

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ И УСТОЙЧИВОСТИ
АГРОЛАНДШАФТОВ**
METHODOLOGY FOR ASSESSING BALANCED LAND USE OF RE-
SOURCES AND SUSTAINABILITY OF AGROLANDSCAPES



УДК 631.6

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10156

Владимиров Станислав Алексеевич

кандидат с/х. наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», 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

Сафронова Татьяна Ивановна

доктор техн. наук, профессор, кафедра «Высшей математики», 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

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

Safronova Tatyana Ivanovna

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

Аннотация

Существующие методики оценки земельного использования ресурсов в сельском хозяйстве лишь по отдельному или небольшому числу показателей, а также тестированию по коэффициентам в узком диапазоне их применения не могут дать достаточно полной картины, позволяющей комплексно оценить эффективность землепользования и устойчивость агроландшафтов при возрастающей антропогенной нагрузке. Анализ и системное обобщение методик учета земельного фонда при проектировании и эксплуатации мелиоративных объектов убедительно доказывают необходимость совершенствования традиционных оценочных критериев (коэффициентов) продуктивного использования земельных ресурсов. В связи с этим целью настоящей работы являлось обоснование индикаторов экологически сбалансированного продуктивного использования земельных ресурсов и оценки эффективности используемых подходов к устойчивому развитию на примере рисоводческой отрасли. В представленной работе были решены следующие задачи: выполнена оценка существующих критериев; разработаны новые критерии и методы определения эффективности использования земельных ресурсов; разработан комплексный интегрированный показатель (индикатор) продуктивного использования земли. В результате сельскохозяйственному производству, проектным и эксплуатирующим земельный фонд агроландшафтов организациям предложены новые критерии, не связанные с ценовыми характеристиками. Установлено, что на основе разработанных коэффициентов возможна объективная оценка структуры землепользования как в системе агроландшафтов, например Нижней Кубани, так и в их структурных звеньях, таких как севооборот. Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанная методика дает представление не только о количественных показателях эффективности землепользования, но и доказывают правомерность ее применения при выявлении качественной направленности мероприятий для повышения продуктивности земель.

Summary

Existing methods of assessing land use of resources in agriculture only for a single or small number of rates, as well as testing for coefficients in a narrow range of their application cannot give a sufficiently complete picture to assess comprehensively the effectiveness of land use and the stability of agricultural landscapes under increasing anthropogenic load. Analysis and systematic generalization of land fund registration methods in the design and operation of reclamation facilities prove convincingly the need to improve the traditional evaluation criteria (coefficients) of productive use of land resources. In this regard, the purpose of this

work was to substantiate rates of environmentally balanced productive use of land resources and assess the effectiveness of approaches to sustainable development on the example of the rice industry. In the presented work, the following tasks were solved: the assessment of existing criteria was performed; new criteria and methods of determining the efficiency of land use were developed; the comprehensive integrated indicator (rate) of productive land use was developed. As a result, new criteria that are not related to price characteristics are proposed to agricultural production, design and operating organizations of agricultural landscapes. It is established that based on the developed coefficients, it is possible to assess objectively the structure of land use both in the system of agricultural landscapes, such as the Lower Kuban, and in their structural links, such as a crop rotation. The obtained data indicate that the developed method provides an idea not only about quantitative rates of land use efficiency, but also proves the validity of its application in identifying the qualitative direction of measures to increase land productivity.

Ключевые слова: *севообороты, эффективность землепользования, урожайность культур, плодородие почвы.*

Keywords: *crop rotation, land use efficiency, crop yields, soil fertility.*

Введение. Согласно ранее разработанному в СНиП-П-52-74 методике расчета коэффициента использования земельного фонда (КИЗФ), рассчитываемого как отношение площади мелиоративно-освоенной территории к общему фонду земельных площадей отдельно взятой территории: района, республики, области или хозяйства (формула 1) освоенными землями считались орошаемые пашни, переведенные из естественных угодий.

$$КИЗФ = F_{иф} / F_{эф}, \quad (1)$$

где $F_{иф}$ – площадь ирригированного фонда брутто, тыс. га; $F_{эф}$ – площадь земельного фонда конкретной административной территории, тыс. га.

Данный коэффициент служил основанием к оценке эффективности использования земель, выделяемых под мелиорацию и соответственно, чем выше был данный коэффициент, тем продуктивней использовались выделяемые ресурсы, в том числе и капиталовложения на данных территориях [1,2]. По данному коэффициенту проводилось ранжирование земель и чем выше он был, тем выше уровень интенсификации производства и, как следствие - выше престижность земельных угодий.

