

12. Monitoring vodnyh resursov Respubliki Kalmykija i problemy jekosistemnogo vodopol'zovaniya v agro-promyshlennom komplekse [Tekst] / A.S. Ovchinnikov, V.V. Borodychev, Je.B. Dedova, M.A. Sazanov // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouni-versitetskogo kompleksa. – Volgograd, 2015. №3 (29) – P. 9-19.

13. Praktikum po pochvovedeniju [Tekst] /Pod red. I.S. Kauricheva – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1986.- 336 p.

14. Rudnickaja, N.V. Mineralizacija prirodnyh vod [Tekst] / Meliorativnaja jenciklopedija. Tom II (K-P) – M.: FGNU “Meliovodinform”, 2004. – P. 176.

15. Sazanov, M.A. Principy zonal'noj sistemy ocenki kachestva polivnyh vod dlja uslovij Kalmykii [Tekst] / M.A. Sazanov, Je.B. Dedova, V.V. Ochirov // Kompleksnye melioracii – sredstvo povyshenija produktivnosti sel'skohozjajstvennyh zemel': Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 90-letiju sozdaniya VNIIGiM – M., Izd. VNIIA 2014. – P. 402-406.

16. Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa [Tekst] /Pod red. prof. V.M.Maksimova Vol.1-L.: Nedra, 1979. – 512 p.

E-mail: volgau@volgau.com

УДК 631.675:631.671.1

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
ВОДНО-СОЛЕВЫМ РЕЖИМОМ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ
SIMULATION OF SOILS AQUEOUS-SALT REGIME CONTROL
AT IRRIGATION CONDITIONS**

В.В. Бородычев, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Э.Б. Дедова, доктор сельскохозяйственных наук
М.А. Сазанов

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (Волгоградский филиал)*

V.V. Borodychev, E.B. Dedova, M.A. Sazanov, M.N. Lytov

*Volgograd branch of All-Russia scientific-research institute of hydraulic engineering
and land-improvement named after A.N. Kostyakov*

На основе проведенных исследований осуществлено теоретическое обоснование и предложена концептуальная модель, отличительными особенностями которой являются: возможность осуществления всего комплекса функций по планированию поливного режима, направленного на полное удовлетворение потребностей растений во влаге и достижение экологически безопасного уровня засоления корнеобитаемого слоя почвы и включающего разработку прогностической программы, формирования корректирующего прогноза потребности в промывных поливах на любой срок с оценкой вероятности осуществления прогноза, составление оперативно-текущих планов, анализ необходимости проведения очередного полива с использованием ретроспективной информации; возможность использования в качестве альтернативы расчётному методу с применением ретроспективной агрометеорологической информации данных непосредственных измерений в границах орошаемого участка с помощью современных автоматизированных инструментально-измерительных комплексов и их применения для адаптации расчётных моделей прогнозирования водно-солевого режима, с учетом природных особенностей региона и орошаемых агроландшафтов; повышение точности прогнозных и ретроспективных расчётов, благодаря использованию как многопараметрических моделей определения суммарного водопотребления на основе фактических метеорологических данных за истекший период, так и простых, однопараметрических моделей на базе прогнозных метеоданных, в значительной мере носящих

неопределенный, вероятный характер. Представленная концептуальная модель управления водно-солевым режимом почвы позволяет оценивать необходимость проведения вегетационных поливов, с учетом эвапотранспирации, направленных на создание промывного режима для рассоления (опреснения) корнеобитаемого слоя почвы; определять вероятную дату последующих поливов; составлять графики поливов и разрабатывать планы водопользования на кратко-, средне-, долгосрочный периоды. Алгоритм сохраняет возможность применения различных моделей определения эвапотранспирации для проведения прогнозных и ретроспективных расчётов, а также обеспечивает условия для формирования оптимального водно-солевого режима на орошаемых землях.

