

УДК 631.67:631.452:633.18

## ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Куртнезирова А.Н., Кузнецова М.Е.**

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,  
Краснодар, e-mail: dtn-khanna@yandex.ru*

Установлено, что значение показателя агресурсного потенциала оросительных систем полностью зависит от мелиоративного состояния почв агроландшафта. Необходима разработка таких показателей, которые могли бы управлять агресурсным потенциалом после реконструкции оросительной системы для получения высокого урожая культур. Получены индикаторы мелиоративного состояния почв по рискам, которые позволяют дать оценку агресурсному потенциалу сельскохозяйственных земель на примере рисовых оросительных систем и управлять мелиоративным состоянием почв после реконструкции оросительных систем. Выполненные исследования позволили разработать шкалу и меру риска для оценки агресурсного состояния почв. Мера риска определяет мелиоративное состояние оросительных систем возможности по индикаторам: качество планировки плоскости полей; время подачи нормы полива; профиль периферийных канавок; минерализация грунтовых вод; колебание уровня грунтовых вод на полях и др. и находится в диапазоне 0–0,5. Мера риска равная «0» – соответствует оценке агресурсного состояния «хорошо»; при мере риска «0,5» – оценка агресурсного состояния «неудовлетворительно». Разработанные индикаторы исследованы на рисовых почвах Федоровской оросительной системы в нескольких хозяйствах за период четырех лет после реконструкции проблемных участков на выделенном массиве. Установлена мера риска в виде интегральной оценки, которая составила 0,13. Оросительная система после реконструкции находится в удовлетворительном состоянии по мелиоративному состоянию почв, что отражает качество проведенных мероприятий отдельных участков. Разработанную оценку мелиоративного состояния почв следует использовать при проведении работ по реконструкции оросительных систем, она позволяет проводить комплексный контроль выполненных работ.

**Ключевые слова:** оросительная система, мелиорация, плодородие, мелиоративное состояние, индикатор риска

## ESTIMATION OF THE MELIORATIVE STATE OF SOILS OF IRRIGATION SYSTEMS

**Kuznetsov E.V., Khadzhidi A.E., Kurtnezirova A.N., Kuznetsova M.E.**

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, e-mail: dtn-khanna@yandex.ru*

It has been established that the value of the indicator of the agro-resource potential of irrigation systems completely depends on the ameliorative condition of the soil in the agrolandscape. It is necessary to develop such indicators that could manage the agro-resource potential after the reconstruction of the irrigation system for obtaining a high crop yield. Indicators of ameliorative state of soils are obtained on the risks that allow to assess the agro-resource potential of agricultural lands using the example of rice irrigation systems and managing the ameliorative state of soils after the reconstruction of irrigation systems. The carried out researches allowed to develop a scale and a measure of risk for assessing the agro-resource state of soils. The risk measure determines the reclamation state of irrigation systems for the indicators: the quality of the lay-out of the field plane; watering time; profile of peripheral grooves; groundwater mineralization; fluctuations in the level of groundwater in the fields, etc., and is in the range 0–0.5. A measure of risk equal to «0» corresponds to an assessment of the agro-resource state «good»; at a risk of «0.5» the assessment of the agro-resource state is «unsatisfactory». The developed indicators have been studied in rice soils of the Fedorovskaya irrigation system in several farms for a period of four years after the reconstruction of the problem areas on a selected massif. A measure of risk in the form of an integrated assessment was established, which was 0,13. The developed estimation of ameliorative state of soils should be used in the course of works on reconstruction of irrigation systems.

**Keywords:** irrigation system, melioration, fertility, ameliorative state, risk indicator

Краснодарский край является основным регионом страны по производству сельскохозяйственной продукции, где создан крупный водохозяйственный комплекс, включающий 230 тыс. га рисовых и более 70 тыс. га современных оросительных систем. Учитывая сложившееся положение в обеспечении населения РФ продуктами питания, ставится задача по наращиванию производства риса и увеличению его валовых сборов до 1,0 млн т в год [1]. Влияние природных и антропогенных факторов [2, 3]

определяет тенденцию производителей повышения мелиоративного состояния почв (МСП) рисовых мелиорируемых земель за счет их реконструкции, рационального использования водных ресурсов, что в конечном итоге должно привести к качеству и увеличению сельскохозяйственной продукции. Одним из основных показателей после реконструкции следует ожидать повышение агресурсного потенциала (АРП) оросительных систем, который полностью зависит от МСП. Поэтому необходима раз-

работка таких показателей, которые могли бы управлять агроресурсным потенциалом после реконструкции оросительной системы и следует считать, что её агроресурсный потенциал – это комплексное мелиоративное состояние системы, которая обладает всеми необходимыми ресурсами и достаточным потенциалом для получения высокого урожая культуры [4].

