

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РИСОВОЙ
ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ТЕКУЩЕМУ СОСТОЯНИЮ
РАСТЕНИЙ**

**MODELING THE FUNCTIONING OF THE RICE IRRIGATION SYSTEM
ACCORDING TO THE CURRENT STATE OF PLANTS**



УДК 631.6

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10192

Степанов Виктор Иванович

кандидат пед. наук, профессор, ректор, заведующий кафедры «Общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин», Негосударственное частное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский экономико-юридический институт"

Приходько Игорь Александрович

кандидат техн. наук, доцент, кафедра «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

Stepanov Victor Ivanovich

Candidate ped. Sciences, Professor, Rector, Head of the Department of General Humanitarian and Socio-Economic Disciplines, Non-governmental Private Higher Education Institution "Altai Economic and Law Institute"

Prihodko 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

Safronova Tatyana Ivanovna

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

Аннотация

Вопросы оценки текущей ситуации имеют особую актуальность. При разработке модели функционирования рисовой оросительной системы следует рассматривать схемы влияния отдельных факторов среды на урожай риса, имея в виду, что для каждой фазы развития растения характерны свои оптимальные значения влияющих факторов. Прогнозы по текущему состоянию растений можно использовать для установления количественных связей урожая с особенностями растений, агроклиматическими, почвенными, агротехническими и другими факторами. Исследования мелиоративного состояния земель требуют получения и накопления информации по огромным территориям. Поэтому успешная их реализация немыслима без применения современных дистанционных методов прослеживания, включая аэрокосмические с последующим их дешифрованием. В работе предлагается методика обработки экспериментальных данных съемок на рисовых оросительных системах для выработки стратегий хозяйственных решений. Технология основана на использовании мультиспектральных данных дистанционного зондирования Земли и выборочной диагностики содержания азота на тестовых участках рисовых чеков. При этом максимальное снижение стоимости и повышение оперативности агрохимического анализа достигается за счет применения N-тестера.

Summary

Issues of assessing the current situation are of particular relevance. When developing a model for the functioning of a rice irrigation system, one should consider schemes for the influence of individual environmental factors on rice yield, bearing in mind

that each phase of plant development has its own optimal values of influencing factors. Forecasts on the current state of plants can be used to establish quantitative relationships between the crop and plant characteristics, agroclimatic, soil, agrotechnical, and other factors. Studies of the land reclamation state require obtaining and accumulating information on vast territories. Therefore, their successful implementation is unthinkable without the use of modern remote tracking methods, including aerospace with their subsequent decryption. The paper proposes a methodology for processing experimental survey data on rice irrigation systems to develop strategies for economic decisions. The technology is based on the use of multispectral data of remote sensing of the Earth and selective diagnostics of the nitrogen content in test areas of rice fields. Moreover, the maximum cost reduction and increased agrochemical analysis is achieved through the use of N-tester.

Ключевые слова: рисовые оросительные системы, солевой режим почв, N-тестер.

Keywords: rice irrigation systems, salt regime of soils, N-tester.

Введение. В настоящее время рис выращивают в трех федеральных округах РФ: Южном, Северокавказском и Дальневосточном.

Основной объем риса выращивается в Краснодарском крае (Рисунок 1), доля которого в среднем составляет 80 % от всего объема риса отечественного производства. Площадь рисовых оросительных систем в Краснодарском крае составляет 234 тысячи гектаров. При этом, учитывая севооборот на рисовых системах и пропускную способность межхозяйственных каналов, оптимальная посевная площадь составляет не более 62 процентов от общей. В текущем году – 131 тысяча гектаров.

Задачей мелиоративной науки является исследование звеньев экологической цепи, а также создание экономических моделей, позволяющих прогнозировать последствия решений. Наиболее эффективным путем решения задач, связанных с водохозяйственным комплексом, является использование взаимосвязанных и оптимизационных математических моделей