On the basis of carried out researches the theoretical substantiation was made and the conceptual model was offered, the distinctive features of which are: the possibility of the whole functions complex for planning irrigation regime aimed at the complete satisfaction of plants needs in moisture and achievement of environmentally safe level of salinity of the soil root layer, and including the development of predictive software, the formation of a correcting prognosis of needs leaching at any time to carry out assessment of the forecast realization possibility, drafting of operational current plans, the analysis of the necessity of regular watering, using retrospective data; the possibility of using, as an alternative to the calculation method of retrospective agrometeorological information, data of direct measurements within the borders of irrigated land with the help of modern automated instrumental-measuring systems and their applications for the adaptation of calculated models of water-salt regime forecasting taking into account the natural characteristics of the region and irrigated agricultural landscapes; the forecasting and retrospective calculations accuracy improvement, by using multi-parameter models to determine the total water consumption based on actual weather data for the past period, and simple one-parameter models based on forecast weather data, to a large extent, having uncertain, possible character. Presented conceptual model for managing soil water-salt regime allows to evaluate the need for vegetation irrigations, taking into account evapotranspiration, aimed at creating a leaching regime for soil root layer desalination (desalination); to determine the probable date of the next irrigation; to compose watering schedules and to develop water management plans for the short, medium, long terms. The algorithm preserves the possibility of applying different models for determining evapotranspiration forecasting and retrospective calculations, and also provides optimal conditions for the formation of optimal water-salt regime of irrigated lands.

Ключевые слова: почва, орошение, управление водно-солевым режимом, моделирование, засоленные земли, мониторинг, прогноз, промывка.

Key words: soil, irrigation, control of water-salt regime, modeling, saline lands, monitoring, prediction, flushing.

Введение. Засоленные почвы в Евразии тяготеют, главным образом, к сухостепным и аридным территориям. Наиболее характерной особенностью климата этих районов является почти круглогодовое или хотя бы в течение летнего сезона года преобладание процессов испарения подземных почвенных и, прежде всего, грунтовых вод над процессами их стока [4, 6]. Все крайнеаридные и сильноаридные ареалы Российской Федерации, которые охватывают полупустынную и пустынную природно-климатические зоны, размещены в основном в пределах Прикаспийского региона на юге европейской части страны.

При орошении комплексных засоленных почв с током воды происходит перемещение солей. В зависимости от способа полива и режима орошения они могут быть как нисходящими, так и восходящими, то есть приводить к рассолению или вторичному засолению. Научно-обоснованное орошение коренным образом улучшает почвы аридных областей и повышает их природное плодородие. Во-первых, возрастает влагооборот корнеобитаемого слоя почвы, во-вторых, меняется не только водный режим, но

и в лучшую сторону происходит изменение пищевого, солевого, воздушного и теплового режимов почв, что способствует резкому повышению продуктивности всех культур [4, 2, 3, 14, 7, 15, 16]. В связи с этим, целью наших исследований являлась разработка теоретических основ моделирования процесса управления водно-солевым режимом при орошении сельскохозяйственных культур в условиях засоленных земель.

Материалы и методы. Задача, на решение которой направлены исследования, состоит в научном обосновании модели управления водно-солевым режимом почвы при использовании оросительных мелиораций на засоленных землях. Методологической основой исследований стали приемы эвристического анализа формирования водно-солевого режима почвы в условиях орошения, структурного моделирования процесса принятия решений в системе планового водопользования для оптимального управления поливами с целью обеспечения оптимальных мелиоративных режимов на засоленных землях. Материалами, которые приняты за основу, являются известные положения теории управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов [3] с учетом особенностей засоления земель в условиях аридного земледелия [4], нормативы разработки систем управления экологической устойчивостью орошаемых агроландшафтов [8], теория системных исследований мелиоративных процессов и систем [14], алгоритмы управления водным режимом почвы, разработанные в разные годы учеными МГМИ, БСХА, ВНИИОЗ, ВНИИГиМ [16, 8, 1, 9], а также методы расчета параметров промывочного режима засоленных почв [2].

Результаты и их обсуждение. В современных условиях успешное развитие регулярного орошения возможно только на основе непрерывного мониторинга и оперативного прогнозирования водно-солевого режима почвы на основе наземных измерений и использования расчетных методов [3, 1, 9, 5, 10, 12, 17]. Для обеспечения повышения продуктивности орошаемых сельскохозяйственных культур на засоленных землях эффективным приемом является промывка – процесс опреснения верхнего (1...2 м) слоя почв за счёт выноса водорастворимых солей в нижние горизонты под действием больших поливных норм. Величина необходимой общей промывной нормы (нетто) в м³/га для метрового слоя почвы рассчитывается согласно методике [2, 17], по формуле:

$$M_{np} = k \cdot \alpha \cdot \frac{S_1}{S_2}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности (при расчёте промывной нормы в м³/га он равен 10 000); α – коэффициент солеотдачи (по В.Р. Волобуеву) для различных по гранулометрическому и физико-химическому составу почв; S_1 – исходное содержание водорастворимых солей в метровом слое почвы, %; S_2 – допустимое содержание солей в почве после промывки, %.