Цель исследования: разработать систему индикаторов рисков при оценке агроресурсного потенциала, с помощью которой возможно управлять МСП после реконструкции оросительных систем, а также обосновать меру риска для возможности использования индикаторов в качестве контроля технических параметров оросительных систем: качество планировки плоскости полей; время подачи нормы полива; профиль периферийных канавок; минерализация грунтовых вод; колебание уровня грунтовых вод (УГВ) на полях орошения. Следует ожидать, что выполнение поставленной цели приведет к устойчивому развитию агроландшафтов, где будет формироваться система сельскохозяйственного мелиоративного комплекса.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились на Федоровской оросительной системе до и после реконструкции рисовых чеков. Выполнялись инструментальные замеры состояния гидротехнических сооружений, плоскости чеков, периферийных чековых канавок, сбросных сооружений. Планировка плоскости чеков проводилась с помощью длиннобазовых планировщиков с лазером дальномером, что позволяло выполнять контроль поверхности поля с точностью  $\pm 3$  см. Способ планировки был выбран продольно-челночный. Уровень грунтовых вод (ГВ) определялся в скважинах с помощью поплавков. На исследуемом чеке по длинной стороне было пробурено 3 наблюдательных скважины глубиной 2,0 м и диаметром 50 мм. Скважины устраивались таким образом, чтобы можно было отслеживать не только уровень грунтовых вод, но и влияние оросителя и дренажа на его динамику. Уровень ГВ находился в диапазоне 0–1,2 м. В скважинах определялся химический состав грунтовых вод. Был оборудован наблюдательный пост за уровнем воды на чеке. Обработка опытных данных проводилась с помощью стандартных методик, приборов и оборудования в аттестованных лабораториях и на персональных компьютерах методами математической статистики.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки АРП оросительных систем применяются отдельные локальные показатели, такие как плодородие земель, бонитет почв и др., которые учитывают только текущее состояние агроландшафтов и не могут дать комплексной оценки о состоянии орошаемых земель в текущий момент. Для оценки реконструкции оросительной системы необходима разработка меры технических показателей, которые бы в комплексе с плодородием земель давали сравнительный результат до и после выполнения агротехнологий на исследуемом массиве. Поэтому для решения поставленной цели необходимо выполнить основную задачу обоснования технических параметров системы в виде количественных показателей – меры степени работоспособности оросительных систем при выращивании сельскохозяйственных культур.

После реконструкции следует ожидать повышение агроресурсного потенциала агроландшафтов оросительной системы, который определяется «хорошим» МСП. Следовательно, мера оценки «хорошо» должна иметь численный параметр. Принимается произвольно для оценки МСП – «хорошо» мера равная «0», а для оценки МСП «неудовлетворительно» – 0,5. Диапазон установленного интервала 0–0,5 может служить мерой оценки промежуточного состояния МСП, что позволяет более детально исследовать тот или иной показатель технического состояния системы. Рассмотрим формирование показателей для оценки АРП. Главным показателем, который формирует валовый урожай риса, является качество планировки поверхности чеков. Плоскость чеков должна быть «идеальной» плоской с отметками  $\pm 3$  см на всей площади полей. При отклонении отметок до  $\pm 5$  см ведет к потере урожая до 10%. Технические параметры – минерализация грунтовых вод и колебание уровня грунтовых вод также оказывают негативное влияние на урожай риса. Потери урожая риса значительно зависят от времени подачи и сброса воды, которое определяется состоянием периферийных канавок.

Для разработки индикаторов контроля агроресурсного состояния полей выполнялись исследования мелиоративного состояния почв на рисовых полях хозяйств «Звезда», «Кубань», «Искра» и малых крестьянских хозяйств, входящих в состав ФОС, на общей площади 10778 га (табл. 1).

