

Научная статья

Original article

УДК 631.6

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10387

**ПРОГНОЗ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД И ЗАСОЛЕНИЯ НА
РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**FORECAST OF GROUNDWATER MINERALIZATION AND SALINATION IN
RICE IRRIGATION SYSTEMS**



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. Из мировой практики производства риса известно, что рис является влаголюбивой культурой и требует большого объема оросительной воды. Для мелиоративного комплекса характерны следующие экологические аспекты: уровень грунтовых вод; динамика поверхностного стока; состояние почвенно-поглощающего комплекса. В качестве критериев мелиоративного состояния рисовых полей с позиции солевого режима почвы принимаем: глубину залегания и минерализацию грунтовых вод, тип и степень засоления метрового слоя почвы, среднюю скорость вертикальной фильтрации. Следует отметить, что доступные для посадки риса площади ирригационного фонда Краснодарского края ежегодно уменьшаются в результате частичного, а иногда полного несоблюдения севооборотов и технологий возделывания риса, что приводит к снижению почвенного плодородия вплоть до частичного или полного вывода земель из сельскохозяйственного назначения, а на рисовых оросительных системах требуется выполнять капитальный ремонт, выполнение которого является экономически нерентабельно. При обосновании проектов оросительных систем необходимы полные знания гидрохимических условий и, в частности, режима и минерализации грунтовых вод. В статье прогноз минерализации грунтовых вод выполнен приближенным балансовым методом и описаны результаты повторной солевой съемки на рисовой системе Славянского района Краснодарского края. Выполненные расчеты позволят рекомендовать предварительные допустимые

глубины грунтовых вод, принимать своевременные управленческие решения, разрабатывать оптимально-адаптированные технологические карты для получения гарантированно высоких урожаев риса без снижения мелиоративного состояния почв. Их применение на практике решает проблему обеспечения высокой продуктивности культур рисового севооборота, эффективного использования земель, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия.

Summary. From the world practice of rice production, it is known that rice is a moisture-loving crop and requires a large volume of irrigation water. The following ecological aspects are characteristic of the reclamation complex: groundwater level; dynamics of surface runoff; the state of the soil-absorbing complex. As the criteria for the ameliorative state of rice fields from the standpoint of the salt regime of the soil, we take the following: the depth of burial and salinity of groundwater, the type and degree of salinity of a meter-long soil layer, and the average rate of vertical filtration. It should be noted that the areas of the irrigation fund of the Krasnodar Territory available for planting rice annually decrease as a result of partial and sometimes complete non-compliance with crop rotations and rice cultivation technologies, which leads to a decrease in soil fertility up to a partial or complete withdrawal of land from agricultural purposes, and Rice irrigation systems require major repairs, the implementation of which is economically unprofitable. When justifying projects for irrigation systems, complete knowledge of hydrochemical conditions and, in particular, the regime and salinity of groundwater is required. In the article, the forecast of groundwater salinity is made by an approximate balance method and the results of repeated salt survey on the rice system of the Slavyansky district of the Krasnodar Territory are described. The performed calculations will make it possible to recommend preliminary permissible depths of groundwater, make timely management decisions, develop optimally adapted technological and logical maps to obtain guaranteed high yields of rice without reducing the reclamation state of soils. Their application in practice solves the problem of ensuring high productivity of rice crop rotation, effective land use, conservation and reproduction of soil fertility.

Ключевые слова: рисовая оросительная система, базовые почвенные показатели, минерализация грунтовых вод.

Keywords: rice irrigation system, soil baseline, groundwater salinity.

Введение.

Среди продовольственных культур рис занимает одно из ведущих мест. Для обеспечения устойчивых урожаев риса необходим качественный контроль за мелиоративным состоянием рисовых систем на основе научно обоснованных оценочных критериев, базирующихся на прогнозе водно-солевого режима почв по математическим моделям влагопереноса для конкретных мелиоративных объектов [1].

Материалы и методы.