Для определения общих промывных норм воды на различных по гранулометрическому и химическому составу почвах могут использоваться данные таблицы 1.

На регулярно эксплуатируемых орошаемых участках уровень засоления почвогрунтов обычно не превышает 2,0 % от массы. Поэтому общие объемы воды, необходимые для рассоления расчетного слоя почвы (1,0 м), обычно равнозначны или несколько превышают величины требуемых оросительных норм для сельскохозяйственных культур. Процесс промывки, согласно алгоритму управления, осуществляется в течение всего вегетационного периода путём периодической подачи промывных норм, средние объемы которых определяются по формуле:

$$m_{np} = \frac{M_{пп}}{n}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2)$$

где n – количество вегетационных поливов, шт.

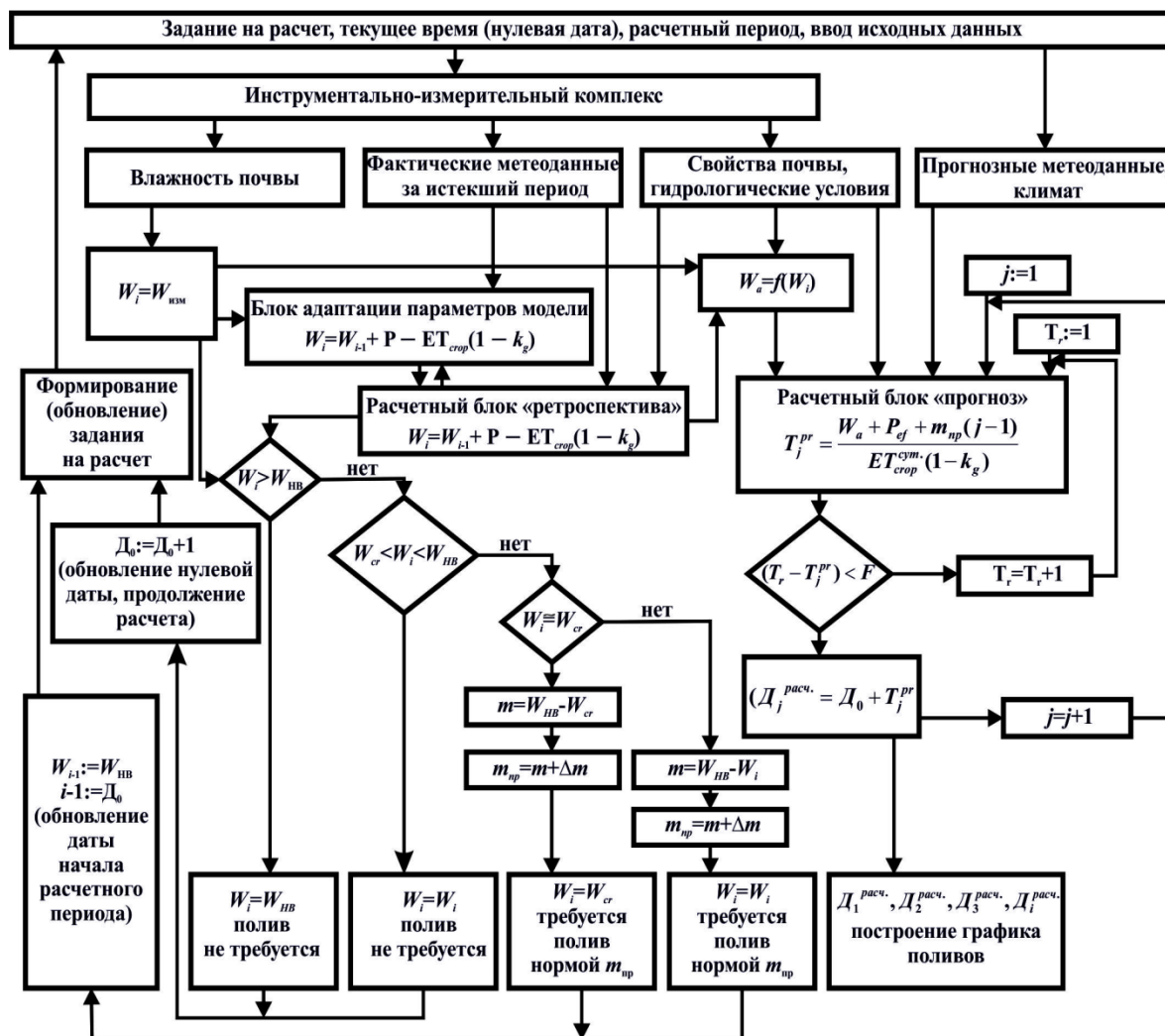


Рисунок 1 – Концептуальная модель управления водно-солевым режимом почвы при орошении на засоленных землях:

