

Ж. С. МУСТАФАЕВ, доктор техн. наук

А. Т. КОЗЫКЕЕВА, доктор техн. наук

Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан, Алма-Ата

Л. В. КИРЕЙЧЕВА, доктор техн. наук

Государственный научный университет «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», Российская Федерация, Москва

Л. К. ЖУСУПОВА, докторант PhD

Кызылординский государственный университет имени Коркыт-Ата, Республика Казахстан, г. Кызылорда

Zh. S. MUSTAFAEV, Doctor of Engineering

A. T. KOZYKEEVA, Doctor of Engineering

Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan Republic, Alma-Ata

L. V. KIREYCHEVA, Doctor of Engineering

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakovv

L. K. ZHUSPUPOVA, Doctoral student Ph. D.

Kyzylorda State University named after Korqyt-Ata, Kazakhstan Republic, Kyzylorda

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСВОЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

ALGORITHMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE DEVELOPMENT OF SALTED LAND FOR AGRICULTURAL CROPS EXTRACTION

Аннотация. На основе разработанных технологий освоения засоленных земель, включающих биохимические особенности почвенного и растительного покровов ландшафтов разработан способ освоения засоленных земель, который осуществляется на основе двух симметричных и параллельно-последовательных действий по времени в годовых интервалах с рассолением засоленных почв до определенного допустимого уровня с подачей промывной нормы с учетом экологических требований природообустройства и классификации засоленных почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур предложен алгоритм технологического процесса для реализации их в производственных условиях.

Ключевые слова: почвы, засоление, растения, освоение, технология, экология, солеустойчивость, промывка, норма орошения, урожай.

Abstract. Based on the developed technology for the development of saline lands, including the biochemical features of soil and vegetation cover landscapes, a method has been developed for the development of saline lands, which is carried out on the basis of two symmetrical and parallel-sequential actions over time in annual intervals, with desalinization of saline soils to a certain permissible level with the supply of washing norm Taking into account the environmental requirements of environmental management and the classification of saline soils and salt tolerance An algorithm of the technological process for implementing them in production conditions is proposed.

Keywords: soils, salinization, plants, development, technology, ecology, salt tolerance, washing, irrigation norms, yield.

Актуальность. В современных условиях в аридных зонах Казахстана земельные угодья, пригодные для сельскохозяйственного использования, относятся к засоленным почвам, требующим для освоения

агротехнические и мелиоративные мероприятия. Кроме того, в результате вторичного засоления почв, половина которых ранее использована для возделывания сельскохозяйственных земель, выведены из сельско-

хозяйственного оборота, что требует необходимости проведения реконструкции или рекультивации. В связи с этим в настоящее время одной из актуальных задач в области сельскохозяйственного использования является освоение засоленных и подверженных засолению почв аридных зон Казахстана с учетом геоэкологических ограничений, обеспечивающих сохранение и восстановление устойчивости ландшафтных систем в условиях антропогенной деятельности [1–4].

Цель исследования – разработать алгоритм технологического процесса способа освоения засоленных земель, который осуществляется на основе двух симметричных и параллельно-последовательных действий по времени в годовых интервалах с рассолоением засоленных почв до определенного допустимого уровня с подачей промывной нормы с учетом экологических требований природообустройства и классификации засоленных почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур, обеспечивающих экологическую устойчивость ландшафтных систем.

Теоретическая база исследования Для характеристики способа используются следующие признаки: наличие действия или совокупности действия, порядок выполнения таких действий во времени (последовательно, одновременно, в различных сочетаниях и тому подобное) и использование веществ (исходного сырья, реагентов, катализаторов и так далее), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и так далее), штаммов микроорганизмов, культур, клеток растений или животных.

1. Наличие действия или совокупности действия, т. е. в предлагаемом способе освоения засоленных земель материальным объектом, где происходят действия, являются засоленные почвы, в структуре которых имеются вещества в виде солей, требующих в данном случае удаления на основе совокупности действия, т. е. с помощью промывки, которые позволяют вместе с фильтрационными водами выносить с верхнего слоя почвы легкорастворимые соли и с помощью возделывания после промывки солеустойчивых культур выносить с корнеобитаемого слоя их биологическую массу, формирующую в процессе роста и развития растений, т. е. в данном случае происходит двухсторон-

нее рассолоение, симметричное действиям промывки и возделывания солеустойчивых культур.

2. Порядок выполнения таких действий во времени (последовательно, одновременно, в различных сочетаниях и тому подобное), т. е. в предлагаемом способе освоения засоленных земель имеется последовательность действия: очень сильнозасоленные – сильнозасоленные – средnezасоленные – слабозасоленные – незасоленные с последующим возделыванием соответствующих солеустойчивых культур: очень устойчивые – устойчивые – среднеустойчивые – среднечувствительные – чувствительные, которые выполняются после достижения целей во времени, причем это происходит в параллельных последствиях.