В работе использованы результаты проведения солевой съемки на рисовой оросительной системе АО «Черноерковское» Славянского района Краснодарского края на площади 5594 га. Полученные результаты использованы для составления мелиоративного кадастра и более эффективного использования орошаемых земель в эксплуатационных учреждениях и хозяйствах-водопользователях. Прогноз изменения минерализации грунтовых вод и засоленности пород зоны аэрации выполнен приближенным балансовым методом [2,3]. Главными составляющими солевого баланса каждого расчетного слоя являются поступление солей с инфильтрационными водами, с фильтрационными потерями в грунтовые воды, перемещением солей из грунтовых вод в породы зоны аэрации под влиянием испарения, вынос вертикальным и горизонтальным потоками из расчетного слоя. Содержание солей в расчетном слое на период времени t определяется выражением

$$C = \frac{h_0 C_0 + h_w C_w}{h_0 + h_w}, \quad (1)$$

где h_0 – высота подъема уровня грунтовых вод за время t за счет инфильтрации оросительной воды,

h_w – слой влаги, соответствующий объему поровых растворов,

$$h_w = \frac{W - (1 \div 15)\%}{n},$$

где n – пористость породы,

C_0 – минерализация оросительной воды, г/л,

C_w – минерализация поровых растворов пород зоны аэрации, г/л.

При этом C_w можно вычислить по формуле

$$C_w \approx \frac{C_T 1000}{W_{II} - W_T}, \quad (2)$$

где C_T – содержание токсичных солей в слое пород по водной вытяжке, %

W_T – гигроскопическая влажность, %

Для выполнения прогноза по формуле (1) в ходе солевой съемки были пробурены скважины – 66 скважин глубиной 2 м и 65 скважин глубиной 1 м. Образцы почво-грунтов из скважин отбирались методом сплошной колонки по стандартным интервалам 0–25, 25–50, 50–75, 75–100, 100–150, 150–200 см. Анализ образцов почв и грунтовых вод выполнен центральной лабораторией КГМГУ [4]. Обследованием охвачена вся пахотная территория АО «Приазовское», входящая в состав Черноерковской оросительной системы. В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах дельты р. Кубань. Ведущей культурой возделывания является рис, сопутствующими культурами – многолетние травы (люцерна), а также культуры, устойчивые к засолению и близкому залеганию минерализованных грунтовых вод. В геологическом отношении участок на исследованную глубину сложен породами четвертичных лиманно-морских отложений, литологический состав которых изменяется от глин средних до тяжелых супесей. Все отложения иловатые, концентрация их изменяется от полутвердого до мягко пластического состояния. Водовмещающими породами являются преимущественно суглинки, прослойки супесей и редко торфа, мощность водоносных отложений изменяется от 0,5 до 1,5 м и более. На период обследования уровень почвенно-грунтовых вод вскрывается от 0,5 до 2,0 м и более. Относительно близкое залегание уровня почвенно-грунтовых вод отмечено в центральной и западной частях, где

преобладают отрицательные и близкие к нулю абсолютные отметки поверхности рисовых чеков.

Обсуждение результатов.

На обследованной площади орошаемых земель распространены преимущественно лугово-болотные почвы (редко встречаются перегнойно-глеевые и аллювиально-луговые). Характерными признаками данных почв являются:

- серая с легким коричневым оттенком окраска гумусового горизонта с резким переходом одного горизонта в другой;
- комковатая слабо водопрочная структура верхней части гумусового горизонта;
- наличие ниже пахотного слоя глеевого горизонта, обычно сырого и вязкого.

Механический состав верхней части почвенного профиля в основном глинистый и тяжелосуглинистый, но встречаются и среднесуглинистые разновидности. Неоднородна по механическому составу и нижняя часть двухметрового почвенного профиля (среднесуглинистые и глинистые слои чередуются). Результаты обследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение общих и токсичных солей, в % в лугово-болотных почвах (средние данные по хозяйству)

Тип почвы	Год обследования	0-25 см		25-50 см		50-75 см		75-100 см		Среднее в слое 100 см		100-150 см		150-200 см		
		Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	Общее кол-во солей	В т. ч токсичных	
Лугово-болотные	слабосолончаковые															
	1-й тур	0,272	0,134	0,570	0,222	0,723	0,301	0,649	0,315	0,554	0,243	0,561	0,311	0,442	0,303	
	2-й тур	0,118	0,065	0,194	0,130	0,260	0,198	0,240	0,175	0,203	0,142	0,345	0,241	0,281	0,213	
	среднесолончаковые															
	1-й тур	0,540	0,258	0,796	0,396	0,822	0,445	0,706	0,423	0,716	0,380	0,604	0,381	0,506	0,355	
	2-й тур	0,366	0,299	1,272	0,618	0,921	0,513	0,751	0,400	0,828	0,458	0,531	0,319	0,568	0,332	

В результате длительного орошения ухудшаются водно-физические свойства почв. Так, объемная масса пахотного слоя составляет в среднем 1,3 г/см³, а общая скважность составляет 46 %. Поглотительная способность лугово-болотных почв довольно высокая (в пахотном горизонте емкость поглощения колеблется от 28,79

до 39,32 мг на 100 гр. почвы). В составе поглощенных оснований преобладает кальций 0,9–82,9%, содержание поглощенного натрия составляет 0,9–4,7 % от емкости поглощения. В отдельных выработках, характеризующих площадь 124 га, содержание поглощенного натрия достигает 5,5–10,3 %, что позволяет классифицировать эти почвы как слабо солонцеватые.

