

Научная статья

Original article

УДК 631.6

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10377

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ  
ПРОДУКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА**  
DEVELOPMENT OF NEW APPROACHES TO INCREASING THE  
PRODUCTIVITY OF 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](mailto: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>, [cherura@mail.ru](mailto:cherura@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](mailto:rector@aeli.altai.ru)

**Prihodko 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](mailto: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](mailto: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](mailto:rector@aeli.altai.ru)

**Аннотация.** Рисовые оросительные системы обладают рядом особенностей, обусловленных спецификой культуры. Современный этап производства риса сопряжен с большими затратами ресурсов, в том числе, водных. Оптимизация производства риса должна базироваться на учете факторов и параметров возделывания риса, предусматривать корректировку воздействий и учитывать передовой опыт ведущих рисосеющих стран и уровень научно-технического прогресса. Основная сложность разработки новых ресурсосберегающих технологий заключается в сбалансированном управлении имеющимися ресурсами. Такое управление возможно только при учете всех связей и взаимосвязей факторов и параметров, влияющих на конечный результат – урожайность. Эффективность агротехнических приемов существенно зависит от складывающихся

агрометеорологических условий. Возрастающие требования к эффективности управления предполагают непрерывное совершенствование систем информационного обеспечения. В статье рассматривается подход, дающий возможность получения количественных оценок факторов, влияющих на урожайность риса. Мелиоративные мероприятия рассматриваются пуассоновским потоком определенной интенсивности. Использование разработанной модели позволит оптимально размещать производительные силы и получать запрограммированные урожаи риса без снижения агресурсного потенциала почв. Оптимизация мелиоративных мероприятий должна проводиться с учетом неопределенности исходной информации для обеспечения эффективности управленческих решений на рисовой оросительной системе. Учет неопределенностей повысит эффективность управленческих решений и тем самым обеспечит получение гарантированных урожаев высококачественного зерна риса и культур рисового севооборота. Полученная методика является элементом новой разрабатываемой методологии по управлению мелиоративным состоянием рисовой оросительной системы. Методология позволит работникам агропромышленного комплекса своевременно принимать оптимальные управленческие решения, перейти на новые ресурсосберегающие технологии с получением устойчиво высоких урожаев без снижения агресурсного потенциала почв. В результате накопленного положительного опыта планируется ведения сельскохозяйственного производства планируется обновить существующие нормативно-регламентирующую базу с учетом новых полученных результатов.

**Summary.** Rice irrigation systems have a number of features due to the specificity of the culture. The modern stage of rice production is associated with high consumption of resources, including water resources. Optimization of rice production should be based on taking into account factors and parameters of rice cultivation, provide for adjusting impacts and take into account the best practices of leading rice-growing countries and the level of scientific and technological progress. The main difficulty in developing new resource-saving technologies lies in the balanced management of available resources. Such management is possible only when taking into account all the connections and interconnections of factors and parameters that affect the final result - yield. The

effectiveness of agrotechnical methods depends significantly on the prevailing agrometeorological conditions. Increasing requirements for management efficiency presuppose continuous improvement of information support systems. The article discusses an approach that makes it possible to obtain quantitative estimates of factors affecting the yield of rice. Reclamation measures are considered a Poisson flow of a certain intensity. The use of the developed model will make it possible to optimally allocate productive forces and obtain programmed rice yields without reducing the agro-resource potential of soils. Optimization of reclamation measures should be carried out taking into account the uncertainty of the initial information to ensure the effectiveness of management decisions on the rice irrigation system. Accounting for uncertainties will increase the efficiency of management decisions and thereby ensure the receipt of guaranteed yields of high-quality rice grain and rice crop rotation. The resulting technique is an element of a new developed methodology for managing the reclamation state of the rice irrigation system. The methodology will allow workers of the agro-industrial complex to make optimal management decisions in a timely manner, switch to new resource-saving technologies to obtain consistently high yields without reducing the agro-resource potential of soils. As a result of the accumulated positive experience, it is planned to conduct agricultural production, it is planned to update the existing regulatory and regulatory framework, taking into account the new results obtained.

**Ключевые слова:** мелиоративные мероприятия, рисовая оросительная система, управление, оптимизационная задача.

**Keywords:** reclamation activities, rice irrigation system, management, optimization problem.

### **Введение.**

Площадь рисовых оросительных систем в Краснодарском крае превышает 230 тыс. га, из них посевных площадей 120–130 тыс. га. Средняя урожайность риса составляет свыше 71–72 тыс. га урожайность риса в отдельных хозяйствах края более 80 ц/га, а на некоторых чеках 110 ц/га и более. Рис – единственное культурное растение, которое возделывается при наличии слоя воды на поверхности почвы. Затопление рисовых полей вносит коренные и необратимые изменения во всю

экологическую обстановку. В результате чего на рисовом поле создается новая экологическая обстановка.

### **Материалы и методы.**

Будем рассматривать планируемые мелиоративные мероприятия пуассоновским потоком постоянной интенсивности  $\lambda$ . Это позволит учесть неопределенность исходной информации [1].

Экологическая безопасность, направленная на обеспечение защиты природной среды, является важной составляющей разрабатываемого комплекса. Экологический риск в процессе эксплуатации мелиоративной системы рассматриваем как возможность нанесения ущерба окружающей среде.

Методической основой анализа различных видов опасностей является количественная оценка уровня безопасности по различным показателям.

Рассмотрим теоретические и методические основы разработки модели.