Однако исследования показали, что данный показатель имеет ряд недостатков, основной из которых заключался в конечности его интервала оптимальных значений, за которым начиналось резкое ухудшение агресурсного потенциала земель, сопровождающаяся снижением мелиоративных показателей почв, сокращении микроорганизмов [3]. В крайних значениях данного коэффициента наблюдались эпифитотийные и/или эпизоотийные явления, которые в свою очередь уже несут угрозу жизни самому человеку. Следовательно, данный коэффициент не может использоваться для оценки эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения.

Поэтому единственным действующим и утверждённым на законодательном уровне коэффициентом оценки эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения является коэффициент земельного использования (КЗИ) (формула 2).

$$КЗИ = F_{nm} / F_{бр}, \quad (2)$$

где $КЗИ$ – коэффициент земельного использования; F_{nm} – площадь нетто, га; $F_{бр}$ – площадь брутто, га.

Площадь брутто учитывает помимо самой площади под посев сельскохозяйственных культур (площадь нетто) еще сооружения и инфраструктуру участка, включая дороги, каналы, гидротехнические сооружения [4].

Многолетний опыт эксплуатации рисовых оросительных систем Краснодарского края показал, что в среднем КЗИ рисовых оросительных систем (РОС) составляет 0,85 и максимум – 0,91.

На орошаемом земледелии при использовании широкозахватных дождевальными машин с закрытой оросительной сетью напорных трубопроводов КЗИ может достигать значений 0,97.

Дальнейшее увеличение этого коэффициента требует технико-экономического анализа [5]. Поэтому рассматривая этот показатель с точки зрения его совершенствования, т.е. увеличения, рассчитывая при этом на адекватное увеличение выхода продукции, следует сопоставлять его потенциал с капиталовложениями.

Например, реконструкция РОС, имевшей $КЗИ = 0,85$, в систему, состоящую из карт другой конструкции, обеспечивающей повышение КЗИ на 3%, то есть до $КЗИ = 0,88$ на деле не всегда обеспечивает увеличение валовых сборов риса на 3%.

Увеличение КЗИ всегда сопровождается более разреженной системой открытых дренажно-сбросных каналов, или значительно возрастающими капиталовложениями в случае применения закрытых сетей [6]. При этом если не учитываются конкретные почвенные, гидрологические условия, то увеличение КЗИ на 3% может привести к снижению валовых сборов зерна на 20% и более за счет процессов заболачивания, засоления и др.

В большинстве случаев КЗИ может находиться в пределах 0,85-0,95, то есть диапазон его увеличения составляет 0,1 или 11,7%. Поэтому существующий сам по себе показатель КЗИ как критерий оценки совершенства или эффективности технического решения, малоперспективен (даже десятикратное увеличение капложений не приведет к адекватному улучшению мелиоративной системы или другого проекта землеустройства).

КЗИ, очевидно, должен рассматриваться как пассивный показатель объективности принятого технического решения в системе многих других [7]. Как видно из проведенных исследований, уменьшение КЗИ может привести к увеличению выхода продукции в 1,5-2,0 и более раз, так как при этом расширяются потенциальные технологические возможности.

Потенциальные технологические возможности можно оценить через оценку производимых разовых посевов, выполняемых на одном месте в течении вегетационного периода. Критерием такой оценки может служить коэффициент использования земли (КИЗ) (формула 3).

$$КИЗ = \sum F_{noc} / F_{св}, \quad (3)$$

где $\sum F_{noc}$ – сумма разовых посевных площадей сельскохозяйственных культур в севообороте, га; $F_{сев}$ – площадь севооборота нетто, га.

Не смотря на простоту производимых расчетов, использование данного показателя также выявило ряд недостатков [8], которые можно охарактеризовать в следующем:

1. данный показатель не привязан к урожайности культуры, который является конечной целью любого сельхозпроизводства. Так, например, по первому положению, можно представить, что урожай зеленой массы кукурузы, посеянной после уборки ячменя, получен в размере 500 ц/га или 60-80 ц/га, а показатель КИЗ будет одним и тем же.

2. малый и неинформативный диапазон значений от 1,0 до 2,0, а на практике редко превышает значений 1,4-1,5, что регламентируется выполнением правильного экологически и мелиоративно-обоснованного севооборота выводом от 2 до трех полей под многолетние травы [9]. Более того если рассматривать РОС, то там этот показатель может быть и меньше единицы, что обусловлено не 100% использованием ирригационного фонда, при этом даже рекордные урожаи риса не повлияют на увеличение КИЗ.

Если рассмотреть базовый 8-польный севооборот с рисом (62,5%), люцерной (25%) и занятым паром (12,5%) и максимально насытить его промежуточными культурами, то КИЗ составит только 1,5 при количестве разовых посевов – 12.

