



УДК 631.67.03

**В.И. Заносова, Т.Я. Молчанова**  
**V.I. Zanosova, T.Ya. Molchanova**

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И СТЕПЕНИ ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

### EVALUATION OF GROUNDWATER QUALITY AND ITS SUITABILITY FOR IRRIGATION

**Ключевые слова:** орошение, подземные воды, минерализация воды, засоление, ирригационный коэффициент, качество оросительной воды.

Целью исследований является оценка пригодности подземных вод как водоисточника при орошении земель. Выполнен обзор теоретических исследований в области оценок качества природных вод для целей оросительных мелиораций, который показал, что не могут быть установлены точные стандарты пригодности оросительных вод для любых условий. Представлены результаты определения ирригационных свойств подземных вод Кулундинской зоны Алтайского края по агрономическим критериям. Исследования минерализации и химического состава оросительных вод и их качества велись по общепринятым в мелиоративном почвоведении методикам, позволяющим определить ее пригодность для полива на основе качественного состава солей с точки зрения опасности засоления, осолонцевания почв и карбонатного подщелачивания. Установлено, что исследованная вода пресная с минерализацией до 1,0 г/дм<sup>3</sup>. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные со смешанным катионным составом. При орошении сельскохозяйственных культур в отношении возможности засоления относится к категории хороших и ограниченно пригодных с учетом местных природных и ирригационных условий. По ирригационным коэффициентам вода пригодна для полива при соблюдении режимов орошения. Материалы качественной оценки оросительных вод области необходимы для определения первоочередных мероприятий по оздоровлению мелиоративного состояния орошаемых земель, улучшению качества поливных вод, они могут служить научной основой при обосновании выбора источников орошения земель. Для предотвращения негативных последствий нерационального ведения орошаемого земледелия необходима организация постоянного мониторинга с интегрированной оценкой агроэкологического и

гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых массивов.

**Keywords:** irrigation, groundwater, water mineralization, salinity, irrigation coefficient, irrigation water quality.

The research goal is to evaluate the suitability of groundwater for irrigation. The review of theoretical studies in the field of quality evaluation of natural water for the purpose of irrigation reclamation shows there cannot be set precise standards of irrigation water suitability for any conditions. The paper presents the determination of irrigation properties of groundwater of the Kulunda zone of the Altai Region according to agronomic criteria. The study of mineralization and chemical composition and quality of irrigation water was conducted according to generally accepted methodology of meliorative soil science enabling to determine its suitability for irrigation based on qualitative composition of salts from the point of view of the risks of salinization, soil alkalization and carbonate alkalization. The groundwater under study was fresh water with mineralization up to 1.0 g dm<sup>3</sup>. Regarding the chemical composition, the groundwater was hydrocarbonate water with mixed cationic composition. In terms of possible salinization when irrigating crops, this water belongs to the category of "good" and "partially suitable" based on the local natural and irrigation conditions. The irrigation coefficients show that water is suitable for irrigation provided irrigation regimes are followed. The data of quality evaluation of irrigation water are required to determine the priority actions to improve the reclamation condition of irrigated lands, improve the quality of irrigation water, and they may serve as a scientific foundation in selecting irrigation water sources. To prevent negative consequences of irrational irrigated agriculture, the organization of constant monitoring with integrated agro-ecological evaluation of hydrogeological and reclamation condition of irrigated lands is required.

**Заносова Валентина Ивановна**, д.с.-х.н., доцент, проф. каф. гидравлики, с.-х. водоснабжения и водоотведения, Алтайский государственный аграрный университет. Тел. (3852) 62-80-82. E-mail: valzan@bk.ru.

**Молчанова Тамара Яковлевна**, ст. преп., каф. инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-80-82. E-mail: valzan@bk.ru.

**Zanosova Valentina Ivanovna**, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Chair of Hydraulics, Farm Water Supply and Water Disposal, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-80-82. E-mail: valzan@bk.ru.

**Molchanova Tamara Yakovlevna**, Asst. Prof., Chair of Engineering Structures, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-80-82. E-mail: valzan@bk.ru.

