

Научная статья

Original article

УДК 631.6

DOI:10.24411/2588-0209-2021-10359

ЗАДАЧА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА

THE TASK OF CHOOSING RATIONAL TECHNOLOGICAL OPERATIONS IN RICE CULTIVATION



Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по учебной работе факультета «Гидромелиорации» доцент кафедры Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (350011, Краснодар, ул. Димитрова 3/1, кв. 248) тел. +7(909)4525133, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, и.о. декана факультета «Гидромелиорация», заведующий кафедрой Сопротивления материалов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (346701, Ростовская область, ст. Старочеркасская, ул. Союзная, д. 6.) тел. +7(950)8557640, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

Степанов Виктор Иванович

кандидат педагогических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Негосударственное

частное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский экономико-юридический институт» (656015, Барнаул, ул. С. Республик 44, кв. 56) тел. +7 (903)9479486, <http://orcid.org/0000-0002-8334-1251>, rector@aeli.altai.ru

Prikhodko Igor Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean for Academic Affairs of the Faculty of Hydromelioration, Associate Professor of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina», (350011, Krasnodar, 3/1 Dimitrov st., Apt. 248) tel. +7 (909) 4525133, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Bandurin Mikhail Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Acting Dean of the Faculty of Hydromelioration, Head of the Department of Resistance of Materials, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina» (346701, Rostov region, Starocherkasskaya station, Soyuznaya st., 6) tel. +7 (950) 8557640, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

Stepanov Victor Ivanovich, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Rector, Head of the Department of General Humanitarian and Socio-economic Disciplines, Non-state Private Educational Institution of Higher Education «Altai Institute of Economics and Law» (656015, Barnaul, st. S. Respubliki 44, apt. 56) tel. +7 (903) 947-94-86, <http://orcid.org/0000-0002-8334-1251>, rector@aeli.altai.ru

Аннотация. Рисовые оросительные системы (РОС) обладают рядом особенностей, обусловленных спецификой культуры. Значительная часть рисовых систем располагается на переувлажненных, подтопляемых и засоленных почвах, большая часть которых непригодна для богарного земледелия. Однако эта обширная территория в низовьях реки Кубань с благоприятными климатическими и водохозяйственными условиями обладает большим потенциалом для получения высоких урожаев риса. Потому при разработке интенсивных способов

возделывания риса оптимальным является включение в них возможности корректировки технологических операций. В работе рассмотрено построение оценки трудности достижения требуемого качества функционирования РОС. Интенсификация рисоводства способствует не только увеличению продуктивности агросистем, но и повышает степень экологического риска. В зоне влияния РОС часто отмечается подтопление и заболачивание территорий, вторичное засоление, а также загрязнение дренажно-сбросными стоками водных источников. Потому актуальной научной задачей является анализ и оценка создавшейся экологической ситуации на действующих РОС и разработка методики количественных показателей экологического состояния РОС. К количественным характеристикам отнесены показатели затрат ресурсов и ожидаемые результаты мелиорации. Выбор оптимального сочетания различных мероприятий, удовлетворяющих требованиям экологической сбалансированности, может быть основой программы, соответствующей оптимальной производственной деятельности. В статье эффективность отдельных работ характеризуется с помощью числовых оценок вклада в достижение общей цели развития мелиорации и управления процессом формирования урожая. Намечен подход к нахождению оптимального решения по использованию ресурсов и проработке различных вариантов организационного механизма управления рисовой оросительной системой.

Summary.

Annotation. Rice irrigation systems (RIS) have a number of features due to the specifics of the culture. A significant part of rice systems is located on waterlogged, flooded and saline soils, most of which are unsuitable for rain-fed agriculture. However, this vast territory in the lower reaches of the Kuban River with favorable climatic and water management conditions has great potential for obtaining high rice yields. Therefore, when developing intensive methods of rice cultivation, it is optimal to include in them the possibility of adjusting technological operations. The paper considers the construction of an assessment of the difficulty of achieving the required

quality of the functioning of the RIS. The intensification of rice farming contributes not only to an increase in the productivity of agricultural systems, but also increases the degree of environmental risk. In the zone of influence of the RIS, flooding and waterlogging of territories, secondary salinization, as well as pollution by drainage and discharge effluents of water sources are often noted. Therefore, an urgent scientific task is to analyze and assess the current environmental situation at the existing RIS and develop a methodology for quantitative indicators of the ecological state of the RIS. The quantitative characteristics include indicators of resource costs and expected results of land reclamation. Choosing the optimal combination of various activities that meet the requirements of environmental balance can be the basis of a program that corresponds to optimal production activities. In the article, the effectiveness of individual works is characterized by numerical estimates of the contribution to the achievement of the overall goal of the development of land reclamation and management of the process of crop formation. An approach to finding the optimal solution for the use of resources and working out various options for the organizational mechanism for managing the rice irrigation system is outlined.

