

Научная статья

Original article

УДК 631.6

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10408

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**
STATISTICAL CHARACTERISTICS OF OPERATING PARAMETERS OF RICE
IRRIGATION SYSTEM



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

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

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

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

Аннотация. При эксплуатации рисовых оросительных систем кардинально нарушаются условия генезиса и почвообразования ландшафтов. Это приводит к вымыванию активного гумуса и кальция, коллоидных частиц, питательных веществ из пахотного слоя в нижележащие горизонты, в результате чего проявляется тенденция к вторичному засолению и осолонцеванию почв. Развитие элювиально-глеевого процесса и изменение физико-химических показателей почв вызывает изменение морфологического почвенного профиля. Вероятность возникновения негативных последствий связана со спецификой рисовой оросительной системы. Эта вероятность зависит от следующих факторов: затопление рисовых чеков, осушение, внесение удобрений, подъем уровня грунтовых вод, заиливание каналов, износ инженерного оборудования. В настоящее время актуальными являются проблемы предотвращения деградации земель, почвенные обследования и наблюдения за положением уровня грунтовых вод и степенью их минерализации, поддержание и восстановление почвенного плодородия. В статье по данным полевого эксперимента авторами вычислены характеристики мощности гумусового горизонта рисового поля – выборочная дисперсия, коэффициент вариации и размах вариации. Проведенные расчеты необходимы при выработке рекомендаций по обеспечению оптимального водно-солевого режима корнеобитаемого слоя и зоны аэрации, при определении содержания в почво-грунтах питательных веществ – гумуса, валового азота, фосфора и калия, при изучении гидрохимического состава оросительных и

дренажных вод, при определении качественного состава солей и степени токсичности ионов, содержащихся в почве. Предлагаемый в работе способ оценки мелиоративного состояния почв может служить основой для разработки компьютерных программ по сохранению и улучшению экологической безопасности на рисовой оросительной системе.

Summary. During the operation of rice irrigation systems, the conditions for the genesis and soil formation of landscapes are cardinally violated. This leads to the leaching of active humus and calcium, colloidal particles, nutrients from the arable layer into the underlying horizons, resulting in a tendency to secondary salinization and alkalinization of soils. The development of the eluvial-gley process and the change in the physicochemical parameters of soils cause a change in the morphological soil profile. The likelihood of negative consequences is associated with the specifics of the rice irrigation system. This probability depends on the following factors: flooding of rice paddies, drainage, fertilization, rising groundwater levels, siltation of canals, wear of engineering equipment. Currently, the problems of preventing land degradation, soil surveys and monitoring the position of the groundwater level and the degree of their mineralization, maintaining and restoring soil fertility are topical. In the article, according to the data of the field experiment, the authors calculated the characteristics of the thickness of the humus horizon of the rice field - the sample variance, the coefficient of variation and the range of variation. The performed calculations are necessary in the development of recommendations for ensuring the optimal water-salt regime of the root layer and the aeration zone, in determining the content of nutrients in soil and soil - humus, total nitrogen, phosphorus and potassium, in studying the hydrochemical composition of irrigation and drainage waters, in determining the qualitative the composition of salts and the degree of toxicity of ions contained in the soil. The proposed method for assessing the reclamation state of soils can serve as a basis for the development of computer programs to preserve and improve environmental safety in the rice irrigation system.

Ключевые слова: рисовая оросительная система, почвенное плодородие, экологическая безопасность, статистические характеристики.

Keywords: rice irrigation system, soil fertility, environmental safety, statistical

characteristics.

Введение.

Рисовая оросительная система (РОС) предназначена для орошения риса и сопутствующих культур севооборота. РОС состоит из каналов оросительной и водоотводной сети, поливных карт (разделённых на чеки валиками), сооружений (водозаборов, насосных станций, отстойников) [1]. Вероятность возникновения негативных последствий связана со спецификой рисовой оросительной системы. Эта вероятность зависит от следующих факторов: затопление рисовых чеков, осушение, внесение удобрений, подъем уровня грунтовых вод, заиливание каналов, износ инженерного оборудования [2].

Материалы и методы.

Для решения проблемы повышения экологической безопасности функционирования РОС нового поколения необходимо выявить основные факторы и оценить их роль при различных сценариях воздействия на окружающую среду. Численные значения критериев существенно зависят от климатических характеристик [3]. Потому будем использовать вероятностный подход решения задачи.