### Введение

Орошение остается основным средством интенсификации земледелия, особенно в степных зонах, подверженных постоянным засухам. Реализация государственной программы Алтайского края «Развитие мелиорации земель Алтайского края сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 годы» предполагает восстановление мелиоративного фонда и ввод в эксплуатацию 15,92 тыс. га мелиорируемых земель за счет реконструкции 5,40 тыс. га имеющихся мелиоративных систем и строительства 10,52 тыс. га новых [1].

На современном этапе гидромелиоративные системы еще не являются экологически совершенными и не отвечают всем требованиям охраны природы, хотя и создаются с обязательной разработкой природоохранных мероприятий. Круг экологических проблем, связанных с развитием ирригации, сегодня хорошо известен [2]. Необходимость решения этих проблем на орошаемых землях дала направление исследованиям по обоснованию требований к качеству оросительной воды, обеспечивающих поддержание благоприятного эколого-мелиоративного режима земель [3].

Анализ литературы по проблемам оценки качества оросительной воды показывает, что преобладающим является системный подход по комплексной оценке требований к качеству оросительной воды [4-6].

**Целью** исследований является оценка пригодности подземных вод как водоисточника при орошении земель.

Основная **задача** исследований заключается в поиске параметров и числовых значений качества поливной воды, которые должны обеспечить сохранение и воспроизводство почвенного плодородия, предупредить деградиционные процессы на орошаемых массивах.

### Объекты и методы

Пригодность воды на орошение, ввиду отсутствия единых утвержденных требований, определяется на основе химического анализа по ирригационным коэффициентам, расчет которых производится различными методами.

Большинство исследователей при оценке качества воды используют показатель минерализации оросительных вод. Основоположником такой оценки является А.Н. Костяков [7], который характеризует ирригационные свойства вод в соответствии с их минерализацией (табл. 1).

Примерно аналогичные требования к оросительной воде по ее минерализации приняты в США [8].

Следует отметить, что в различных классификациях оценка пригодности воды различной минерализации для орошения не всегда совпадает. Это объясняется краткосрочностью экспериментальных исследований и различиями в природных условиях объектов, для которых производится оценка. При орошении водами невысокой минерализации представляет опасность осолонцевание почв, заключающееся в замене в обменном комплексе почвы двухвалентных ионов на одновалентные.

И.Н. Антипов-Каратаев и Г.М. Кадер [9] выявили закономерность между поглощением почвой натрия и содержанием соды в воде и предложили для ирригационной оценки воды в отношении ее способности к осолонцеванию почв следующую зависимость:

$$K = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] / [Na^+] \times 0,23C,$$

где  $K$  – коэффициент ионного обмена между водой и почвой;

$[Ca^{2+}]$ ,  $[Mg^{2+}]$ ,  $[Na^+]$  – концентрации катионов, ммоль/л;

$C$  – минерализация воды, г/л.

Если  $K > 1$ , то вода считается пригодной для орошения, если  $K < 1$  – вода непригодна для полива.

Оценка качества воды по общей минерализации

Класс воды	Минерализация, г/л	Оценка качества
I	Менее 0,4	Хорошая
II	0,4-1,0 (пресная)	Ограниченное применение с учетом местных природных и ирригационных условий
III	1,0-3,0 (слабоминерализованная)	Повышенная опасность для растений
IV	Более 3,0	Вторичное засоление

По содержанию в воде хлоридов и сульфатов натрия Стеблер [4] предложил рассчитывать щелочную характеристику, выраженную в виде ирригационных коэффициентов, представляющих собой слой воды в дюймах, который содержит щелочей столько, сколько необходимо для того, чтобы почва стала вредной до глубины 1,2 м для большинства культурных растений. Для расчета используется формула  $K = 288/5Cl$ , если ионов  $Na^+$  меньше, чем ионов  $Cl^-$ , и по формуле  $K = 288/(Na^+ + 4 Cl^-)$ , если ионов  $Na^+$  больше, чем ионов  $Cl^-$ . По значениям данных коэффициентов определяется качество воды как хорошее ( $K_a > 18$ ), удовлетворительное ( $K_a$  от 18 до 6), неудовлетворительное ( $K_a$  от 5,9 до 1,2) и плохое, т.е. вода является непригодной для орошения ( $K_a < 1,2$ ).