Ключевые слова: рисовая оросительная система; требование к качеству; корректировки технологических операций.

Keywords: rice irrigation system; quality requirements; adjustments of technological operations.

Введение. Современная инженерная рисовая оросительная система является сложным водохозяйственным комплексом. Управляющая система РОС характеризуется технологическими факторами: посевной площадью риса (га), подачей воды на полив риса, использованием повторных вод (млн. м³), сбросом с рисовых площадей за пределы системы (тыс. м³) и т.п. С помощью этих факторов оказывается управляющее воздействие на РОС. От правильного выбора режима орошения, оросительной нормы риса и расходных статей водного баланса рисового чека, гидромодуля подачи и сброса воды, технологии полива зависит

эффективность производства на рисовой оросительной системе. Особую значимость эти вопросы приобретают при разработке интенсивных способов возделывания риса.

Материалы и методы.

К ведущим показателям гидрогеологического мелиоративного состояния земель относится глубина грунтовых вод и их минерализация. С помощью мелиоративных приемов осуществляется регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв. Приемы мелиорации обеспечивают повышение плодородия почв [1]. С изменением экологических условий и развитием технического прогресса приемы улучшения условий жизни сельскохозяйственных культур постоянно совершенствуются, разрабатываются новые модели процессов в компонентах природы, а также технические средства регулирования режимов почв.

В условиях рисовой оросительной системы кризисным состоянием следует считать подъем уровня грунтовых вод до глубин, близких к критическим, когда может начаться засоление почв, и катастрофическим, когда засоление уже наступило.

Важно подчеркнуть, что глубина залегания грунтовых вод является региональным и динамичным показателем, как во времени, так и по площади. Уровень грунтовых вод – управляемый показатель, причем управление им может осуществляться как с помощью оперативных мероприятий, проводимых без нарушения процесса выращивания риса (оптимизация поливных режимов, текущий ремонт оросительной и коллекторно-дренажной сети), так и с помощью долгосрочных мероприятий, например, прокладка горизонтального дренажа, что потребует проектирования, строительства и вывода из эксплуатации рисовой оросительной системы.

Множество ресурсов, необходимых для выполнения определенной работы, будем называть комплексным ресурсом задачи. Работа может быть выполнена с помощью различных наборов компонент комплексного ресурса.

В работе [2] рассмотрено построение частной оценки d_{ij} трудности достижения на i -м чеке рисовой системы требуемого качества j -ой компоненты комплексного ресурса. Пусть μ_j и ε_j – соответственно безразмерная характеристика достигнутого качества и требование к качеству j -ой компоненты комплексного ресурса. Отмечаем, нормативные требования носят региональный характер.

Будем считать, что $\mu_j > 0$ и $\varepsilon_j < 1$, $j=1,2,\dots,m$. Требование к качеству по j -й компоненте выполнено, если $\mu_j \geq \varepsilon_j$. При $\mu_j = 1$ имеем лучшее качество, а $\mu_j = 0$ – самое низкое качество по j -й компоненте. μ_j является абсолютной оценкой качества j -ой компоненты ресурса.

Введем в рассмотрение функцию (1), удовлетворяющую при $\mu_j > \varepsilon_j$ отмеченным условиям для частной оценки d_j^i [2]

$$d_j^i = \frac{\varepsilon_j(1-\mu_j^i)}{\mu_j^i(1-\varepsilon_j)} \quad (1)$$

Формула (1) записана для i -го варианта системы. В дальнейших рассуждениях верхний индекс будем опускать. Доопределим функцию (1):

$$d_j = 1 \text{ при } \mu_j = \varepsilon_j = 1; \quad d_j = 0 \text{ при } \mu_j = \varepsilon_j = 0.$$

Оценка d_j характеризует выполнение требований, предъявляемых к качеству ресурса и может рассматриваться как обобщенная мера риска не достижения требуемого качества на основе сравнения значения показателя качества и нормативного ограничения.