Функционирование рисовой оросительной системы зависит от ресурсов пресной воды в снабжающем систему водоисточнике. Потому работа модели рассматривается на двух этапах.

Первый этап – вычисление объема воды, необходимого для обеспечения оптимального водного режима всем культурам и (или) для обеспечения допустимой концентрации солей в корнеобитаемой зоне почвы.

Опасность засоления почв и, как следствие, снижение продуктивности, приводит к необходимости подавать на поля воду для промывки солей. Это, в свою очередь, приводит к поднятию уровня грунтовых вод и постепенному переходу земель оросительной системы с атмосферного на гидроморфный режим, который характеризуется тем, что капиллярная кайма грунтовых вод поднимается до корневой системы растений или даже до поверхности почвы. Результатом этого

является интенсивное испарение грунтовых вод, а так как они обычно значительно минерализованы, то происходит накопление солей на поверхности почвы или в зоне корневой системы, т.е. происходит вторичное засоление почв.

Обсуждение результатов.

Обоснование оптимальных вариантов требует новых теоретических исследований и разработки инновационных проектов, базирующихся на результатах математического моделирования исследуемых процессов. Необходима разработка общих теоретических и методических подходов использования компьютерных информационных систем.

Входные параметры, характеризующие состояние рисовой оросительной системы, тесно связаны с режимом грунтовых вод [4]

Режим грунтовых вод в период первоначального затопления рисовых чеков зависит от величины гидромодуля первоначального затопления. Их уровень активно поднимается и постепенно достигает поверхности под незатопленной частью чека. С грунтовыми водами поднимаются растворенные в них соли и другие токсичные соединения – так происходит ирригационное засоление и заболачивание почвы. Чтобы избежать его, необходимо увеличить расход из оросителя до величины, при которой она в любой момент больше расхода на впитывание в почву.

В период получения всходов режим грунтовых вод риса зависит от степени дренирования и определяет влажность почвы в этот важный для риса период. Как известно, дружные и густые всходы риса могут быть получены в том случае, если после наклевывания семян в почве будет наиболее благоприятное сочетание влаги, воздуха и тепла. Такие условия автоматически формируются в почве, влажность которой поддерживается в пределах 75-85% от наименьшей влагоемкости. В затопленной почве и на чеках с высоким стоянием уровня грунтовых вод, когда максимальная капиллярная кайма совпадает с поверхностью земли, указанное сочетание создать нельзя. В этом случае испарение с поверхности почвы становится равным или близким подпитке ее грунтовыми водами.

Если гидрологическая емкость зоны аэрации больше величины ливня, осадки

впитываются в почву и опускаются в грунтовые воды.

Перечисленные характеристики рисовой оросительной системы можно считать инерционными показателями состояния почв и включать в разработку вариантов использования земельных ресурсов, режимов водопользования рисовой оросительной системой.

Вектор состояния представляют в паспорте следующие параметры:

а) топографические – номера камер, с которыми осуществляется связь через поверхностные и подземные воды; величина орошаемых земель;

б) гидрологические – влагозапасы почвы, уровень грунтовых вод и их минерализация, дренированность территории;

в) параметры фитоценозов – выделены типы микроландшафтов, занятых под различными культурами, агрегированными по их транспортирующей способности и требованиям к водному фактору в различные периоды вегетации.

По проведенным исследованиям в АО «Черноерковское» Славянского района [5] видно, что влияние длительного затопления проявляется в изменении мелиоративных, агрохимических, агрофизических, морфологических характеристик почвогрунтов.

Вычислим следующие характеристики: выборочную дисперсию, коэффициент вариации и размах вариации признака X – «мощность гумусового горизонта рисового поля» по данным на различных участках поля.

Мощность гумусового горизонта, см	[9–12)	[12–15)	[15–18)	[18–21)	[21–24)	[24–27)
n_i	6	12	33	22	19	8

Выборочное среднее равно

$$\bar{x} = \frac{1}{100} (10,5 \cdot 6 + 13,5 \cdot 12 + 16,5 \cdot 33 + 19,5 \cdot 22 + 22,5 \cdot 19 + 25,5 \cdot 8) = 18,3$$

Выборочная дисперсия:

В 3

Тогда $S = 3,9$ и коэффициент вариации равен

$$V = \frac{3,9}{18,3} \cdot 100 = 21,3\%.$$

Размах вариации $R = 27 - 9 = 18$.