W_a – активные запасы почвенной влаги, которые могут быть использованы растениями по состоянию на дату начала полива, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\text{нв}}$ – запасы влаги, соответствующие наименьшей влагоёмкости почв, $\text{м}^3/\text{га}$; W_i – текущие запасы почвенной влаги на момент начала полива, $\text{м}^3/\text{га}$; W_{cr} – допустимые (предполивные) запасы влаги, $\text{м}^3/\text{га}$; P – общее количество атмосферных осадков за расчётный период, $\text{м}^3/\text{га}$; P_{ef} – эффективные осадки (используемые растениями) за расчётный период, $\text{м}^3/\text{га}$; ET_{crop} – суммарное водопотребление сельскохозяйственной культуры за расчётный период, $\text{м}^3/\text{га}$; K_g – коэффициент капиллярного подпитывания, в долях от ET_{crop} ; $ET_{\text{crop}}^{\text{sym}}$ – среднесуточное водопотребление культуры за расчётный период, $\text{м}^3/\text{га}$; D_0 – дата начала первого полива; $D_i^{\text{расч}}$ – расчётная дата назначения очередного полива; j – номер очередного полива; $T_j^{\text{пр}}$ – продолжительность периода времени до назначения i -го вегетационного полива, дни; T_r – шаг во времени (равен 1 суткам) для прогноза продолжительности периода до очередного полива; F – экспертно задаваемый критерий во времени для осуществления традиционных расчётов ($F \rightarrow 0$); m – требуемая поливная норма для насыщения почвы до величины наименьшей влагоёмкости, $\text{м}^3/\text{га}$; $m_{\text{пр}}$ – требуемая промывная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; Δm – требуемое дополнительное количество воды для промывки почвы, $\text{м}^3/\text{га}$

Таблица 1 – Средние величины общих промывных норм (тыс. м³/га)
для метрового слоя почвы различного гранулометрического состава
в зависимости от степени и химизма засоления [2, 11, 13]