Совокупный эколого-экономический риск сельскохозяйственного мелиоративного комплекса будем рассматривать как сумму рисков процессов, характерных для рассматриваемой территории. Для мелиоративного комплекса характерны следующие экологические аспекты: уровень грунтовых вод (УГВ); динамика поверхностного стока; состояние почвенно-поглощающего комплекса (ППК). В качестве критериев мелиоративного состояния рисовых полей с позиции солевого режима почвы принимаем: глубину залегания и минерализацию грунтовых вод, тип и степень засоления метрового слоя почвы, среднюю скорость вертикальной фильтрации. Управлять этими факторами можно с помощью правильно организованной дренажно-сбросной сети при условии обеспечения требуемого режима ее работы.

Информация о мелиоративном состоянии комплекса позволяет разрабатывать проекты повышения уровня экологической эффективности. С учетом стандартных методик и нормативов составляется рейтинг экологических аспектов по степени значимости.

По разработанной модели оценивается количественный уровень экологической эффективности, формируются рекомендации для повышения уровня экологического состояния.

Предложение рассматривать планируемые мелиоративные мероприятия пуассоновским потоком постоянной интенсивности  $\lambda$  позволяет оценивать экологические риски перед принятием управленческих решений по выработке комплекса природоохранных мероприятий на мелиоративных системах, что в значительной степени уменьшит размеры экологических ущербов [2].

### Результаты.

В работе предлагается модель нахождения хозяйственных решений, наилучшим образом приспособленных к особенностям климата и меняющимся погодным условиям.

Введем в рассмотрение зависимость

$$u = u(F, d), \quad (1)$$

называемую функцией выигрыша или функцией потерь в соответствии со смыслом конкретной хозяйственной задачи. Согласно байесовскому подходу для нахождения оптимальной стратегии  $S_0$ , будем исследовать введенную функцию на экстремум. Стратегия  $S_0$  будет максимизировать средний в статистическом смысле доход

$$U = \overline{u(F, d)}, \quad (2)$$

или, если  $u$  – потери, то минимизировать определяемые формулой (2) средние потери. В правой части равенства (2) черта – символ операции статистического осреднения.

Если  $F$  и  $d$  – элементы дискретных множеств  $\Omega_F = \{F_i; i = 1 \dots m\}$ ,  $\Omega_d = \{d_j; j = 1 \dots n\}$ , то

$$U = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u(F_i, d_j) P_s(F_i, d_j), \quad (3)$$

где  $P_s(F_i, d_j)$  – совместные вероятности различных сочетаний хозяйственных решений  $d$  и фактически зарегистрированной погодной ситуации, зависящие от выбранной стратегии  $S$ .

Автоматизированная система управления, построенная на традиционных принципах, может работать только на основе параметров, закономерности связей которых уже известны, изучены и отражены в математической модели. В итоге, автоматические системы управления, основанные на традиционном подходе, практически не эффективны с активными многопараметрическими слабо

детерминированными объектами управления, как рисовая оросительная система.

### **Обсуждение результатов.**

Конечная цель наших исследований – создание автоматизированной системы управления (АСУ) технологическими процессами комплексных мелиораций на РОС. Регламент включает в себя научно обоснованный водо сберегающий режим орошения риса и программное распределение воды как для составления диспетчерских графиков регулирующих гидроузлов, так и внутрисистемных планов водопользования:

– поливной сезон начинается с 20 апреля и заканчивается 5 сентября;

– первоначальное затопление чеков осуществляют программно, устанавливая двухтактный водооборот между чеками на карте и трехтактный – на участковом распределителе между картами;

– технологические сбросы воды из чеков не допускаются. При необходимости (целесообразности) понижения слоя воды следует заблаговременно прекратить подачу ее из оросителя, чтобы за счет эвапотранспирации и неизбежной фильтрации слой понизился к намеченной дате до заданного уровня.

### **Выводы.**

Стабильность производства сельскохозяйственной продукции прямо пропорционально зависит не только от степени использования регионом или/и хозяйством передовых технологий (оптимальные севообороты совместно с эколого-адаптивной технологией обработки полей культур севооборота, селекционных достижений, применение современных минеральных и органических удобрений, использование передовых гербицидов, пестицидов и других агрохимикатов), технического оснащения современной отечественной и/или зарубежной сельскохозяйственной техникой, но и от степени оптимизации использования в хозяйствах имеющихся ресурсов.

Предложенный подход дает возможность рассматривать производство сельскохозяйственной продукции в хозяйстве многоуровневой системой, на каждом уровне которой находятся те или иные ресурсы, ранжированные математической моделью по степени важности их применения и по времени, и по месту их использования. При этом осуществляется перераспределение имеющихся



ресурсов (энергетических, трудовых, экономических, технико-технологических) с целью получения запрограммированных урожаев.

Составленная математическая модель отражает условия ее функционирования и будет расширяться при учете всевозможных факторов влияния на оценку эксплуатационного состояния. В исследование включен природоохранный фактор. Вероятностная модель процесса снижения цены намечаемых мероприятий позволяет по-другому подойти к вопросу эксплуатации рисовых оросительных систем, так как появляется возможность формировать банк данных, определяющих то, или иное состояние технологий, выбирая алгоритм предотвращения рисков и ущербов.

### 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., Prikhodko 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 M.I., Prikhodko I.A. 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, 340-348.

**Для цитирования:** Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА // International agricultural journal. 2021. № 5, 340-348.