Хозяйства располагаются вдоль главного оросителя последовательно, что позволяет проводить анализ мелиоративного состояния полей по мере затопления водой плоскости чеков в начале вегетационного периода и в конце оросительного сезона после сброса воды с чеков. Оценка состояния полей показывает, что площади требуют улучшения как планировки поверхности полей, так и оснащения водоизмерительной техникой. В наихудшем состоянии находятся крестьянские хозяйства, где требуется реконструкция оросительной системы 25% орошаемых площадей. В крупных предприятиях реконструкция полей требуется на 5–16% площадей орошения.

Обследование МСП оросительной системы в хозяйствах (табл. 1) выявило, что наибольшее влияние на урожай и затраты с его выращиванием оказывает степень выровненности поверхности полей, которая тесно связана с управлением слоем воды на чеках. Управление слоем определяется временем подачи воды на плоскость чека, минерализацией грунтовых вод и технологическими сбросами воды с плоскости чека. Все перечисленные параметры зависят от состояния гидротехнических мелиоративных сооружений на системе.

поверхности чеков, на которых превышение отметок более ± 5 см наблюдается на площади не более 6–10% от общей площади чека. При этом состояние МСП – удовлетворительное. Индикатор находится в пределах 0,16–0,50. При увеличении деградированной плоскости чека с отметками более ± 5 см индикатор возрастает с 0,5 при 10% до 0,9 при 50%, соответственно. Из анализа (1) следует, что спланированная поверхность чеков до стандартного отклонения ± 5 см является удовлетворительным условием, а отклонение ± 3 см – это практически идеальное условие выращивания риса [2].

Индикатор контроля времени подачи воды на плоскость чека  $I_2$  определяется по формуле

$$I_2 = 1 - 3/T; I_2 = 0, T \leq 3 \text{ сут.}, \quad (2)$$

где  $T$  – время затопления чека, сут.

При увеличении срока заливки чека индикатор  $I_2$  возрастает и стремится к 1. Оптимальным сроком полной заливки чека считается 3 суток. Периферийные канавки во время подачи и сброса воды обеспечивают водный режим на чеке. Оптимальной глубиной канавок является  $h = 0,5$  м [1]. Индикатор будет

$$I_3 = 1 - h_k/h; I_3 = 0, h_k = 0,5 \text{ м}, \quad (3)$$

где  $h_k$  – строительная глубина на чеке, м.

Таблица 1

Характеристика орошаемых земель в разрезе хозяйств ФОС

Наименование хозяйства	Общая площадь орошаемых земель, га	Оценка состояния орошаемых земель (хорошее), га	Площадь, требуемая улучшения земель и технического уровня мелиорации, га
«Звезда»	2637	2637	500
«Кубань»	4838	4563	250
«Искра»	2894	2894	480
Крестьянские хозяйства	409	409	100
Всего	10778	10503	1330

Индикатор контроля высотной планировки плоскости чека определяется значением нарушения плоскости чека по отношению к допустимому пределу отклонения (± 5 см) с площадью до  $s = 5\%$ :

$$I_1 = 1 - S/S_n; I_1 = 0, S \leq 5 \text{ см}, \quad (1)$$

где  $s_n$  – процент площади чека с отметками более ± 5 см.

При  $s_n$  более 5% происходит падение урожайности риса на 5–20% [1], индикатор стремится к единице  $I_1 \rightarrow 1$ . Оценке МСП хорошо соответствует индикатор  $I_1$ , равный 0. Установлено, что качество спланированной

При  $h_k = 0,5$  м,  $I_3 = 0$ . При уменьшении глубины индикатор увеличивается и при  $h_k = 0,1$  м,  $I_3 = 0,8$ . Глубина канавок должна находиться в диапазоне 0,3–0,5 м.