#### Результаты и их обсуждение

Изложенные выше методики были использованы для оценки пригодности подземных вод для орошения сельскохозяйственных земель ООО «Западное» Кулундинского района Алтайского края. Сельхозпредприятие имеет статус племенного репродуктора. Нарастивание предприятием поголовья крупного рогатого скота обусловило увеличение посевных площадей кормовых культур, в том числе орошаемых земель. За последние три года площадь орошения в хозяйстве увеличена на 1,5 тыс. га и составляет 4000 га.

Орошение земель базируется на эксплуатации подземных вод, приуроченных к неоген-четвертичным, миоценовым и верхнеолигоценным – нижнемиоценовым водоносным отложениям Верхне-Обского артезианского бассейна [10]. Водозабор состоит из 12 скважин глубиной от 37 до 202 м. Подземные воды аккумулируются в водоеме – копани емкостью 620 тыс. м<sup>3</sup>.

Почвенный покров участка орошения представлен, преимущественно, каштановыми почвами. Почвообразующими породами служат супеси с прослоями суглинков. По степени естественной дренированности территория относится к слабодренированной.

ности территория относится к слабодренированной.

Наблюдения за ирригационными качествами источников орошения проводились путем отбора проб воды в вегетационный период 2014 г. в соответствии с нормативными требованиями. Лабораторные исследования проб воды выполнялись в гидрохимической лаборатории ЗАО ПИИ «Алтайводпроект» по общепринятым методикам определения химических компонентов в воде. Результаты химического анализа подземных вод приведены в таблице 2.

Подземные воды продуктивных водоносных горизонтов пресные, по химическому составу гидрокарбонатные со смешанным катионным составом. Исходя из макрокомпонентного состава подземных вод выполнены расчеты показателей ее пригодности для орошения. Результаты оценки пригодности вод для орошения приведены в таблице 3.

Как показали проведенные исследования, подземные воды обладают в основном хорошими и удовлетворительными ирригационными качествами.

Минерализация оросительных вод находится в пределах от 0,28 до 0,52 г/дм<sup>3</sup> и, согласно классификации (табл. 1), относятся к категории хороших или ограниченно пригодных с учетом местных природных и ирригационных условий.

Осолонцевание обусловлено в основном поступлением в почву натрия в обмен на ионы кальция и магния, которые вымываются из коллоидной фазы почвы в почвенный раствор. Согласно оценке по возможному развитию осолонцевания расчетные значения соотношения ионов значительно больше критического числа, следовательно, развитие процессов осолонцевания почв маловероятно.

Результаты оценки качества подземных вод по общим ирригационным показателям (по Стеблеру) показали, что большинство (58%) проб характеризуют качество воды как хорошее и 42% водных проб – как удовлетворительное.