При выборе управляющего воздействия часто ставится вопрос о замене одних управляющих факторов другими, имеющими сходное влияние на перевод объекта управления в данное состояние. Намеченный подход позволяет решить эту задачу и найти оптимальное решение по использованию ресурсов.

В ходе разработки проекта сравниваются несколько его вариантов. Разные варианты проекта могут различаться не только техническими параметрами, но и организационно-экономическим механизмом реализации. Поэтому, если

рассматривать проектирование как процесс выработки лучшего варианта проекта, то оно должно предусматривать и проработку различных вариантов управления, и выработку наиболее рационального для принятия к реализации [3].

При оперативном управлении процессом формирования урожая весь период вегетации разбивают на межфазные интервалы. В определенный момент времени на вход системы управления поступает набор значений параметров, характеризуемый вектором, координаты которого определяют набор ситуаций. Этот вектор содержит всю информацию об объекте управления (РОС) в конкретный момент времени. Задача системы управления состоит в том, чтобы на основании знания об объекте выдавать управляющие воздействия на объект, то есть получать технологически допустимые решения, а при наличии нескольких допустимых решений выбирать наилучшее решение с точки зрения некоторого критерия управления. При этом производится выбор наиболее рациональных технологических приемов возделывания риса (режим затопления, внесение удобрений, обработка почвы, защита от вредителей).

Рассмотрим построение частной оценки d_j трудности достижения на i -м чеке рисовой системы требуемого качества j -ой компоненты комплексного ресурса.

Частная оценка d_j является функцией величин μ_j и ε_j . Эта оценка должна удовлетворять условиям:

1. $0 < d_j < 1$ при $\mu_j > \varepsilon_j$;
2. $d_j = 0$ при $\varepsilon_j = 0$ и $\mu_j > 0$ (трудность минимальна, если нет никаких требований к качеству);
3. $d_j = 0$ при $\mu_j = 1$ и $\mu_j > \varepsilon_j$ (трудность минимальна при предельно возможном качестве независимо от требований);
4. $d_j = 1$ при $\mu_j = \varepsilon_j$ (трудность максимальна при предельно низком допустимом качестве).

Результаты.

Рассмотрим вероятностную интерпретацию частных оценок d_j по j -му

показателю качества. Требование к интегральному качеству выполнимо, если $\mu_j > \varepsilon_j$. Причем, если качество μ_j РОС хотя бы по одному показателю качества ниже заданного порогового значения ε_j , то требования к интегральному качеству не удовлетворяется.

Пусть событие A состоит в том, что не выполнено требование к интегральному качеству, а событие B_j состоит в том, что не выполнено требование к качеству мелиоративного состояния РОС по j -му показателю, $\overline{B_j}$ – событие, противоположное B_j . Тогда $P(A/\overline{B_j})$ – вероятность невыполнения требований к качеству мелиоративного состояния РОС при условии, что требования к качеству выполнены по j -му показателю:

$$P(A/\overline{B_j}) = \frac{P(B_j)[1 - P(B_j/A)]}{P(B_j/A)[1 - P(B_j)]} \quad (2)$$

Обозначим $d_j = P(A/\overline{B_j})$; $\varepsilon_j = P(B_j)$ – вероятность не качественности по j -му показателю, $\mu_j = P(B_j/A)$ – вероятность не качественности мелиоративного состояния РОС по j -му показателю при условии, что требования к РОС не выполнены.

Тогда видно, что формула (2) совпадает с формулой (1) частной оценки качества по j -му показателю. Так как величины d_j , ε_j , μ_j имеют вероятностную природу, то их значения располагаются на отрезке $[0;1]$.

Событию $A/\overline{B_j}$ соответствует неопределенность (энтропия информации), равная $-\ln[P(A/\overline{B_j})]$, а противоположному событию $\overline{A}/\overline{B_j}$ – информационная оценка:

$$-\ln[P(\overline{A}/\overline{B_j})] = \ln[1 - P(A/\overline{B_j})] = \ln \frac{1}{1 - d_j} = J(d_j) = C_j \quad (3)$$

Отмечаем:

1. $C_j = 0$ при $d_j = 0$;
2. $C_j \rightarrow \infty$ при $d_j \rightarrow 1$.

Величины C_j выражают информацию о значимости j -го ресурса. Потому можно рассматривать C_j как универсальные стоимостные характеристики единиц j -го ресурса и использовать их в роли коэффициентов линейной целевой функции в оптимизационной модели.

Обсуждение результатов.