Учитывая равновеликость всех полей и 100% использование их под посев основных и промежуточных культур, можно вычислить КИЗ как отношение числа разовых посевов к числу полей, то есть:

$$КИЗ = 12 / 8 = 1,5.$$

Если применять этот показатель КИЗ как основной по интенсивности использования земли и учесть, что КИЗ = 1,5 является предельным для этого случая, то можно прийти к выводу о нецелесообразности дальнейших капиталовложений в мелиорацию рисовых систем, так как поднять его не удастся.

3. показатель не корректно оценивает процесс использования земли, например, используя методику разовых посевов и эколого-мелиоративно-оптимальные севообороты с высокой долей многолетних трав в них коэффициент отмечает отрицательную динамику на фоне получаемых прибавок урожая и роста мелиоративного состояния почвы [10]. Так, хозяйства, перешедшие на 6-польные севообороты с 50% насыщением рисом, 33,3% люцерной, 16,7% агро-мелиоративного поля имеют положительную мелиоративную динамику и экологической обстановки [11]. Однако КИЗ в этом случае, из расчета 8 разовых посевов, составит:

$$КИЗ = 8 / 6 = 1,333.$$

Таким образом, при внедрении в севообороты большего процента многолетних трав, значение коэффициента КИЗ уменьшается.

Анализируя выше изложенное можно сделать вывод, что существующие методики не могут корректно отражать эффективность производства, оценивать состояние плодородия почв и эффективность вложенных инвестиций.

Методы исследования, характеристика объекта исследования. Для оценки эффективности использования земельных ресурсов в разрезе вложенных инвестиций, полученной продукции и динамики состояния плодородия почвы требуется комплексная оцен-

ка, состоящая из ряда показателей органично дополняющих друг друга и позволяющих с достаточной точностью оценить сельскохозяйственное производство продукции на каждом отдельно взятом участке [12]. И уже на базе получаемых связей этих показателей получить универсальный комплексный показатель эффективности ведения хозяйственной деятельности.

Используя за основу ранее описанную методику разовых посевов предлагается использовать разработанный нами коэффициент антропогенной нагрузки (КАН).

Исходя из количества разовых посевов, числа полей люцерны из числа принятых полей севооборота по формуле 4 вычисляется коэффициент антропогенной нагрузки:

$$КАН = \frac{\sum n_{раз} - n_{люц}}{n_{сев}}, \quad (4)$$

где $\sum n_{раз}$ – сумма разовых посевов; $n_{люц}$ – число полей люцерны; $n_{сев}$ – число полей севооборота.

Рассмотрим пример, возьмем шестипольный севооборот с различным насыщением люцерной, в первом варианте насыщение люцерной – 33,3%, во втором – 50%, то есть по первому варианту выделяется два поля, во втором – три поля, что снизит сумму разовых посевов на 1 и составит 7 против 8 в первом варианте. Тогда КАН для первого варианта

$$КАН = \frac{8 - 2}{6} = 1,0.$$

для второго варианта

$$КАН = \frac{7 - 3}{6} = \frac{4}{6} = 0,666.$$

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что преимущество имеют севообороты с малым числом полей, а увеличение количества полей люцерны до трех [13], что является оптимальным для баланса между получаем урожаем и антропогенной нагрузкой на почву, ведет к снижению антропогенной нагрузки на 0,344.

Разработанный коэффициент является универсальным для любых севооборотов и его можно использовать не только при изменении площадей, но и методов земледелия для чего нами вводится еще один показатель - коэффициент снижения антропогенной нагрузки (КСАН). Выполним расчет, для этого разделим $КАН_{(1)}$ (первый вариант) на $КАН_{(2)}$ (второй вариант):

$$КСАН = КАН_{(1)}/КАН_{(2)}.$$

Для нашего примера, в первом случае $КАН_{(1)} = 1,0$, а при насыщении этих же 6-польных севооборотов еще одним полем люцерны $КАН_{(2)} = 0,666$, тогда $КСАН = 1/0,666 = 1,5$, то есть осуществив переход всего рисосеяния Кубани на действительно мелиоративные севообороты антропогенная нагрузка со стороны рисовых систем снизится на экосистему Приазовья в 1,5 раза.

Выполненная апробация полученных показателей в хозяйствах Краснодарского края показала, что для корректировки значений коэффициента антропогенной нагрузки необходимо учитывать распаханность территории, величина которой прямопропорционально влияет на значение КАН. Здесь же следует отметить, что поля, находящиеся под многолетними травами, необходимо считать не распаханной территориями [14].

Исходя из вышеизложенного требуется ввести корректирующий (дополнительный) показатель - коэффициент распаханности территории, (КРТ) который характеризует оптимальный экологический баланс между сочетанием сельскохозяйственных угодий.