Содержание солей в слое почвы 0...1,0 м, % (S_1)	Тип химизма засоления почвогрунтов					
	Хлоридный ($S_2=0,2$ %)	Хлоридно-сульфатный ($S_2=0,25$ %)	Сульфатно-хлоридный ($S_2=0,3$ %)	Сульфатный ($S_2=0,35$ %)	Сульфатно-натриевый ($S_2=4,0$ %)	Сульфатно-натриево-кальциевый ($S_2=1,0$ %)
I. Почвы лёгкого гранулометрического состава (лёгкие суглинки, супеси) со свободной солеотдачей						
	$\alpha=0,62$	$\alpha=0,67$	$\alpha=0,72$	$\alpha=0,77$	$\alpha=0,82$	$\alpha=1,18$
0,5...1,0	2,5...4,5	2,0...4,25	1,5...4,0	1,25...3,75	1,0...3,5	0
1,0...2,0	4,5...6,5	4,25...6,25	4,0...6,0	3,75...5,75	3,5...5,5	0...4,0
2,0...4,0	6,5...8,5	6,25...8,25	6,0...8,0	5,75...7,75	5,5...7,5	4,0...7,0
II. Почвы среднего гранулометрического состава с хорошей солеотдачей						
	$\alpha=0,92$	$\alpha=0,97$	$\alpha=1,02$	$\alpha=1,07$	$\alpha=1,12$	$\alpha=1,48$
0,5...1,0	4,0...6,5	3,5...6,0	3,0...5,5	2,2...4,75	1,25...4,0	0...0,50
1,0...2,0	6,5...9,5	6,0...9,0	5,5...8,5	4,75...8,0	4,0...7,5	0,5...4,5
>2,0	9,5...12,0	9,0...11,75	8,5...11,5	8,0...11,25	7,5...11,0	4,5...9,0
III. Почвы тяжёлого гранулометрического состава с пониженной солеотдачей (тяжёлые суглинки)						
	$\alpha=1,22$	$\alpha=1,27$	$\alpha=1,32$	$\alpha=1,37$	$\alpha=1,42$	$\alpha=1,78$
0,5...1,0	5,0...8,5	4,0...7,75	3,0...7,0	2,25...6,25	1,5...5,5	0...1,0
1,0...2,0	8,5...12,0	7,75...11,5	7,0...11,0	6,25...10,5	5,5...10,0	1,0...5,5
>2,0	12,0...15,5	11,5...15,25	11,0...15,0	10,5...14,5	10,0...14,0	5,5...11,0
IV. Почвы тяжёлого гранулометрического состава с низкой солеотдачей (глины легкие и средние)						
	$\alpha=1,80$	$\alpha=1,85$	$\alpha=1,90$	$\alpha=2,00$	$\alpha=2,10$	$\alpha=2,40$
0,5...1,0	7,0...12,5	5,5...11,25	4,0...10,0	3,25...8,5	2,5...7,0	0...1,5
1,0...2,0	12,5...18,0	11,25...17,0	10,0...16,0	8,5...15,5	7,0...15,0	1,5...7,0
>2,0	18,0...23,5	17,0...22,5	16,0...21,75	15,5...21,5	15,0...21,0	7,0...14,5
V. Почвы тяжёлого гранулометрического состава с очень низкой солеотдачей (глины тяжёлые слитые)						
	$\alpha=2,70$	$\alpha=2,75$	$\alpha=2,80$	$\alpha=2,90$	$\alpha=3,0$	$\alpha=3,30$
0,5...1,0	11,0...19,0	8,5...17,0	6,0...14,5	4,5...13,5	3,0...12,0	0...2,0
1,0...2,0	19,0...27,0	17,0...24,5	14,5...22,0	13,5...21,5	12,0...21,0	2,0...10,0
>2,0	27,0...35,0	24,5...33,5	22,0...31,5	21,5...31,0	21,0...30,0	10,0...20,0

Количество дополнительной воды, необходимой для промывки, по каждому поливу составляет:

$$\Delta m = m_{\text{пр}} - m, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3)$$

Модель управления водным режимом на засоленных почвах предназначена для прогностических расчётов при планировании периодических поливов на землях регулярного и лиманного орошения поверхностными способами, дождеванием, а также внутрпочвенным и капельным способами (рисунки 1).

Разработанная усовершенствованная модель программно-аппаратного обеспечения задач управления водно-солевым режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур в условиях засоления предполагает следующий порядок реализации:

- все расчёты проводятся на два срока (начало и конец расчётного периода);
- для расчёта текущих запасов почвенной влаги W_i используются значения суммарного водопотребления, определённые по уровню эталонной эвапотранспирации, с вводом фактической гидрометеорологической информации, а также сведений о водно-физических, химических свойствах и текущем состоянии влажности почв, с применением формулы [8, 11]:

$$W_i = W_{i-1} + P - ET_{crop} \cdot (1 - k_g), \text{ мм} \quad (4)$$

где W_{i-1} – почвенные влагозапасы на начало расчётного периода перед поливом, $\text{м}^3/\text{га}$.

- для составления климатически обоснованных графиков полива на вегетационный период используется агроклиматическая характеристика региона;
- при фиксации на основе данных о текущих запасах влаги в расчётном слое почвы необходимости в очередном поливе нормой m , для нормализации солевого режима назначается полив нормой $m_{пр}$;
- для расчёта прогнозной даты очередного полива $D^{расч}$ используются значения суммарного водопотребления, определённые по простым, однопараметрическим моделям с вводом прогнозной гидрометеорологической информации. Эти же модели можно применять и при составлении графиков полива на кратко- и среднесрочный период.

При этом используются следующие унифицируемые зависимости:

$$T_j^{pr} = [W_a + P_{ef} + m_{пр}(j-1)]/ET_{crop}^{sym}(1-k_g) \quad (5)$$

$$ET_{crop}^{sym} = ET_{crop}/T_r \quad (6)$$

$$T_r - T_j^{pr} = F \rightarrow 0 \quad (7)$$

Одновременное использование в совокупности разных расчётных зависимостей для решения прогнозных задач и определения текущих запасов влаги в почве позволяет повысить эффективность управления водно-солевым режимом почвы при орошении. Дополнение расчётной информации данными фактических результатов измерений, проведенных непосредственно на орошаемом участке, обеспечивает еще большую адаптивность модели.