Таблица 2

Результаты химического состава подземных вод

№ п/п	№ скв.	Ионы, мг/дм <sup>3</sup> ; мг-экв/дм <sup>3</sup>						Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>
		анионы			катионы			
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	
Водоносный средне-верхнеплиоценовый горизонт (кулундинская свита)								
1	23491	212,1	7,0	25,2	27,9	14,1	38,3	324,6
		3,47	0,20	0,53	1,37	1,16	1,67	
2	118	189,1	7,5	19,3	26,4	13,4	31,9	287,6
		3,1	0,21	0,40	1,32	1,10	1,39	
3	901 <sup>a</sup>	250,2	12,8	25,9	24,1	10,9	68,9	392,8
		4,1	0,36	0,54	1,2	0,90	2,99	
4	902 <sup>a</sup>	286,7	18,1	60,4	58,9	17,9	49,5	491,5
		4,7	0,51	1,26	2,94	1,47	2,15	
5	906 <sup>a</sup>	195,3	6,4	14,4	32,1	4,9	38,2	291,3
		3,2	0,18	0,30	1,60	0,40	1,66	
6	907 <sup>a</sup>	183,1	7,8	8,2	30,1	6,1	31,9	267,2
		3	0,22	0,17	1,50	0,50	1,39	
7	915	280,7	40,8	41,2	10,0	7,3	126,7	506,7
		4,6	1,15	0,86	0,50	0,60	5,51	
Водоносный миоценовый горизонт – N <sub>1</sub> (таволжанская свита)								
8	902	286,8	40,8	54,3	36,0	15,8	89,4	523,1
		4,7	1,15	1,13	1,80	1,30	3,89	
9	906	237,9	9,6	30,9	22,0	7,30	71,1	379,0
		3,9	0,27	0,64	1,10	0,60	3,09	
10	910	195,2	62,4	47,3	38,3	15,9	67,4	426,4
		3,2	1,76	0,98	1,91	1,31	2,93	
11	13	183,0	57,6	51,9	40,0	31,6	25,3	389,3
		3,00	1,62	1,08	2,00	2,60	1,10	
12	19840	256,2	16,3	32,9	22,0	12,1	74,5	413,8
		4,2	0,46	0,68	1,10	1,00	3,24	
Водоем								
13		226,6	28,9	47,5	32,1	24,3	52,4	386,7
		3,71	0,82	1,36	1,61	2,00	2,28	

Таблица 3

Оценка пригодности подземных вод для орошения

№ п/п	№ скв.	Оценка ирригационного качества воды					
		минерализация, г/дм <sup>3</sup>	по Костякову	K <sub>ц</sub>	по Стеблеру	K	по Антипову-Каратаеву
Водоносный средне-верхнеплиоценовый горизонт (кулундинская свита)							
1	23491	0,32	Хорошее	26	Хорошее	29	Пригодна
2	118	0,29	Хорошее	31	Хорошее	37	Пригодна
3	901 <sup>a</sup>	0,39	Хорошее	12	Удовлетвор.	12	Пригодна
4	902 <sup>a</sup>	0,49	Ограниченное применение	38	Хорошее	22	Пригодна
5	906 <sup>a</sup>	0,29	Хорошее	22	Хорошее	24	Пригодна
6	907 <sup>a</sup>	0,28	Хорошее	26	Хорошее	33	Пригодна
7	915	0,51	Ограниченное применение	7	Удовлетвор.	2	Пригодна
Водоносный миоценовый горизонт (таволжанская свита)							
8	902	0,52	Ограниченное применение	13	Удовлетвор.	9	Пригодна
9	906	0,38	Ограниченное применение	12	Удовлетвор.	9	Пригодна
10	910	0,43	Ограниченное применение	25	Хорошее	14	Пригодна
11	13	0,39	Хорошее	36	Хорошее	61	Пригодна
12	19840	0,41	Ограниченное применение	12	Удовлетвор.	9	Пригодна
Водоем							
13		0,39	Хорошее	45	Хорошее	18	Пригодна

После смешения подземных вод в аккумулярующем водоеме они по ирригационным свойствам вполне пригодны для орошения.

Однако следует отметить, что механизмы взаимодействия между оросительной водой, почвенным раствором и твердой частью почвы весьма сложны и многообразны. При оценке пригодности подземных вод для орошения нельзя установить строгих норм содержания в них различных солей, поскольку в каждом конкретном случае помимо качества используемой воды надо учитывать особенности почв и гидрогеологические особенности орошаемой территории.

### Заключение

Каждый из показателей качества воды в отдельности хотя и несет информацию о ее свойствах, все же не может служить мерой качества воды, так как не позволяет судить о значениях других показателей, хотя иногда косвенно связан с некоторыми из них.

Оценка пригодности подземных вод в ирригационных целях позволяет заключить, что в настоящее время, несмотря на ее положительные характеристики, требуются строгий учет условий использования поливных вод и проведение агротехнических мероприятий, предупреждающих постепенное накопление вредных солей в почвах.

Для предотвращения негативных последствий нерационального ведения орошаемого земледелия необходима организация постоянного мониторинга с интегрированной оценкой агроэкологического и гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых массивов.