Рассмотрим модель парной линейной регрессии. Аналитически модель парной линейной регрессии можно записать следующим образом

$$y_x = \alpha + \beta x_1 + u_x \quad (1)$$

Если имеется ряд наблюдений, т.е. выборка объема n : $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_n, y_n)$, формула (1) примет вид:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + u_i \quad (2)$$

По данным выборки невозможно найти α и β . Возможно найти лишь их оценки соответственно a и b и формула (2) принимает вид:

$$y_i = a + bx_i + e_i = \hat{y}_i + e_i, \quad (3)$$

где $e_i = y_i - \hat{y}_i$ – называются остатками [4].

Далее рассмотрим доверительные интервалы для коэффициентов регрессии. Доверительным интервалом для параметра λ с уровнем значимости α называется такой интервал $(\lambda_1; \lambda_2)$, что $P(\lambda_1 < \lambda < \lambda_2) = 1 - \alpha = p$, т.е. утверждается с вероятностью p , что параметр λ находится в этом интервале. Вероятность p называется доверительной.

Доверительный интервал легко находится по критическому значению t -распределения. Действительно, при уровне значимости α критическое значение $t_{кр}$ означает, что:

$$P(|t| < t_{кр}) = 1 - \alpha \quad (4)$$

Если t выражается через оцениваемый параметр λ , то нулевая гипотеза H_0 будет принята при любом значении λ , для которого выполняется (4). Так находится доверительный интервал.

После вычислений получаем доверительный интервал для β :

$$b - s_b t_{кр} < \beta < b + s_b t_{кр} \quad (6)$$

Аналогично находим доверительный интервал для a :

$$a - s_a t_{кр} < a < a + s_a t_{кр} \quad (7)$$

По наблюдениям за 25 лет нашли выборочную функцию регрессии, выражающую зависимость расходов на мелиоративные мероприятия y от доходов x : $\hat{y} = 55,3 + 0,093x$, а также стандартное отклонение $S_b = 0,003$. Предстоит проверить значимость коэффициента регрессии $b = 0,093$ и найти доверительный интервал для β . При уровне значимости $\alpha = 0,05$ проверяем значимости гипотезы H_0 : Так как $t_{\text{факт.}} = 31 > t_{\text{кр.}} = 2,069$, то нулевая гипотеза отвергается. Коэффициент регрессии $b=0,093$ признается значимым.

Найдем доверительный интервал для β :

$$b - S_b t_{\text{кр.}} < \beta < b + S_b t_{\text{кр.}} \Leftrightarrow 0,093 - 0,003 \cdot 2,069 < \beta < 0,093 + 0,003 \cdot 2,069 \Leftrightarrow 0,087 < \beta < 0,099$$

Заметим, что $\beta = 0$ не входит в доверительный интервал, поэтому и была отвергнута нулевая гипотеза $H: \beta = \beta_0 = 0$.

При эксплуатации РОС радикально изменяется водно-воздушный режим природно сформировавшихся почв. В период вегетации риса режим грунтовых вод также зависит от степени дренирования и определяет заболоченность почвы в результате длительного затопления, повышения щелочности и оглеения почвы. Плодородие ее падает. Чтобы избежать негативных явлений, необходимо создать условия для периодического осуществления промывного режима орошения. В этом случае поступающий с водой кислород ослабит восстановительные и активизирует окислительные процессы, а избыток накопленных токсичных соединений будет вымыт в нижележащие горизонты и далее в дренажно-сбросную сеть.

Выводы. В статье по результатам длительных наблюдений за состоянием рисовых оросительных систем получены статистические характеристики территории. Изложенный подход делает возможным получение количественных оценок различных характеристик:

- при почвенных обследованиях и наблюдениях за положением уровня грунтовых вод и степени их минерализации;
- при расчете нагрузки на дренаж;
- при определении составляющих водно-солевого баланса рисового поля;

– при установлении гидравлической взаимосвязи между поверхностными и грунтовыми водами.

Перечисленные характеристики необходимы при выработке рекомендаций по обеспечению оптимального водно-солевого режима корнеобитаемого слоя и зоны аэрации.

Литература

1. 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.

2. 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.

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. 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.
2. 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.

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., Степанов В.И., 2021. *International agricultural journal*, 2021, № 6, 474-483.

Для цитирования: Приходько И.А., Степанов В.И. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ // *International agricultural journal*. 2021. № 6, 474-483.