Минерализация грунтовых вод определяет риски от засоления почвы при подъеме уровня минерализованных грунтовых вод –  $I_4$ . Подъем уровня минерализованных грунтовых вод при подтоплении агроландшафтов вызывает вторичное засоление активного (корнеобитаемого) слоя почвы. При засолении почвы происходит изменение состава катионов, почва засоляется, становится малопродуктивной для выращива-

ния риса. Риски по степени минерализации грунтовых вод:

$$I_4 = f(C); I_4 = 0, C \neq 0, \quad (4)$$

где  $C$  – минерализация ГВ, г/л;  
 $I_4 = 1$ , при  $C < 1$  г/л – «хорошо»;  $I_4 = 2$ , при  $C = 1$  г/л – «удовлетворительно»;  $I_4 = 3$ , при  $1 \text{ г/л} < C \leq 2 \text{ г/л}$  – «неудовлетворительно»;  $I_4 = 4$ , при  $C > 2$  г/л – необходимо не допускать подъема УГВ к поверхности чека.

Подтопление чеков в межполивной период оказывает значительное влияние на своевременную предпосевную обработку и сев риса в оптимальные сроки [5]. Поэтому необходимо контролировать и управлять уровнем ГВ на плоскости чеков. Для этого используется индикатор контроля подтопления горизонта почвы (А) –  $I_5$ :

$$I_5 = f\left(1 - \frac{h}{H_o}\right); I_5 = 0, h \geq 0,4, \quad (5)$$

где  $h$  – УГВ в чеке, м;  $H_o$  – норма осушения рисового поля ( $H_o = 0,4$  м), м.

При  $h = H_o = 0,4$  м – УГВ не оказывает влияния на уборку риса, чек считается подготовленным к уборке,  $I_5 = 0$  – МСП «хорошо». При подъеме УГВ выше 0,4 м начинается процесс переувлажнения почвы чека.

На мелиоративное состояние чеков влияют технологические сбросы воды с плоскости чека. От своевременного сброса воды зависит борьба с сорной растительностью (количество обработок риса гербицидами), потери урожайности риса в конце вегетации. Для этого разработан  $I_6$  – индикатор управления временем сброса воды с плоскости чека. Индикатор можно определить из выражения

$$I_6 = 1 - 3/t, \quad (6)$$

где  $t$  – время сброса воды с плоскости чека, сут.

С учетом индикаторов (1)–(6) и диапазона меры риска 0–0,5 разработана шкала оценки рисков мелиоративного состояния почв агроландшафтов оросительных систем (табл. 2) [6].

**Таблица 2**

Шкала оценки рисков мелиоративного состояния почв агроландшафтов оросительных систем

Локальный риск	Характеристика риска МСП рисовых чеков (индикаторов рисков)	Шкала рисков	Мера риска
$I_1$	Индикатор контроля высотной планировки плоскости чека	$\pm 3$ см	0
		$\pm 5$ см	0,1
		$\geq \pm 5$ см до 10% площади	0,2
		$\geq \pm 5$ см на всей площади	0,5
$I_2$	Индикатор контроля времени подачи воды на плоскость чека, сут	$I_5 = 3$	0
		$I_5 \leq 4$	0,1
		$I_5 \geq 4$	0,2
		подача затруднена	0,5
$I_3$	Индикатор контроля профиля периферийных чековых канавок	профиль не нарушен	0
		профиль чековых канавок нарушен на 10%;	0,1
		профиль чековых канавок нарушен $\geq 10\%$ ;	0,2
		профиль чековых канавок нарушен $\geq 50\%$ ;	0,5
$I_4$	Индикатор степени минерализации УГВ, г/л	$C < 0,5$	0
		$C < 1$	0,1
		$C = 1$	0,2
		$C > 2$ , не допускать подъема УГВ к поверхности чека	0,5
$I_5$	Индикатор контроля подтопления горизонта почвы (А) в межполивной период после выпадения осадков. Положение УГВ, м	$I_8 = 1$	0
		$0,5 \leq I_8 \leq 1,0$	0,1
		$0,5 \leq I_8$	0,2
		уровень грунтовых вод на поверхности (подтопление)	0,5
$I_6$	Индикатор контроля времени сброса воды с плоскости чека, сут	$I_5 = 3$	0
		$I_5 \leq 4$	0,1
		$I_5 \geq 4$	0,2
		сброс затруднен	0,5

По шкале (табл. 2) приняты меры рисков мелиоративного состояния почв. При соблюдении всех необходимых мероприятий при возделывании риса безразмерный индикатор риска стремится к 0. Если мера риска  $>0,5$ , система переходит в неустойчивое состояние.