### Библиографический список

1. Развитие мелиорации земель Алтайского края сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 годы: гос. программа утв. постанов. Администрации Алтайского края от 24.11.2014 г. № 520. – Барнаул, 2014. – 35 с.
2. Бадмаева С.Э. Экологические аспекты орошения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2006. – № 11. – С. 130-131.
3. Заносова В.И. Ирригационная оценка качества подземных вод Алтайского Приобья. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – 150 с.
4. Безднина С.Я. Регламентирование и улучшение качества оросительной воды // Повышение качества оросительной воды. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 4-11.

5. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки / под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: РОМА, 1997. – 185 с.

6. Горев Л.Н., Пелешенко В.И. Основы мелиоративной гидрохимии. – Киев: Выща школа, 1991. – 535 с.

7. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 150 с.

8. Маслов Б.С., Нестеров Е.А. Вопросы орошения и осушения в США. – М.: Колос, 1967. – 320 с.

9. Антипов-Каратаев М.Н., Кадер Г.М. К методике определения мелиоративной оценки оросительной воды // Почвоведение. – 1969. – № 5. – С. 96-101.

10. Заносова В.И., Борзилов О.С. Водные ресурсы для устойчивого развития Ключевского района Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12 (98). – С. 35-39.

### References

1. Razvitie melioratsii zemel Altayskogo kraia selskokhozyaystvennogo naznacheniya na 2014-2020 gody [Elektronnyy resurs]: [gos. programma: utv. postanov. Administratsii Altayskogo kraia ot 24.11.2014 № 520]. – Barnaul, 2014. – 35 s.

2. Badmaeva S.E. Ekologicheskie aspekty orosheniya // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – № 11. – S. 130-131.

3. Zanosova V.I. Irrigatsionnaya otsenka kachestva podzemnykh vod Altayskogo Priobya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2009. – 150 s.

4. Bezdina S.Ya. Reglamentirovanie i uluchshenie kachestva orositelnoy vody // Povyshenie kachestva orositelnoy vody. – M.: Agropromizdat, 1990. – S. 4-11.

5. Bezdina S.Ya. Kachestvo vody dlya orosheniya: printsipy i metody otsenki; pod red. B. B. Shumakova. – M.: ROMA, 1997. – 185 s.

6. Gorev L.N., Peleshenko V.I. Osnovy meliorativnoy gidrokhimii. – Kiev: Vyscha shkola, 1991. – 535 s.

7. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsii. – M.: Selkhozizdat, 1960. – 150 s.

8. Maslov B.S., Nesterov E.A. Voprosy orosheniya i osusheniya v SShA. – M.: Kolos, 1967. – 320 s.

9. Antipov-Karataev M.N., Kader G.M. K metodike opredeleniya meliorativnoy otsenki orositelnoy vody // Pochvovedenie. – 1969. – № 5. – S. 96-101.



10. Zanosova V.I., Borzilov O.S. Vodnye resursy dlya ustoychivogo razvitiya Klyuchevskogo rayona Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 12 (98). – S. 35-39.



УДК 631.811.1:631.82

**В.И. Макаров**  
V.I. Makarov

## ВЛИЯНИЕ ДОЗ КАРБАМИДА И НОРМ ОРОШЕНИЯ НА ЭМИССИЮ АММИАКА ИЗ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

### EFFECT OF CARBAMIDE RATES AND IRRIGATION RATES ON AMMONIA EMISSION FROM SODDY-PODZOLIC MEDIUM LOAM SOIL

**Ключевые слова:** карбамид, эмиссия аммиака, дерново-подзолистые почвы, влажность почвы, аммоний, нитраты, кислотность почв, аммонификация, нитрификация, азотное состояние почв.

