quad (1)$$

(1) – дифференциальное уравнение первого порядка относительно $S(\tau)$.

Далее получили дополнительное условие для определения константы.

$$\frac{R(S(0))}{R'(S(0))} + S(0) - K(0) = \int_0^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \quad (2)$$

Пусть выражение ущерба $K(\tau) = K_0\tau$ – линейная функция и дифференциальное уравнение, соответствующее этому случаю, имеет вид

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K_0 = 0. \quad (3)$$

Решение уравнения (3): $S(\tau) = S_0$. Тогда $S'(\tau) = 0$, и мы приходим к алгебраическому уравнению

$$-\lambda \frac{R^2(S_0)}{R'(S_0)} = K_0. \quad (4)$$

Если принять зависимость цены от времени функцией

$$S(t) = S = S_m + (S_0 - S_m)e^{-\alpha t},$$

так что $S(0) = S_0$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = S_m$, то выражение (4) принимает вид

$$K_0 = \lambda \frac{(S_M - S_0)^2}{S_M - S_m}, \quad (5)$$

где S_M – максимальная цена мероприятий, при которой не отмечается ущерб природной среде, S_m – минимальная цена, при которой всегда отмечается ущерб природной среде.

Из выражения (5) получаем оптимальную стоимость мелиоративных мероприятий:

$$S_0 = S_M - \sqrt{\frac{K_0(S_M - S_m)}{\lambda}}. \quad (6)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В работе составлена не детерминированная, а вероятностная модель с учетом стохастического характера процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека [12].

Техническая система адаптации, т.е. приспособления к меняющимся условиям функционирования, заставляет использовать подход фиксированной эффективности при минимально возможной стоимости [13].

В [10] подчеркивается необходимость стоимостной оценки негативных последствий, рисков и ущербов. Полученная нами формула (4) позволяет подобрать значения рабочих параметров, оптимальных с точки зрения закона повышения динамичности системы.

Осуществлено экономическое обоснование применения гидравлических регуляторов на инженерно-мелиоративных системах. Расчет осуществлялся через объем сэкономленной воды по ставке водного налога по бассейну р. Кубань. Экономия позволяет дополнительно обеспечить водой площади сельскохозяйственного назначения.

Капитальные вложения в проект составили 18 966,00 руб., стоимость ремонта – 4 555,80 руб.

Оценка эффективности проекта экономии оросительной воды при использовании ленточных регуляторов в рисовом хозяйстве Красноармейского района Краснодарского края производилась с использованием дисконтирования соответствующих денежных потоков.

За расчетный период, равный 10 годам, дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД) при использовании ленточных регуляторов расхода и уровня воды составил 261,370 тыс. руб., а прирост чистого дохода (ПЧД) составит 550,163 тыс. руб. Индексы доходности затрат и инвестиций имеют положительные значения, ввиду чего проект был признан эффективным. Проект окупается на пятый год эффективного использования.

Выводы

В КубГАУ для решения вопроса исключения нерегулируемых протечек на внутрихозяйственном звене оросительных систем разработаны специальные регуляторы. В статье описан один из предлагаемых регуляторов. Регуляторы расхода воды совместно с рисовым чеком и водораспределительным каналом представляют собой систему автоматического регулирования. При проектировании необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, обеспечивающих надежность сооружений в периоды строительства и эксплуатации. Авторы предлагают осуществлять стоимостную оценку намечаемых мероприятий на основе вероятностного подхода, количественно оценивая мероприятия, их состав, объем, сроки ввода, очередность. В рамках предложенной математической модели рассмотрена оптимизационная задача о нахождении закона изменения цены удовлетворительного состояния системы, обеспечивающая максимальную прибыль с учетом потерь от неблагоприятного состояния. Модель может быть использована при разработке мероприятий по разработке плана реконструкции оросительной системы или замены регуляторов на более совершенные, при составлении графика эксплуатации оросительной системы.

Результаты могут быть использованы для сравнительного анализа различных вариантов природоохранных мероприятий, для установления допустимых пределов изменения характеризующих параметров,

превышение которых может привести к необратимым явлениям, для определения очередности осуществления мероприятий, своевременной разработки мероприятий по недопустимому ухудшению почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель.