Исследования для Федоровской оросительной системы показывают, что после реконструкции интегральный показатель меры риска равен 0,13 (по табл. 2:  $I_1 = 0,5$ ;  $I_2 = 0,12$ ;  $I_3 = 0,12$ ;  $I_4 = 0,24$ ;  $I_5 = 0,1$ ;  $I_6 = 0,1$ ) и приближается к оценке МСП «хорошо».

### Заключение

Разработана система показателей меры рисков для оценки агресурсного потенциала в виде шкалы меры рисков (табл. 2), с помощью которой можно определять МСП до и после реконструкции оросительных систем.

Обоснована мера рисков, при которых выполняется контроль технических параметров оросительных систем, например, для рисовой оросительной системы: качество планировки плоскости полей; время подачи нормы полива; профиль периферийных канавок; минерализация грунтовых вод; положение уровня грунтовых вод на полях орошения.

Выполнен анализ состояния ФОС по хозяйствам за 4 года после реконструкции проблемных участков на выделенном массиве по индикаторам риска (1)–(6). Установлена мера риска в виде интегральной оценки, которая составила 0,13. Оросительная система после реконструкции находится в удовлетворительном состоянии по МСП, что отражает качество проведенных мероприятий отдельных участков. Требуется дальнейшая реконструкция рисовой оросительной системы, особенно в крестьянских хозяйствах.

Разработанную методику следует использовать при проведении работ по ре-

конструкции оросительных систем, она позволяет проводить комплексный контроль выполненных работ.

### Список литературы / References

1. Кузнецов Е.В., Чеботарев М.И., Хаджиди А.Е. Ресурсные технологии повышения мелиоративного состояния рисовых систем. Краснодар: КубГАУ, 2017. 87 с.  
Kuznetsov E.V., Chebotarev M.I., Khadzhibidi A.E. Resource technologies for improving the meliorative state of rice systems. Krasnodar: KubSAU, 2017. 87 p. (in Russian).
2. Гаркуша С.В., Трубилин А.И., Владимиров С.А. Основы экологического рисоводства в Краснодарском крае. Краснодар: ООО «ТИС ТЕХНОЛОДЖИ», 2013. 104 с.  
Garkusha S.V., Trubilin A.I., Vladimirov S.A. The fundamentals of ecological rice growing in the Krasnodar Territory. Krasnodar: ООО «TIS TECHNOLOGIE», 2013. 104 p. (in Russian).
3. Голованов А.И. О целях и сущности мелиорации земель // Вестник сельскохозяйственной науки. 1991. Вып. № 12. С. 21–23.  
Golovanov A.I. About the purposes and essence of land reclamation // Vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki. 1991. № 12. P. 21–23 (in Russian).
4. Амелин В.П., Владимиров С.А. Режим орошения как основной компонент ресурсосберегающей безгербицидной технологии возделывания риса // Научные основы индустриальной технологии возделывания риса на Кубани: сб. науч. тр. КубГАУ. 1986. Вып. № 266 (294). С. 31–40.  
Amelin V.P., Vladimirov S.A. Irrigation regime as the main component of resource-saving non-herbicide technology of rice cultivation // Scientific foundations of industrial technology of rice cultivation in the Kuban: coll. sci. tr. KubSAU. 1986. Вып. № 266 (294). P. 31–40 (in Russian).
5. Рекс Л.М., Умывакин В.М., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель экологической ситуации на рисовой оросительной системе // Научный журнал КубГАУ. 2008. № 44(10) [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2008/10/pdf/03.pdf> (дата обращения: 17.08.2018).  
Rex L.M., Umyvakin V.M., Safronova T.I., Prikhod'ko I.A. Mathematical model of the ecological situation in the rice irrigation system // Scientific journal of KubSAU. 2008. № 44 (10) [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2008/10/pdf/03.pdf> (date of access: 08/17/2018) (in Russian).
6. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е. Методы количественной оценки мелиоративного состояния агроландшафта и риски управления системой сельскохозяйственного мелиоративного комплекса // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 43. С. 266–270.  
Kuznetsov E.V., Khadzhibidi A.E. Methods for quantifying the meliorative state of the agrolandscape and the risks of managing the system of the agricultural reclamation complex // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 43. P. 266–270 (in Russian).