Схема модельного опыта включала десять вариантов с возрастающими дозами  $N_m$  (от 0 до 36 мгN/кг) и различным уровнем поверхностного увлажнения почвы (от 0 до 10 мм), имитирующего атмосферные осадки в виде дождя. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая со средним уровнем плодородия. Влажность почвы в начале эксперимента составляла 10,1%. Эмиссию  $NH_3$  из почв определяли в динамике 6 раз в течение 37 сут., агрохимические свойства – в конце опыта. Потери азота в виде  $NH_3$  из неудообренной почвы не превышали 25,0 мкгN/кг (эквивалентно 63 г/га) за 37 сут. наблюдений. Поверхностное увлажнение неудообренной почвы приводит к снижению эмиссии  $NH_3$  из него. При внесении на сухую почву  $N_m$  в количестве 24 мгN/кг (эквивалент N60) потери азота в виде  $NH_3$  составили 1,68 мгN- $NH_3$ /кг, или 7,0% от использованной дозы. Увлажнение почвы в количестве 5 мм и более существенно снижает эмиссию  $NH_3$  из почв. При оросительной норме 10 мм потери N- $NH_3$  составили всего 0,47% от внесенного количества азота в составе  $N_m$ . Интенсивность эмиссии  $NH_3$  из почвы усиливается в 3,1 раза при увеличении доз  $N_m$  с 12 до 36 мгN/кг. При внесении  $N_m$  с дополнительным увлажнением наблюдается высокая интенсивность эмиссии аммиака из дерново-подзолистой почвы только в течение семи суток, а без полива – растягивается на 5 недель. Внесение  $N_m$  на поверхность сухой почвы приводит к ее подщелачиванию в слое 0-3 см на 0,25-0,35 ед. pH солевой вытяжки и накоплению обменного аммонийного азота до 179 мгN/кг. Дополнительный полив нормой 5 мм сопровождается образованием в почве нитратного азота (до 25,3-26,8% от  $N_{мин}$ ) при подкислении среды на 0,26-0,50 ед. pH.

**Keywords:** carbamide, ammonia emission, soddy-podzolic soils, soil moisture, ammonia, nitrates, soil acidity, ammonification, nitrification, soil nitrogen condition.

The model experiment design included ten variants of increasing  $N_m$  rates (from 0 to 36 mg N per kg) and various levels of soil surface moistening (from 0 to 10 mm) simulating atmospheric precipitations in the form of rain. Soddy-podzolic medium-loam soils of medium fertility were used for the experiments. Soil moisture made 10.1% at the beginning of the experiment. Changing emission of  $NH_3$  from soils was determined 6 times during 37 days; agro-chemical properties were determined at the end of the experiment. Nitrogen losses in the form of  $NH_3$  from unfertilized soil did not exceed 25.0  $\mu$ g N per kg (equal to 63 g ha) for 37 days of observation. Surface moistening of unfertilized soil leads to the reduction of  $NH_3$  emission from this soil. When  $N_m$  was applied to dry soil in a rate of 24 mg N per kg (equal to N60), nitrogen losses in the form of  $NH_3$  made 1.68 mgN- $NH_3$  per kg, or 7.0% of the applied rate. Soil moistening in amount of 5 mm and more significantly reduced  $NH_3$  emission from soils. At irrigation rate of 10 mm, N- $NH_3$  losses made only 0.47% of the applied amount of nitrogen in the composition of  $N_m$ . The emission rate of  $NH_3$  from the soil increases 3.1 times when  $N_m$  doses increase from 12 to 36 mg N per kg. When  $N_m$  is applied along with additional moistening, high ammonia emission rate from soddy-podzolic soils is observed during seven days only; it lasts for 5 weeks without moistening. The application of  $N_m$  on the surface of dry soil leads to its alkalization in the layer of 0-3 cm by 0.25-0.35 units of salt extract pH and accumulation of exchangeable ammonia nitrogen to 179 mg N kg. Additional irrigation with 5 mm rate is accompanied by the formation of nitrate nitrogen in soil (to 25.3-26.8% of  $N_{min}$ ) with acidification by 0.26-0.50 pH units.

**Макаров Вячеслав Иванович**, к.с.-х.н., доцент, проф. каф. агрохимии и почвоведения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (3412) 58-99-48. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

**Makarov Vyacheslav Ivanovich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Chair of Agro-Chemistry and Soil Science, Izhevsk State Agricultural Academy. Ph.: (3412) 58-99-48. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.