Заключение. На основе проведенных исследований осуществлено теоретическое обоснование и предложена концептуальная модель программно-аппаратного обеспечения для решения задач управления водно-солевым режимом почвы при периодическом орошении сельскохозяйственных культур в условиях засоленных земель, отличительными особенностями которой являются:

- возможность осуществления всего комплекса функций по планированию поливного режима, направленного на полное удовлетворение потребностей растений во влаге и достижение экологически безопасного уровня засоления корнеобитаемого слоя почвы и включающего разработку прогностической программы, формирование корректирующего прогноза потребности в промывных поливах на любой срок с оценкой вероятности осуществления прогноза, составление оперативно-текущих планов, анализ необходимости проведения очередного полива с использованием ретроспективной информации;
- возможность использования в качестве альтернативы расчётному методу с применением ретроспективной агрометеорологической информации данных непосредственных измерений в границах орошаемого участка с помощью современных автома-

тизированных инструментально-измерительных комплексов и их применения для адаптации расчётных моделей прогнозирования водно-солевого режима, с учетом природных особенностей региона и орошаемых агроландшафтов;

- повышение точности прогнозных и ретроспективных расчётов, благодаря использованию как многопараметрических моделей определения суммарного водопотребления на основе фактических метеорологических данных за истекший период, так и простых, однопараметрических моделей на базе прогнозных метеоданных, в значительной мере носящих неопределенный, вероятный характер.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – №1. – С. 8-11.
2. Волобуев, В.Р. Расчёт промывки засоленных почв [Текст]/ В.Р. Волобуев. – М.: Колос, 1975. – 72 с.
3. Головатый, В.Г. Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов [Текст]/ В.Г. Головатый, Ю.П. Добрачев, И.Ф. Юрченко. – М., 2001. – 166 с.
4. Дедова, Э.Б. Особенности деградации земель и их засоление в условиях аридного земледелия: монография Нейтрализация загрязненных почв [Текст]/ Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов; под общ. ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. – 528 с.
5. Кирейчева, Л.В. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим [Текст]/ Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко, В.М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5-6. – С. 50-55.
6. Ковда, В.А. Проблемы с опустыниванием и засолением орошаемых почв [Текст]/ В.А. Ковда. – М.: 1984. – 301 с.
7. Методика нормирования орошения сельскохозяйственных культур [Текст]/ Г.А. Сенчуков, И.В. Новикова, М.Г. Сенчукова, Е.А. Яковенко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – №4. – С. 31-33.
8. Методические указания и нормативы разработки систем управления экологической устойчивостью орошаемых агроландшафтов [Текст]/ И.П. Кружилин, В.Ф. Мамин, А.Г. Болотин и др. – М.: Россельхозакадемия, 2007. – 105 с.
9. Методические рекомендации по оперативному планированию режимов дождевания сельскохозяйственных культур на минеральных почвах Белорусской ССР [Текст]/ Под ред. М.Г. Голченко. – Горки: БСХА, 1986. – 44 с.
10. Методы системного анализа в мелиорации и водном хозяйстве [Текст]/ Под ред. чл.-кор. ВАСХНИЛ Б.Г. Штепы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 262 с.
11. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение [Текст] : Справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
12. Ольгаренко, И.В. Управление технологическими процессами на экологически сбалансированных оросительных системах [Текст] / И.В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство – 2007. – №4. – С. 26-30.
13. Практика рекультивации загрязнённых и нарушенных земель [Текст] : учебное пособие для ВУЗов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / Колл. авторов; Дедова Э.Б., Сазанов М.А.; под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – 452 с.
14. Рекс, Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем [Текст]/ Л.М. Рекс. – М.: Изд-во «Аслан», 1995. – 192 с.
15. Технологии управления продукционным потенциалом мелиорируемого агроландшафта в различных регионах Российской Федерации [Текст]/ Л.В. Кирейчева, И.В. Белова, Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев и др. – М., 2007. – 83 с.

16. Шабанов, В.В. Оптимальное управление поливами при эксплуатации оросительных систем (Рекомендации) [Текст]/ В.В. Шабанов, Ю.М. Землянов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 56 с.

17. Юрченко, И.Ф. Информационные технологии обоснования мелиораций [Текст]/ И.Ф. Юрченко. – М., 2000. – 284 с.