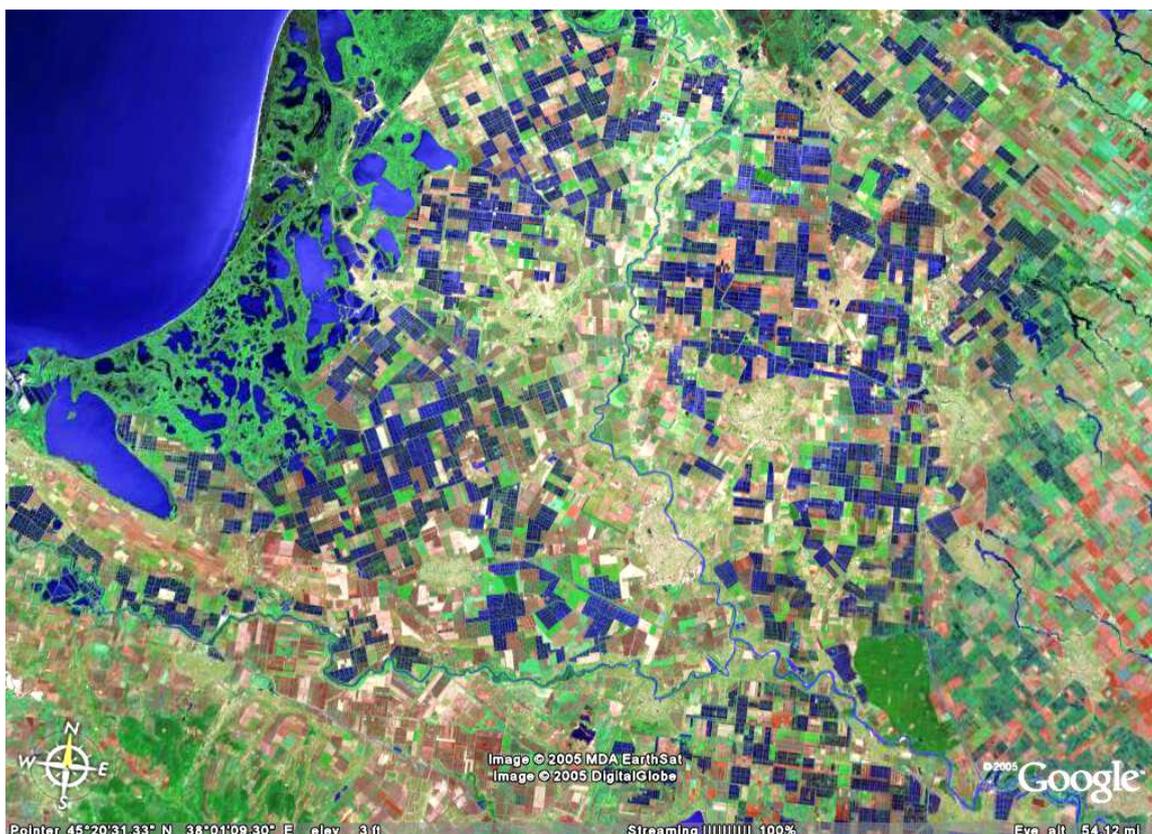


Рисунок 1 - Космический снимок рисовой оросительной системы в низовьях реки Кубань (Краснодарский край)

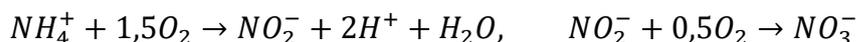
Материал и методика исследования

В последнее время повысилась необходимость регулирования солевого режима почв рисовых оросительных систем, прогноза поступлений азотных соединений в грунтовые воды. Необходимые для таких прогнозов параметры – интенсивности инфильтрации, исходного солесодержаия, кинетики солеобмена – следует устанавливать, используя данные режимных наблюдений за водным балансом и динамикой минерализации дренажного стока [1].

Изменение естественного водного и солевого режима земель в результате мелиорации приводит, с одной стороны – к увеличению биологической продуктивности почв, с другой – к нарушению гидрохимического равновесия почвенных растворов и увеличению влаго- и солеобмена между почвенными и грунтовыми водами. Роль этих процессов в формировании мелиоративных условий различна: с одной стороны, они способствуют повышению плодородия почв, с другой стороны могут привести (в зависимости от направленности и интенсивности) к ухудшению основных свойств почв в результате вторичного засоления, осолонцевания или увеличения кислотности.

К токсичным ионам, способным образовывать токсичные соединения, относятся ионы хлора, натрия и магния, а сульфат- и гидрокарбонат ионы токсичны при образовании натриевых и магниевых солей [2,3,4].

Особенностью процессов миграции азотных соединений является ряд их гидрохимических превращений, происходящих при участии различных групп бактерий – аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих. Аммонифицирующие бактерии разлагают белки и органические кислоты, аммиак преобразуется нитрифицирующими бактериями сначала в нитрит-ион по следующим реакциям, происходящим в аэробных условиях:



Нитрифицирующие бактерии осуществляют трансформацию соединений азота, переводя катион NH_4^+ в анион NO_3^- со снижением величины рН воды, что способствует растворению минералов водовмещающих пород. Кроме того, азот аммиака усваивается растениями лучше, чем азот нитратов, вследствие чего нитрат-ион устойчиво накапливается сначала в почвенном слое, а затем в подземных водах.