Условно примем, что для показателя КРТ оптимальный экологический баланс равен 1,000, который можно выразить следующей зависимостью:

$$KPT = S_{расп} / S_{нерасп} = 40/60 \%, \quad (5)$$

где $S_{расп}$ - доля освоенных и распаханых ландшафтов в экосистеме и $S_{нерасп}$ - доля естественных ландшафтов.

Согласно проведенным расчетам по земельному фонду Восточного Приазовья стало очевидно, что наблюдается отрицательная динамика антропогенной нагрузки на почвенный покров.

Совершенствуя полученный подход для получения оптимального экологического баланса были расширены возможности показателя КРТ до самостоятельного показателя - коэффициент антропогенной перегрузки экосистемы (КАП), который можно записать выражением (6).

$$\frac{S_{расп}^{факт}}{S_{ест}^{факт}} : \frac{S_{расп}^{опт}}{S_{ест}^{опт}} = КАП. \quad (6)$$

где $S_{ест}$ - доля площади при оптимальном (опт.) и фактическом (факт.) соотношении естественных угодий, %; $S_{расп}$ - то же для распаханых угодий, %.

Дальнейшие исследования структуры землепользования Нижней Кубани показали, что наблюдается дисбаланс в экосистеме Нижней Кубани, который выражается $КАП=5,58$, значение которого в разы превосходит допустимые значения.

Необходимо уточнить, что предлагаемое соотношение 40/60 является величиной постоянной и может варьироваться в зависимости от применяемой технологии [15]. Так на полях применяются органическую, нулевую, ресурсо- и энергосберегающие технологии с минимизированной по внесению пестицидов и гербицидов или полностью «зеленой» технологии производства сельскохозяйственной продукции - это соотношение может изменяться.

В настоящее время структура Нижней Кубани состоит из 78,82% (422,4 га) площадей, занимаемых сельскохозяйственными культурами, из которых 236,1 тыс га - это рисовые севообороты. Для корректировки показателя КАН, который должен быть больше 1 необходимо умножить имеющуюся площадь рисовых севооборотов на КАН: $F_{рис} \cdot КАН_{рис} = 236,1 \cdot 0,666 = 157,24$ тыс. га. Увеличение рисовых площадей возможно в случае применения оптимально-экологически сбалансированные севообороты с долей люцерны 50% и риса 33,3%, то есть с $КАН_{рис} = 0,666$. Следовательно, площадь распаханых земель уменьшается, тогда значение показателя КАП снижается с 5,58 до 2,68 и достигнуть более оптимальным, экологическим его значениям.

Таким образом можно сделать вывод, что экологическое и мелиоративное благополучие используемого земельного фонда практически целиком зависит от применяемого севооборота, то есть структуры посевных площадей.

Получено прямое подтверждение зависимости уровня благополучия экосистемы от насыщения севооборотов многолетними травами.

Как мы уже рассматривали выше конечная цель производителя – получения максимального урожая с единицы возделываемой площади. Показатель КИЗ, как отмечалось ранее, не отвечает существующим требованиям к производству и не может использоваться для оценки эффективности как применяемой технологии, так и принятых севооборотов. Здесь же следует отметить, что улучшение показателя достигалось увеличением повторных посевов, без учета увеличения капложений на их осуществление, то есть показатель не учитывает при производстве сельхозпродукции оценку продуктивности/непродуктивности использования земли. Следовательно, для корректировки оценки выполняемых мероприятий и методов ведения производства на основе исчисления индексов урожайности нами разработана методика оценки продуктивного использования земли. За 1,000 принимается урожайность сельскохозяйственных культур до внедрения комплекса агро-мелиоративных работ, или на рядом расположенных площадях, используемых по старой схеме (без мелиорации, без должного насыщения севооборотов люцерной, без повторных посевов и т. д.).

Если, например, до строительства рисовых систем на этих землях выращивалась пшеница, то условно, для сравнения можно брать урожай пшеницы на рядом расположенных участках за 1,000, а риса – вычислить через отношение урожая риса к урожаю пшеницы. Затем индексы урожайности «взвешиваются», то есть умножаются на коэффициент, определяющий долю культуры в севообороте. Повторно возделываемые культуры, если их не с чем сравнивать, принимаются (через индекс) за 1,000, также взвешенную на долю этих посевов в севообороте.

Например: пшеница выращивается с урожайностью 45 ц/га, а рис – 44 ц/га. Индекс урожайности риса (i_y) составит отношение 44/45, или 0,977, а взвешенный индекс урожайности I_y составит:

$$I_y = i_y \cdot \alpha, \quad (7)$$

где I_y – взвешенный индекс урожайности; i_y – индекс урожайности; α – доля культуры в севообороте (0,625 в 8-польном севообороте).