Рассмотренная оценка d_j характеризует степень выполнения требований, предъявляемых к качеству ресурса и используется при сравнении значения показателя качества с нормативным ограничением. Причем, чем больше $I(d_j)$, тем больше чувствительность эколого-экономических решений к изменению качества и объема j -го ресурса для реализации общей цели. Это позволяет рассматривать $I(d_j)$ как своего рода универсальные стоимостные единицы j -го ресурса и использовать их в роли коэффициентов информационной линейной целевой функции обобщенных затрат в имитационных моделях оптимизационных задач.

Система управления, построенная на традиционных принципах, может работать только на основе параметров, закономерности связей которых уже рассмотрены в математической модели. В итоге системы управления, основанные на традиционном подходе, практически не эффективны такими, слабо детерминированными объектами управления, как рисовая оросительная система. Поэтому для обеспечения устойчивого управления рисовой оросительной системой следует применять другие приемы [4].

Пренебрежение неопределенностями при управлении может привести к крупным просчетам или непоправимым ущербам за счет увеличения частоты появления, либо неожиданного возникновения кризисных ситуаций [5].

Выводы. При оценке качества развития регионального природопользования большое значение имеют вопросы управления риском, когда приходится принимать решение в условиях высокой степени неопределенности и множества ограничений. Снижение уровня неопределенности, улучшение информационного обеспечения принимаемых решений может быть достигнуто за счет развития системы стандартов качества природной среды, оценки рисков и возможностей их

снижения. Оценку риска следует проводить по каждому фактору риска, оказывающему неблагоприятное воздействие на экосистему (например, степень вторичного засоления, увеличение плотности почвы или явление переувлажнения земель.)

Рассмотренная в статье оценка d_j характеризует степень выполнения требований к качеству ресурса и может трактоваться как обобщенная мера степени риска не достижения требуемого качества. Такой подход позволит определить оптимальный перечень мелиоративных работ, обеспечивающий максимальную эффективность мелиоративных работ на рисовой оросительной системе при заданных ограничениях на ресурсы.

Литература

1. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель режима функционирования рисовой оросительной системы на примере рисовых полей Кубани International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 2. С. 30.

2. Рекс Л.М., Умывакин В.М., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель экологической ситуации на рисовой оросительной системе Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 44. С. 191-208.

3. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель выбора эколого-адаптивных мелиоративных мероприятий Фундаментальные исследования. 2019. № 9. С. 64-68.

4. Владимиров С.А., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Вероятностная модель процесса управления мелиоративными мероприятиями International Agricultural Journal. 2019. Т. 62. № 4. С. 18.

5. Чеботарев М.И., Приходько И.А. Способ мелиорации почвы рисовой оросительной системы к посеву риса Патент на изобретение RU 2482663 С2, 27.05.2013. Заявка № 2011123829/13 от 10.06.2011.

References

1. Safronova T.I., Prihodko I.A. Matematicheskaya model' rezhima

funktsionirovaniya risovoy orositel'noy sistemy na primere risovykh poley Kubani [Mathematical model of the mode of functioning of the rice irrigation system on the example of the rice fields of the Kuban] International Agricultural Journal. 2020.Vol. 63.No. 2.P. 30.

2. Rex L.M., Umyvakin V.M., Safronova T.I., Prikhodko I.A. Matematicheskaya model' ekologicheskoy situatsii na risovoy orositel'noy sisteme [Mathematical model of the ecological situation in the rice irrigation system] Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2008. No. 44. S. 191-208.

3. Safronova T.I., Prikhodko I.A. Matematicheskaya model' vybora ekologo-adaptivnykh meliorativnykh meropriyatiy [Mathematical model of the choice of ecological-adaptive reclamation measures] Fundamental research. 2019.No. 9.P. 64-68.

4. Vladimirov S.A., Safronova T.I., Prikhodko I.A. Veroyatnostnaya model' protsessa upravleniya meliorativnymi meropriyatiyami [Probabilistic model of the process of management of reclamation activities] International Agricultural Journal. 2019.Vol. 62.No. 4.P. 18.

5. Chebotarev MI, Prikhodko IA Sposob melioratsii pochvy risovoy orositel'noy sistemy k posevu risa [A method of soil reclamation of the rice irrigation system for sowing rice] Invention Patent RU 2482663 C2, 05/27/2013. Application No. 2011123829/13 dated 10.06.2011.

© Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И., 2021. International agricultural journal, 2021, № 5, 74-84.

Для цитирования: Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. ЗАДАЧА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА // International agricultural journal. 2021. № 5, 74-84.