Reference

1. Borodychjov, V.V. Algoritm reshenija zadach upravlenija vodnym rezhimom pochvy pri oroshenii sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Tekst]/ V.V. Borodychjov, M.N. Lytov // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. – 2015. – №1 – P. 8-11.

2. Volobuev, V.R. Raschjot promyvki zasoljonnyh pochv [Tekst]/ V.R. Volobuev. – М.: Kolos, 1975. – 72 s.

3. Golovatyj, V.G. Modeli upravlenija produktivnost'ju melioriruemyh agrocenozov [Tekst]/ V.G. Golovatyj, Ju.P. Dobrachjov, I.F. Jurchenko. – М., 2001. – 166 p.

4. Dedova, Je.B. Osobennosti degradacii zemel' i ih zasolenie v uslovijah aridnogo zemledelija [Tekst] : monografija Nejtralizacija zagrjaznennyh pochv /Je.B. Dedova, M.A. Sazanov /Pod obshh. red. Ju.A.Mazhajskogo. – Rjazan': Meshherskij filial GNU VNIIGiM Rossel'hozakademii, 2008. – 528 p.

5. Kirejcheva, L.V. Tehnologii upravlenija produkcionnym potencialom melioriruemogo agrolandshafta v razlichnyh regionah Rossijskoj Federacii [Tekst]/ L.V. Kirejcheva, I.V. Belova, Je.B. Dedova, S.B. Ad'jaev i dr. – М., 2007. – 83 p.

6. Kovda, V.A. Problemy s opustynivaniem i zasoleniem oroshaemyh pochv [Tekst] / V.A. Kovda. – М., 1984. – 301 p.

7. Metodika normirovanija oroshenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Tekst] / G.A. Senchukov, I.V. Novikova, M.G. Senchukova, E.A. Jakovenko // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. – 2007. – №4 – P. 31-33.

8. Metodicheskie ukazaniya i normativy razrabotki sistem upravlenija jekologicheskoy ustojchivost'ju oroshaemyh agrolandshaftov [Tekst] / I.P. Kruzhilin, V.F. Mamin, A.G. Bolotin i dr. – М.: Rossel'hozakademija, 2007. – 105 p.

9. Metodicheskie rekomendacii po operativnomu planirovaniju rezhimov dozhddevanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur na mineral'nyh pochvah Belorusskoj SSR [Tekst]/ Pod red. M.G. Golchenko. – Gorki: BSHA, 1986. – 44 p.

10. Metody sistemnogo analiza v melioracii i vodnom hozjajstve [Tekst]/ Pod red. chl.-kor. VASHNIL B.G. Shtepy. – L.: Gidrometeoizdat, 1983. – 262 p.

11. Melioracija i vodnoe hozjajstvo. Oroshenie: Spravochnik [Tekst] / Pod red. B.B. Shumakova. – М.: Kolos, 1999. – 432 p.

12. Ol'garenko, I.V. Upravlenie tehnologicheskimi processami na jekologicheski sbalansirovannyh orositel'nyh sistemah [Tekst]/ I.V. Ol'garenko // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. – 2007. – №4 – P. 26-30.

13. Praktika rekul'tivacii zagrjaznjonnyh i narushennyh zemel' [Tekst] : uchebnoe posobie dlja VUZov / Koll. avtorov; Dedova Je.B., Sazanov M.A.; Pod red. Ju.A. Mazhajskogo. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – Rjazan': FGBOU VPO RGATU, 2013. – 452 p.

14. Reks L.M. Sistemnye issledovanija meliorativnyh processov i sistem [Tekst] / L.M. Reks. – М.: Izd-vo «Aslan», 1995. – 192 p.

15. Modeli i informacionnye tehnologii upravlenija vodopol'zovaniem na meliorativnyh sistemah, obespechivajushhie blagoprijatnyj meliorativnyj rezhim [Tekst] / L.V. Kirejcheva, I.F. Jurchenko, V.M. Jashin // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. – 2014. – № 5-6. – P. 50-55.

16. Shabanov, V.V. Optimal'noe upravlenie polivami pri jekspluatacii orositel'nyh sistem (Rekomendacii) [Tekst]/ V.V. Shabanov, Ju.M. Zemljanov – М.: Agropromizdat, 1990. – 56 p.

17. Jurchenko, I.F. Informacionnye tehnologii obosnovanija melioracij [Tekst]/ I.F. Jurchenko. – М., 2000 – 284 p.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru, kf_vniigim@mail.ru