Повышенное содержание в почвах поглощенного натрия (более 5 % от емкости поглощения) оказывает отрицательное влияние, в основном, на снижение фильтрационных свойств за счет разбухания влажного солонцеватого горизонта. Высокая степень насыщенности данных почв кальцием и магнием придает им высокую буферность и устойчивость к изменяющейся реакции почвенной среды и позволяет вносить удобрения в средних и высоких дозах. По глубине залегания солонцеватого горизонта почвы разделяются на солонцеватые (солонцеватый горизонт залегает на глубине 0–50 см, площадь 124,0 га) и глубоко солонцеватые (50–100 см). Распределение площадей засоленных и солонцеватых почв в АО «Приазовское» представлено в таблице 2.

Таблица 2 – распределение площадей засоленных и солонцеватых почв в АО «Приазовское» (по среднему содержанию в слое 0–100 см)

Общая площадь орошаемых земель, га	Годы обследования	Незасоленные почвы	Засоленные			Несолонцеватые почвы	Солонцеватые		
			слабо	средне	сильно		слабо	средне	сильно
5594	1-й тур	860	1570	2039	1125	5249	211	134	-
5594	2-й тур	1260	1443	2891	-	5470	124	-	-

На площади 1260,0 га лугово-болотные почвы не засолены в метровой толще. На площади 1443,0 га отмечена слабая степень засоления в слоях 0–50 и 50–100 см (при сульфатном, сульфатно-хлоридном типе засоления). На площади 2891,0 га отмечена средняя степень засоления почв при сульфатном, хлоридно-сульфатном и реже сульфатно-хлоридном типе засоления.

Степень засоления определялась по сумме токсичных солей (метод Базилевич и Панковой). Крупномасштабная почвенно-солевая съемка позволила уточнить и выявить не только местоположение и степень засоления, но и характер

распределения солей по почвенному профилю.

Наибольшее содержание общих и токсичных солей отмечается в первом метровом слое почв, а с глубиной их количество уменьшается. Такая картина по распределению солей отмечалась и при первом туре обследования. В слабо солончаковых почвах идет активный выброс общих и токсичных солей по всему профилю, но более активно соли выносятся из первого метрового слоя, их процент достигает по общим солям до 63 %, а по токсичным – 42 %. В средне солончаковых почвах происходит незначительное накопление солей в первом метровом слое. Во втором метре происходит вымывание общих и токсичных солей.

Выводы. Сравнительный анализ почвенно-солевых съемок орошаемых земель АО «Приазовское» позволяет сделать следующие выводы о его мелиоративном состоянии. При длительном возделывании культуры риса заметное рассоление произошло в лугово-болотных слабо солончаковых почвах, преимущественно в зоне аэрации (слой 0–100 см). К этим почвам приурочены чеки с повышенными абсолютными отметками. На средне солончаковых почвах (это чеки с самыми низкими отметками) рассоление почво-грунтов не наблюдается. Площади средне засоленных почв снизились [5].

Основываясь на проведенных исследованиях свойств почв в АО «Приазовское» Славянского района с целью повышения плодородия орошаемых земель, предотвращения процессов засоления, осолонцевания, уплотнения почв, рекомендуем на орошаемой пашне выполнить следующие мероприятия:

1. В связи с тем, что природное плодородие низкое и обусловлено малой мощностью гумусовых горизонтов рекомендуется внесение 80 т/га навоза. Навоз частично нейтрализует токсичное действие солей, способствует образованию водопрочной структуры и рыхлости, повышает водопроницаемость почв, что способствует вымыванию избытка солей из пахотного слоя.

2. Для предотвращения развития процессов осолонцевания почв, с целью повышения водопрочности структуры необходимо вносить в почву кальций в

форме гипса или фосфогипса.

3. На слабо солончаковых почвах необходимо выполнить гипсование. Доза гипса составит в среднем 7,8 т/га.

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, 140-149.

Для цитирования: Приходько И.А., Степанов В.И. ПРОГНОЗ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД И ЗАСОЛЕНИЯ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА // *International agricultural journal*. 2021. № 6, 140-149.