тогда $I_y = 0,977 \cdot 0,625 = 0,610$.

Точно так же определяют взвешенные индексы урожайности по всем культурам, включая промежуточные. Тогда КПИЗ можно представить, как сумму взвешенных индексов урожайности ($\sum I_y$).

На конкретных примерах ниже мы убедимся в том, что КПИЗ рисовых оросительных систем меньше 1,000, то есть увеличения интенсивности использования земель не наблюдается.

Другой метод расчета коэффициента продуктивного использования земли основан на исчислении КПИЗ через валовой выход продукции, выраженный в пищевых (усвояемых) килокалориях:

$$KПИЗ = \frac{\sum KK_{op}}{\sum KK_{бог}}, \quad (8)$$

где $\sum KK_{op}$ и $\sum KK_{бог}$ – сумма пищевых килокалорий продукции с орошаемых и богарных севооборотов.

Можно так же приставить этот показатель через соотношение стоимости валового продукта, но этот вариант будет отражать конъюнктурную ситуацию, которая может изменяться вплоть до отрицательного значения.

Последние годы ведение сельскохозяйственного производства сопровождается резким возрастанием текущих затрат, особенно на минеральные удобрения, существенно поддерживающие эффективное плодородие почвы и урожай культур. Поэтому в сельском хозяйстве применение минеральных удобрений значительно сократилось. Единственным выходом из сложившихся экономических и экологических проблем может быть освоение севооборотов, содержащих набор культур, обеспечивающих сбалансированное использование и накопление гумуса. Наиболее мелиорирующей культурой является люцерна, способствующая накоплению не только органики, но и гумуса в почве. Поэтому наличие люцерны в севооборотах является обязательным условием, а ее содержание в севообороте колеблется от 33-50%, что обеспечивает сбалансированность расходных и приходных статей гумуса в почве в течении года. Интенсивное восстановление гумуса почвы возможно при доведении доли люцерны в севообороте до 75%, в случае если это технико-экономически обосновано соответствующими расчетами.

Введем показатель - коэффициент восполнения гумуса в почве (КВГ), который показывает динамику пополнения запасов гумуса в почве от доли площади люцерны в севообороте. Условно принимаем, что при доле люцерны в севообороте 33,3% будет соблюден баланс поступающего и потребляемого органического вещества. С учетом этого допущения рассчитаем КВГ для восьмипольного севооборота с доле в нем люцерны 25% по формуле 9:

$$КВГ = \frac{\alpha_{люц}}{\alpha_{0,33}}, \quad (9)$$

где $\alpha_{люц}$ – доля люцерны в исследуемом севообороте; $\alpha_{0,33}$ – доля люцерны (0,33), определяемая как нулевой баланс гумуса, или индекс сбалансированности гумуса в почве.

$$\text{Для 8-польного севооборота: } КВГ = \frac{0,25}{0,33} = 0,757.$$

Полученное значение КВГ=0,757 меньше 1,0, что показывает необходимость изменения либо долю люцерны в севообороте или предусмотреть внесение дополнительных доз органического вещества. Несоблюдение данных рекомендаций может повлечь за собой наказание землепользователя в соответствии с действующим законодательством.

Предлагаемый КВГ, определяемый через индекс сбалансированности гумуса в почве, очевидно, должен быть основным показателем, характеризующим отношение землевладельца (арендатора) к земле. В случаях, если землевладелец считает, что им другими средствами поддерживается и наращивается плодородие, содержание гумуса в почве

определяется местными органами комитета по охране окружающей среды и природных ресурсов за счет землевладельца.

Дальнейшие исследования показали, что показатель КЗИ является одним из наиболее корректных для оценки хозяйственной деятельности, однако он должен рассматриваться комплексно.

Рассмотрим восьмипольный севооборот с рисом и на богаре, при следующих равных условиях: доля промежуточных культур 0,05 площади, в том числе и на занятом пару. Величина урожайности люцерны – 50 ц/га сена и 60 ц/га на суходоле с долей культуры 0,25. Величина урожайности риса – 42 ц/га и 35 ц/га на суходоле с долей культуры 0,625. Величина урожайности однолетних трав в агромелиоративном поле (сено) – 45 ц/га сена и 50 ц/га на суходоле с долей культуры 0,05. Величина урожайности промежуточных культур – 40 ц/га с долей культуры 0,05.

Индекс урожайности на орошении i_y и взвешенный индекс урожайности I_y для культур данного севооборота составил: для риса (зерновые) 1,2 и 0,75, многолетних трав (сено) 0,833 и 0,208; однолетних трав в агромелиоративном поле (сено) 0,9 и 0,045; промежуточных культур 1,0 и 0,05 соответственно. Суммарный взвешенный индекс урожайности показывает, что земли на орошении используются в 1,053 интенсивнее чем на суходоле.