На некоторой глубине формируется зона с восстановительными условиями (анаэробная обстановка), где развиваются денитрифицирующие бактерии. Эти бактерии осуществляют денитрификацию присутствующего в водах нитрат-иона в две фазы: восстановление нитратов до нитритов и до свободного азота.

Результаты и обсуждение. Рис особенно хорошо откликается на азотные удобрения, а фосфорные и калийные дают прибавку урожая только при хорошей обеспеченности азотным питанием. Потому оптимизация азотного режима в почвах под рисом имеет первостепенное значение для получения высоких урожаев риса [5,6].

В работе был использован N-тестер – прибор, который позволяет по степени «зелености» листьев определить потребность культур в азоте. Кривую накопления сухой биомассы использовали как показатель развития растений, что дало возможность идентифицировать экологические факторы. Влияние факторов в каждую конкретную фазу развития растений неоднозначно сказывается на изменение кривой накопления сухой биомассы.

Применение N-тестера в крупных хозяйствах приводит к значительным издержкам на проведение диагностики и получение картограмм содержания азота. Наиболее экономичным и точным на сегодня методом оценки содержания азота и других питательных веществ является комплексное использование полевых измерений и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Для моделирования пространственного распределения азота, создания электронных карт и количественной оценки зависимостей между содержанием азота в растительном покрове и данными дистанционного зондирования Земли использовали регрессионно-корреляционный анализ [7,8].

Используемый метод основывается на Байесовском подходе вычисления условных вероятностей

$$P_A(G) = \frac{P_G(A) \cdot P(G)}{P(A)}, \quad (1)$$

где $P_A(G)$ – вероятность принадлежности участка классу условий окружающей среды G при фиксированном виде A ; G – дискретная случайная величина, характеризующая окружающую среду в виде индикаторных значений; $P(G)$ – доопытная вероятность конкретных условий G ; $P_G(A)$ – вероятность вида A при фиксированных условиях G ; $P(A)$ – вероятность вида A .

Средне взвешенное всех индикаторных значений по всем видам, включенным в рассмотрение, использовали как индикаторное значений каждого участка.

Точность полученных таким образом электронных карт зависит от степени синхронности космосъемок и наземных измерений, репрезентативности выборки, точности измерений азота и других факторов. Основная проблема использования данной технологии связана с гарантированным обеспечением данных ДЗЗ в требуемые сроки. В условиях Кубани для проведения подкормки риса по данной технологии имеются благоприятные условия из-за преобладания количества безоблачных дней в летний период и значительной длительности фазы кушения.

Между содержанием азота в растительном покрове (РП) и индексом вегетации NDVI имеется высокий уровень корреляции. Связь вегетационных индексов с индикаторными значениями наличия азота в почве устанавливали с помощью ординальной регрессии. При оценке тесноты линейной связи использовали шкалу Чеддока [9]. Значениям коэффициента корреляции из промежутков ($<0,1$); $(0,1 - 0,3)$; $(0,3 - 0,5)$; $(0,5 - 0,7)$; $(0,7 - 0,9)$; $(0,9 - 0,99)$ соответствует теснота связи – отсутствует, слабая, умеренная, заметная, высокая, весьма высокая.

Оценку статистической значимости уравнения регрессии проводили по F-критерию Фишера [10]. При расчете параметров регрессионного анализа применяли стандартный пакет прикладных программ Statistic, для обработки данных ДЗЗ и моделирования – программы ENVI Image Processor.

Предложения производству по выработке хозяйственных решений. Наибольший эффект улучшения свойств почв, создания оптимальных условий развития

сельскохозяйственных культур достигается при выполнении комплекса улучшающих мероприятий: рыхления, внесение кальций содержащих веществ (гипса, фосфогипса), внесения навоза или заправки сидератов. Эффективность улучшения свойств почв резко возрастает при комплексном проведении работ по рыхлению почв, внесению навоза или заправке сидератов измельченной соломы злаковых культур и др.

Выводы.