3. Использование веществ (исходного сырья, реагентов, катализаторов и т. д.), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и т. д.), штаммов микроорганизмов, культур клеток растений или животных, т. е. в предлагаемом способе освоения засоленных земель солеустойчивые культуры используются как биологические устройства, всасывающие соли из почвы и накапливающие в своих биологических массах, т. е. как биологическая емкость.

Материалы и методика исследования. Перед освоением засоленных земель составляются технологические схемы с учетом предельно допустимого уровня техногенных нагрузок природной системы. В качестве интегрального критерия для составления технологических схем освоения засоленных земель используется классификация засоленных почв, предложенная Н. И. Базилевич и Е. Н. Пановой [5], для определения последовательности действия, т. е. они не характеризуют в явном виде предлагаемый способ освоения засоленных земель, только определяют продолжительность последовательности действия при освоении засоленных почв.

На основе предложенного подхода разработан способ освоения засоленных земель, включающий подготовку временной оросительной и дренажной сетей и чеков, глубокое мелиоративное рыхление почвы поперек дрен с чередованием рыхленных полос с одинаковой шириной с последующей подачей промывной воды в чеки, от-

личается тем, что освоение засоленных земель проводится в двух симметричных и параллельно-последовательных действиях по времени в годовых интервалах с рассолением засоленных почв до определенного допустимого уровня с подачей промывной нормы, с учетом экологических требований природообустройства и классификации засоленных почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур от очень сильнозасоленных до сильнозасоленных, от сильнозасоленных до средnezасоленных, от средnezасоленных до слабозасоленных и от слабозасоленных до незасоленных с последующим возделыванием соответствующих им солеустойчивых культур: очень устойчивые – устойчивые – среднеустойчивые – среднечувствительные – чувствительные [6].

Для реализации предлагаемого способа освоения засоленных земель разработан алгоритм технологического процесса, обеспечивающий последовательность их выполнения, который необходимо принять для конкретных технических решений в следующем порядке:

1. Для конкретных засоленных земель, предназначенных для создания регулируемых и управляемых гидроагроландшафтных систем на основе агрохимических исследований, определяется содержание солей в почвенном слое S_n в начале, а также на каждом этапе по формуле [5]

$$S_n = 100Hd\gamma,$$

где H – мощность расчетного слоя, м; d – объемная масса почвы, т/м³; γ – содержание солей в почве, % от веса сухой почвы.

2. По количественному содержанию солей S_n в расчетном слое почвы H на основе классификации засоленных земель по Н. И. Базилевич и Е. И. Панковой определяется степень засоления почвы, т. е. незасоленные, слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные или очень сильнозасо-

ленные (солончаки) [5].

3. Количественное значение почвенного раствора на засоленных почвах C_p^n , соответствующее наименьшей влагоемкости $\beta_{нв}$, можно определить по формуле

$$C_p^n = \frac{S_n}{(100Hd\beta_{нв})},$$

где $\beta_{нв}$ – влажность почвы, соответствующая наименьшей влагоемкости, % от веса сухой почвы.

4. По данным специальных гидрохимических служб определяется среднегодовая минерализация речных вод C_o , используемая для промывки и орошения гидроагроландшафтных систем.

5. Для оценки степени пригодности речных вод, используемых для промывки засоленных почв, применяется соотношение концентрации почвенного раствора C_p^n к минерализации речных вод C_o , т. е. коэффициент пригодности речных вод для промывки засоленных почв:

$$K_n^B = \frac{C_o}{C_p^n}.$$

6. На основе содержания солей засоленных земель перед освоением S_n , т. е. количественного значения почвенного раствора C_p^n соответствующей степени засоления почвы перед освоением и среднегодовой минерализации речных вод C_o определяется предельно возможный уровень рассоления почвы, использовав следующую формулу:

$$S_p^{нв} = S_n K_n^B,$$

или возможное количество солей ΔS_i , которое может быть удалено в процессе промывки и возделывания солеустойчивых культур:

$$\Delta S_{ин} = S_p - S^{нв}.$$

7. В зависимости от степени засоления почвы с учетом классификации засоленных почв определяется количество этапов освоения засоленных почв для создания регулируемых и управляемых гидроагроландшафтных систем (рис. 1) [1–4].