Повышения эффективности поливного гектара на потребовало отведения 15% земли под различные элементы оросительной системы, что позволило на 5,3% эффективность поливного гектара. С учетом этого рассчитаем фактический суммарный коэффициент продуктивного использования земли (КПИЗ $_{\Sigma}$) по формуле 10:

$$\text{КПИЗ}_{\Sigma} = \text{КЗИ} \cdot \text{КПИЗ}, \quad (10)$$

тогда подставляя наши значения получим

$$\text{КПИЗ}_{\Sigma} = 0,85 \cdot 1,053 = 0,895$$

Расчет по формуле 10 показал не эффективность строительства рисовых систем при использовании данных технологий и получаемой при этом урожайности. Более того, если увеличить урожаи на богаре, за счет оптимизации технологии производства сельскохозяйственной продукции, до 45-55 ц/га, тогда будет наблюдаться дальнейшее снижение урожайности в рисовом севообороте.

Безусловно с помощью показателей КЗИ и КПИЗ можно выполнять эффективность производства, однако с недостаточно точностью, так как не учитывается динамика изменения мелиоративного состояния почв (плодородия), а используются только постоянные значения площадей, выведенных из пахотных под гидротехнические и иные сооружения, то есть если КЗИ-0,85, то 15% под каналы, дороги и т.п. Поэтому возникает необходимость введения еще одного показателя – коэффициента воспроизводства почвенного плодородия (гумуса) – КВГ, который учитывает динамику накопления или истощения почвенного плодородия почв.

Тогда для нашего примера с восьмипольным севооборотом и насыщением рисом - 62,5% коэффициент воспроизводства почвенного плодородия (гумуса) $\text{КВГ} = 0,757$.

Следовательно, суммарный интегрированный коэффициент продуктивного использования земли можно рассчитать по формуле 11:

$$\text{КПИЗ}_I = \text{КЗИ} \cdot \text{КПИЗ} \cdot \text{КВГ}, \quad (11)$$

$$КПИЗ_I = 0,85 \cdot 1,053 \cdot 0,757 = 0,68.$$

Суть полученных результатов формулы 11 заключается в раннем предупреждении снижения урожайности из-за ухудшения плодородия и потери доходности не только из-за урожая, но и дополнительных капиталовложений на восстановления плодородия почвы путем внесения дополнительных доз внесения навоза или посев сидеритов, что также приведет к снижению доходности через потери части урожая.

Анализ формулы 11 показал, что существенное улучшение суммарного интегрированного коэффициента продуктивного использования земли можно достичь путем повышения урожайности севооборотных культур рисового севооборота, включая увеличение доли люцерны в севообороте, которая не только будет способствовать увеличению содержания гумуса в пахотном горизонте, но и существенному повышению показателя КПИЗ.

Повышение урожайности культур рисового севооборота, снижение себестоимости получаемой продукции, улучшение мелиоративного состояния почв и сохранение экологической безопасности на рисовой оросительной системе можно достичь путем реконструкции системы с переходом на орошение дождевальными машинами с увеличением доли люцерны в севообороте.

Разберем конкретный пример (таблица 1), выполним внедрение шестипольного севооборота с дождеванием (33,3 % – люцерна на дождевании, 50 % рис) в восьмипольный севооборот без дождевания (25 % – люцерна без дождевания, 62,5 % рис). Урожайность риса, по предшественнику – люцерна на орошении, составила 75 ц/га и каждый последующий год снижение урожайности риса составляло 10 ц/га.

В таблице 1 промежуточные культуры без дождевания не учитывались, так как существует большая вероятность не получить всходы осенью из-за отсутствия орошения или потери зеленой массы в сухую весну.

Таблица 1 – Оценка эффективности производства риса в шестипольном севообороте

Культура	Доля культуры в севообороте, α	Урожай культур в 6-польном сево-те с дождеванием, ц/га	Урожай культур в 8-польном сево-те без дождевания, ц/га	Индекс ур-ти в 6-польном сево-те, i_y	Взвеш. индекс ур-ти, I_y
АМП (зелёная масса)	0,166	500	300	1,666	0,276
Люцерна 1 года (сено)	0,166	70	50	1,400	0,232
Люцерна 2 года (сено)	0,166	180	50	3,600	0,597
Рис	0,166	75	42	1,785	0,296
+промежуточные культуры на з/м	0,166	150	-	1,0	0,166
Рис	0,166	65	42	1,547	0,257
+ промежуточные культуры	0,166	150	-	1,0	0,166
Рис	0,166	55	42	1,309	0,217
+промежуточные культуры	0,166	150	-	1,0	0,166

Из таблицы 1 видно, что индекс урожайности и интенсивность использования земель в шестипольном севообороте на орошении относительно восьмипольного без орошения равен 2,4, что однозначно свидетельствует о эффективности предлагаемых нами решений по оптимизации и экологизации рисовых севооборотов без снижения существующих темпов интенсификации и не снижающих конкурентоспособность получаемой продукции на рынке ее сбыта.