В результате проведенных исследований создана и апробирована технология оперативного определения содержания азота в верхнем листовом покрове при минимальных затратах на агрохимический анализ. Данная технология основана на использовании мультиспектральных данных дистанционного зондирования Земли и выборочной диагностики содержания азота на тестовых участках рисовых чеков. При этом максимальное снижение стоимости и повышение оперативности агрохимического анализа достигается за счет применения N-тестера. Данная технология может быть использована также при определении других питательных веществ в почве, в частности органики и гумуса, при оценке комплексных показателей урожайности и прогнозировании урожайности.

Список использованной литературы

1. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Информационная модель управления качеством состояния рисовой оросительной системы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2007. № 6. С.11 - 15.
2. 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.
3. Сафронова Т.И., Луценко Е.В. Когнитивная структуризация и формализация задачи управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета. 2004. №7. С.29-43
4. Сафронова Т.И., Луценко Е.В. Синтез, оптимизация и верификация семантической информационной модели управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета. 2004. №7. С. 44-51.
5. Diekmann M Use and improvement of Ellenbergs indicator values in deciduous forests of the Boreo-nemoral zone in Sweden // Ecography. 1995. № 18. P.178-189

6. Bohling N., Greuter W., Raus T. Indicator values for vascular plants in Southern Aegean (Greece) // *Braun-Blanquetia*. 2002. Vol. 32. P.1-109.

7. Сафронова Т.И., Харламова О.П., Приходько И.А. Регулирование солевого режима почв рисовых оросительных систем // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 36. С. 324-329.

8. Kumar, S. Developing soil matric potential based irrigation strategies of direct seeded rice for improving yield and water productivity / S. Kumar, B. Narjary, K. H.S. Kumar, Jat, S.K. Kamra, R.K. Yadav // *Agricultural Water Management*. 2019. Volume 215, Pages 8-15.

9. Сафронова Т.И., Приходько И.А., Кондратенко Л.Н. Анализ оценки земельных ресурсов в сельском хозяйстве // *Фундаментальные исследования*. 2019. №5. С.110-114

10. Matsushita B., Yang W., Chen J., Onda Y., Qiu G. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-density Cypress Forest // *Sensors*. 2007. Vol. 7. P 2636-2651.

Spisok ispol'zovannoi literatury

1. Safronova T.I., Prikhod'ko I.A. Informatsionnaya model' upravleniya kachestvom sostoyaniya risovoi orositel'noi sistemy // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2007. № 6. S.11 - 15.

2. Safronova T.I., Lutsenko E.V. Issledovanie semanticheskoi informatsionnoi modeli upravleniya kachestvom gruntovykh vod na risovykh orositel'nykh sistemakh // *Politematicheskii setevoi ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2004. №7. S. 5-28.

3. Safronova T.I., Lutsenko E.V. Kognitivnaya strukturizatsiya i formalizatsiya zadachi upravleniya kachestvom gruntovykh vod na risovykh orositel'nykh sistemakh // *Politematicheskii setevoi ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2004. №7. S.29-43

4. Safronova T.I., Lutsenko E.V. Sintez, optimizatsiya i verifikatsiya semanticheskoi informatsionnoi modeli upravleniya kachestvom gruntovykh vod na risovykh orositel'nykh sistemakh // *Politematicheskii setevoi ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2004. №7. S. 44-51.

5. Diekmann M Use and improvement of Ellenbergs indicator values in deciduous forests of the Boreo-nemoral zone in Sweden // *Ecography*. 1995. № 18. P.178-189

6. Bohling N., Greuter W., Raus T. Indicator values for vascular plants in Southern Aegean (Greece) // *Braun-Blanquetia*. 2002. Vol. 32. P.1-109.

7. Safronova T.I., Kharlamova O.P., Prikhod'ko I.A. Regulirovanie solevogo rezhima pochv risovykh orositel'nykh sistem // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 36. S. 324-329.

8. Kumar, S. Developing soil matric potential based irrigation strategies of direct seeded rice for improving yield and water productivity / S. Kumar, B. Narjary, K. H.S. Kumar, Jat, S.K. Kamra, R.K. Yadav // Agricultural Water Management. 2019. Volume 215, Pages 8-15.

9. Safronova T.I., Prikhod'ko I.A., Kondratenko L.N. Analiz otsenki zemel'nykh resursov v sel'skom khozyaistve // Fundamental'nye issledovaniya. 2019. №5. S.110-114

10. Matsushita B., Yang W., Chen J., Onda Y., Qiu G. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-density Cypress Forest // Sensors. 2007. Vol. 7. P 2636-2651.