Список литературы / References

1. Подлипов В.В., Щедрин В.Н., Бабичев А.Н., Васильев С.М., Бланк В.А. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 5. С. 877–884. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.
2. Podlipov V.V., Shchedrin V.N., Babichev A.N., Vasilyev S.M., Blank V.A. Experimental Determination of Soil Moisture on Hyperspectral Images // Computer optics. 2018. T. 42. № 5. P. 877–884 (in Russian).
3. Дегтярева О.Г., Дегтярев В.Г. Системы регулирования стока атмосферных осадков на Черноморском побережье Краснодарского края: монография. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2018. 125 с.
4. Degtyareva O.G., Degtyarev V.G. Systems of adjusting of flow of atmospheric fallouts on the black Sea coast of the Krasnodarskogo edge: monografiya. Krasnodar: Kubanskij GAU, 2018. 125 p. (in Russian).
5. Дегтярева О.Г. Использование САЕ-систем для решения инженерных задач // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 г. (Краснодар, 09 февраля 2016 г.). Краснодар, 2016. С. 462–463.
6. Degtyareva O.G. Use of the SAE-systems for the decision of engineering tasks // Scientific providing agro-industrial complex: the collection of articles of the 71st scientific and practical conference of teachers following the results of research for 2015 (Krasnodar, on February 09, 2016). Krasnodar, 2016. P. 462–463 (in Russian).
7. Дегтярев Г.В., Коженко Н.В. Исследование расходных характеристик регулирующего органа ленточного регулятора расхода воды методом планирования эксперимента // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 46. С. 212–218.
8. Degtyarev G.V., Kozhenko N.V. Study of the flow characteristics of the regulator of a tape water flow regulator by the method of experiment planning // Trudy` Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 46. P. 212–218 (in Russian).
9. Дегтярев В.Г., Дегтярев Г.В. Ленточный регулятор расхода с адаптивными характеристиками для рисовых чеков // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 36. С. 337–341.
10. Degtyarev V.G., Degtyarev G.V. Tape flow control with adaptive characteristics for rice checks // Trudy` Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 36. P. 337–341 (in Russian).
11. Найденев С.В., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Оптимизация водораспределения на оросительных системах при дефиците водных ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1 (69). С. 132–136.
12. Naydenov S.V., Domashenko Yu.E., Vasilev S.M. Optimization of Water Distribution at the Irrigation Systems under Water Resources Scarcity // Puti povysheniya e`ffektivnosti oroshayemogo zemledeliya. 2018. № 1 (69). P. 132–136 (in Russian).
13. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Пути повышения эффективности и устойчивости гидротехнических сооружений при длительном использовании в условиях изменяющихся погодных и сейсмических факторов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2 (70). С. 98–104.
14. Bandurin M.A., Voloshukhin V.A. Ways of Improving the Hydraulic Structures Efficiency and Stability by Long-Term Use Under the Conditions of Changing Weather and Seismic Factors // Puti povysheniya e`ffektivnosti oroshayemogo zemledeliya. 2018. № 2 (70). P. 98–104 (in Russian).
15. Ламскова М.И., Новиков А.Е., Филимонов М.И., Константинова Т.Г. Совершенствование стадии водоочистки систем капельного орошения гидроциклонами с оптимизированными параметрами // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: сборник Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (Волгоград, 06–09 сентября 2017 г.). Волгоград, 2017. С. 376–381.
16. Lamskova M.I., Novikov A.E., Filimonov M.I., Konstantinova T.G. Perfection of the stage of waste water treatment of the systems of tiny irrigation gidrociklonami with the optimized parameters Land reclamation role in realization of the state scientific and technical policy for the benefit of sustainable development of agriculture: the collection of the international scientific and practical conference devoted to the 50 anniversary of the All-Russian Research Institute of the irrigated agriculture (Volgograd, on September 06–09, 2017). Volgograd, 2017. P. 376–381 (in Russian).
17. Волосухин В.А., Волосухин Я.В., Бандурин М.А., Назаренко В.А. Мониторинг технического состояния магистральных каналов обводнительно-оросительных систем: учебное пособие. Новочеркасск: Лик, 2018. 40 с.
18. Volosukhin V.A., Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A., Nazarenko V.A. Monitoring of technical condition of the main channels of obvodnitelno-irrigating systems: manual. Novocherkassk: Lik, 2018. 40 p. (in Russian).
19. Сафронова Т.И., Соколова И.В. Вероятностная модель снижения цены мелиоративного мероприятия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132 [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/26.pdf> (дата обращения: 09.01.2019). DOI: 10.21515/1990-4665-132-026.
20. Safronova T.I., Sokolova I.V. Probabilistic model of price of reclamative measure abatement // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2017. № 132 [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/26.pdf> (date of access: 09.01.2019) (in Russian).
21. Кузнецов Е.В., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Системно-информационная оценка экологического состояния рисовой оросительной системы // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 3. С. 28–30.
22. Kuznetsov E.V., Safronova T.I., Prikhodko I.A. System and information assessment of an ecological condition of a rice irrigating system // Melioration and Water Management. 2005. № 3. P. 28–30 (in Russian).
23. Дегтярев В.Г., Дегтярева О.Г. Экспериментальные исследования и математическое 3D моделирование ленточного регулятора расхода воды // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 57. С. 175–181.
24. Degtyarev V.G., Degtyareva O.G. Experimental studies and mathematical 3D modeling of a tape water flow regulator // Trudy` Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 57. P. 175–181 (in Russian).
25. Микитин С.В., Шуравилин А.В., Бородычев В.В., Новиков А.Е. Влияние обработки почвы и минерального питания на динамику биологической активности и NPK при возделывании ярового ячменя // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 4. С. 295–304.
26. Mikitin S.V., Shuravilin A.V., Borodychev V.V., Novikov A.E. Influence of Soil and Mineral Food Processing on the Dynamics of Biological Activity and NPK in Cold Yarns // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2017. T. 12. № 4. P. 295–304 (in Russian).