Согласно таблице 1, для шестипольного севооборота на орошении, без учета промежуточных культур, интенсивность использования земли равна 1,9.

В целом, интенсивность использования земли при орошении с использованием шестипольного севооборота увеличивается более чем в 2,5 раза и равна $KПИЗ = 2,4 \cdot 1,053 = 2,53$, без промежуточных культур в 2 раза $KПИЗ = 1,9 \cdot 1,053 = 2,0$.

В связи с тем, что люцерна является очень чувствительной культурой к переувлажнению, которая выражается в слабой выживаемости и сильной изреженности культуры, и так как на рисовых чеках нулевой уклон, который порой не везде соблюдается, что в свою очередь приводит к образованию локальных «блюдца», площадь которых может достигать до 50% от площади чека, то рекомендуется на рисовых полях выполнять капитальную планировку перед посевом люцерны и эксплуатационную планировку после агрономического поля.

Рассчитаем КПИЗ по результатам оценки полученных результатов сравнения показателей интенсивности использования земли в 8 и 6-польных севооборотах, после выполнения частичной планировки для осуществления орошения на рисовой оросительной системе:

$$KПИЗ_{6n} = KПИЗ_{8n} \cdot \Sigma I_y \quad (12)$$

$$KПИЗ_{6n} = 1,053 \cdot 2,375 = 2,50.$$

Так как при принятом шестипольном севообороте (доля люцерны 33,3%) КВГ=1,0, а КЗИ снижается до 0,82 за счет появления новых каналов, необходимых для нормальной работы фронтальных дождевальных машин, то показатель продуктивного использования земли равен

$$KПИЗ_{\Sigma} = 0,82 \cdot 2,50 \cdot 1,00 = 2,05.$$

Новизна полученного показателя заключается в том, что он отражает действительную ситуацию на рисовой оросительной системе при изменении технологии или состава рисового севооборота. Так, даже при снижении показателя КЗИ, интегрированный показатель продуктивного использования земли может значительно увеличиваться, чего не доставало принятым ранее и рассмотренных в статье показателям оценки эффективности производства риса и сопутствующих культур рисового севооборота.

Выводы.

Использование полученных показателей позволит работникам агропромышленного комплекса своевременно формировать эколого-оптимально-комплексный подход к решению задач по разработке технологических карт, принятию корректирующих изменений в севооборот для получения программируемо высоких урожаев риса и сопутствующих

культур без снижения плодородия почв и сохранения экологической безопасности на рисовой оросительной системе.

Список использованной литературы

1. Сафронова, Т.И. Теоретическая модель оптимального проектирования агроландшафтов / Т.И. Сафронова, И.А. Приходько // Успехи современного естествознания. 2019. № 3-2. С. 204-209.
2. Сафронова, Т.И. Анализ оценки земельных ресурсов в сельском хозяйстве / Т.И. Сафронова, И.А. Приходько, Л.Н. Кондратенко // Фундаментальные исследования. 2019. № 5. С. 110-114.
3. Кузнецов, Е.В. Мониторинг экологической обстановки на рисовых оросительных системах / Е.В. Кузнецов, Н.П. Дьяченко, И.А. Приходько // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2007. № 9. С. 201-206.
4. 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.
5. Bhuiyan, K.A. Grain yield, growth response, and water use efficiency of direct wet-seeded rice as affected by nitrogen rates under alternate wetting and drying irrigation system / K.A. Bhuiyan, S.U. Bhuiya, M.A. Saleque, A. Khatun // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2018. Volume 49, Issue 20, Pages 2527-2545.
6. Wang, Y. Mitigating rice production risks from drought through improving irrigation infrastructure and management in China / Y. Wang, J. Huang, J. Wang, C. Findlay // Australian Journal of Agricultural and Resource Economics. 2018. Volume 62, Issue 1, Pages 161-176.
7. Владимиров, С.А. Эффективность перехода рисоводства на экологическое устойчивое производство на примере ЗАО «Сладковское» Славянского района / С.А. Владимиров // Науч. журнал Труды КубГАУ. – 2009. – Вып. 6(21). - С. 194-199.
8. Владимиров, С. А. Оценка рыбных запасов и биопродуктивности акватории Азово-Кубанского района / С. А. Владимиров, Н.Н. Крылова, С.М. Драгунова // Управление инновациями в современной науке: сборник статей Международной научно-практической конференции (15 октября 2015 г., г. Самара) в 2 ч. Ч.2 – Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – С. 88-91.
9. 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 междуна-родной научн.-практ. конф., посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. 30 января – 1февраля 2013 г. г. Волгоград. том 3. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. С. 213-215.
10. Дьяченко, Н.П. Оценка влияния агроклиматических факторов на формирование урожая основных культур степной зоны Кубани / Н.П. Дьяченко, С.А. Владимиров, Е.В. Кузнецов // Научный журнал Труды / КубГАУ. – 2007. – Вып. № 3 (7). – С. 189-193.
11. 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'zovannoi literatury

1. Safronova, T.I. Teoreticheskaya model' optimal'nogo proektirovaniya agrolandshaftov / T.I. Safronova, I.A. Prikhod'ko // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 3-2. S. 204-209.
2. Safronova, T.I. Analiz otsenki zemel'nykh resursov v sel'skom khozyaistve / T.I. Safronova, I.A. Prikhod'ko, L.N. Kondratenko // Fundamental'nye issledovaniya. 2019. № 5. S. 110-114.
3. Kuznetsov, E.V. Monitoring ehkologicheskoi obstanovki na risovykh orositel'-nykh sistemakh / E.V. Kuznetsov, N.P. D'yachenko, I.A. Prikhod'ko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2007. № 9. S. 201-206.
4. Kumar, S. Developing soil matric potential based irrigation strategies of direct seed-ed 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.
5. Bhuiyan, K.A. Grain yield, growth response, and water use efficiency of direct wet-seeded rice as affected by nitrogen rates under alternate wetting and drying irrigation system / K.A. Bhuiyan, S.U. Bhuiya, M.A. Saleque, A. Khatun // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2018. Volume 49, Issue 20, Pages 2527-2545.
6. Wang, Y. Mitigating rice production risks from drought through improving irrigation infrastructure and management in China / Y. Wang, J. Huang, J. Wang, C. Findlay // Australian Journal of Agricultural and Resource Economics. 2018. Volume 62, Issue 1, Pages 161-176.
7. Vladimirov, S.A. Ehffektivnost' perekhoda risovodstva na ehkologicheskoe ustoichivoe proizvodstvo na primere ZAO «Sladkovskoe» Slavyanskogo raiona / S.A. Vladimirov // Nauch. zhurnal Trudy KuBGU. – 2009. – Vyp. 6(21). – S. 194-199.
8. Vladimirov, S. A. Otsenka rybnikh zapasov i bioproduktivnosti akvatorii Azovo-Kubanskogo raiona / S. A. Vladimirov, N.N. Krylova, S.M. Dragunova // Upravlenie innovatsiyami v sovremennoi nauke: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (15 oktyabrya 2015 g., g. Samara) v 2 ch. Ch.2 – Ufa: AEHTERNA, 2015. – S. 88-91.
9. Vladimirov, S.A. Komp'yuterno-realizuemye modeli optimizatsii resursopo-trebleniya v ehkologicheskom risovodstve/ S.A. Vladimirov, E.I. Gron', G.V. Aksenov, A.V. Bezzubov / Integratsiya nauki i proizvodstva – strategiya ustoichivogo razvitiya APK Ros-sii v VTO. Materialy mezhdunarodnoi nauchn.-prakt. konf., posvyashchennoi 70-letiyu Po-bedy v Stalingradskoi bitve. 30 yanvarya – 1fevralya 2013 g. g. Volgograd. tom 3. – Volgo-grad: FGBOU VPO Volgogradskii GAU, 2013. S. 213-215.
10. D'yachenko, N.P. Otsenka vliyaniya agroklimaticheskikh faktorov na formirovanie urozhaya osnovnykh kul'tur stepnoi zony Kubani / N.P. D'yachenko, S.A. Vladimirov, E.V. Kuznetsov // Nauchnyi zhurnal Trudy / KuBGU. – 2007. – Vyp. № 3 (7). – S. 189-193.
11. Vladimirov, S.A. Teoreticheskie osnovy ehnergeticheskogo mekhanizma vliyaniya klimata predposevnogo perioda na formirovanie urozhainosti risa / S.A. Vladimirov // Zemel'nye i vodnye resursy: monitoring ehkologo-ehkonomicheskogo sostoyaniya i modeli upravleniya: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, po-svyashchennoi 10-letiyu Instituta zemleustroistva, kadastrav i melioratsii (23-25 aprelya 2015 g.). – Ulan-Udeh: Izd-vo BGSKHA im. V.R. Filippova, 2015. – S. 182-187.