Классификация засоленных почв в зависимости от содержания плотного остатка					Показатели	
					S_{max} , т/га	y_i/y_{max}
Солончаки					<280,0	0
Сильнозасоленные	Сильнозасоленные				280,0	0,25
Средnezасоленные	Средnezасоленные	Средnezасоленные			140,0	0,75
Слабозасоленные	Слабозасоленные	Слабозасоленные	Слабозасоленные		70,0	0,80
Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	35,0	1,00

Рис. 1. Экологическое обоснование технологической схемы освоения засоленных почв

8. Норма промывки засоленных земель при каждом этапе освоения засоленных земель определяется на основе следующего уравнения [7]:

$$N_i^n = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \lg\left(\frac{S_n^i}{S_{i+1}^i}\right),$$

где N_i^n – норма промывки для рассоления почвы принятого этапа освоения засоленных земель, м³/га; S_n^i – содержание солей в почве в конце предыдущего этапа освоения засоленных земель, т/га; S_{i+1}^i – содержание солей в почве в конце принятого этапа освоения засоленных земель, т/га; α – коэффициент солотдачи засоленных почв; β – параметр, который зависит от скорости перемешивания промываемых вод в почвенных слоях, т. е. зависимость коэффи-

циента β от скорости инфильтрационного потока V_t^B аппроксимировалась выражением: $\beta = 2,02 \exp(-9,57V_t^B)$ [7].

9. Промывки засоленных земель выполняются с учетом скорости впитывания воды в почву промываемого поля, и для этого на основе экспериментальных данных или уравнения:

$$V_t^B = (V_o - K_\phi) \exp(-K_B t) - K_\phi,$$

где V_o – скорость впитывания в почву конце первого часа, м/час; K_ϕ – коэффициент фильтрации, м/ч; t – продолжительность промывки, час; K_B – коэффициент пропорциональности, который зависит от свойства почвы, можно построить график зависимости $V_t = f(t)$, характеризующий скорость впитывания воды в почву (рис. 2) [1–4].

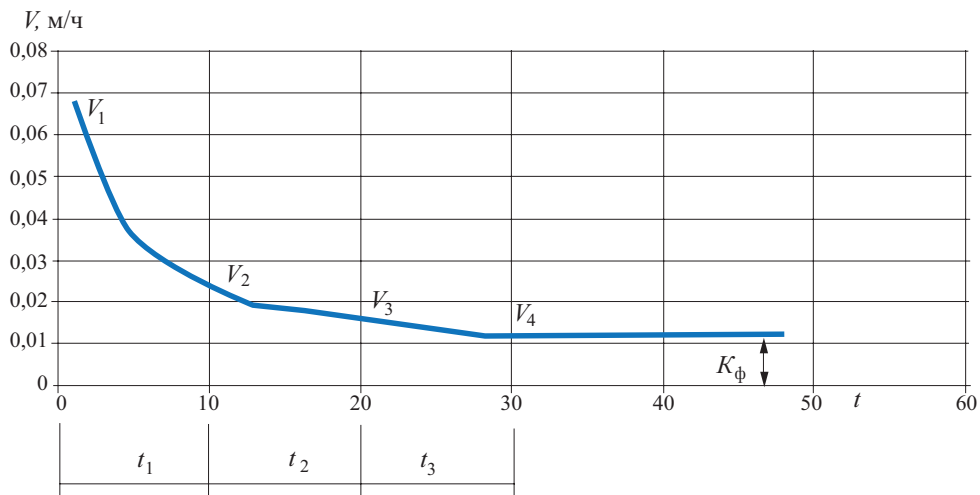


Рис. 2. Скорость впитывания воды в почву

10. Расчетная норма промывки засоленных земель осуществляется с переменными нормами соответственно скорости впитывания воды в почву V_t^B промываемых полей, и для этого определяется норма водоподдачи по следующей формуле для определенного промежутка времени t_i :

$$N_{ii} = 10000 \frac{(V_{i1} + V_{i2})}{2} t_i,$$

где N_{ii} – норма промывки засоленных почв в каждом промежутке времени t_i , предусмотренных в технологической схеме, осуществляющего с переменной водоподдачей соответствующим скоростям впитывания воды в почву V_t^B , м³/га; V_{i1} и V_{i2} – скорость впитывания воды в почву соответственно в начале и конце промежутков времени t_i , м/ч.

11. Удельный расход воды, подаваемый на промываемое поле в промежутке времени t_i с промывной нормой N_{ii} , предусмотренной в технологической схеме промывки, определяется по формуле

$$q_{ii} = \frac{1000N_{ii}}{3600T_{ii}t_i} = \frac{N_{ii}}{3,6T_{ii}t_i},$$

где T_{ii} – суточная продолжительность промывки, ч.

12. На основе продолжительности промывки t_i засоленных почв и климатических условий осваиваемых территорий можно разработать календарный график промывки почвы и орошения возделываемых сельскохозяйственных культур, т. е. для этого необходимо построить график среднемесячных температур воздуха (рис. 3) [1].

При этом период промывки засоленных земель определяется датой перехода температуры воздуха через +5°С и период проведения орошения сельскохозяйственных культур – датой перехода температуры воздуха через +10°С, которые позволяют целенаправленно планировать сроки проведения промывки и возделывания сельскохозяйственных культур.

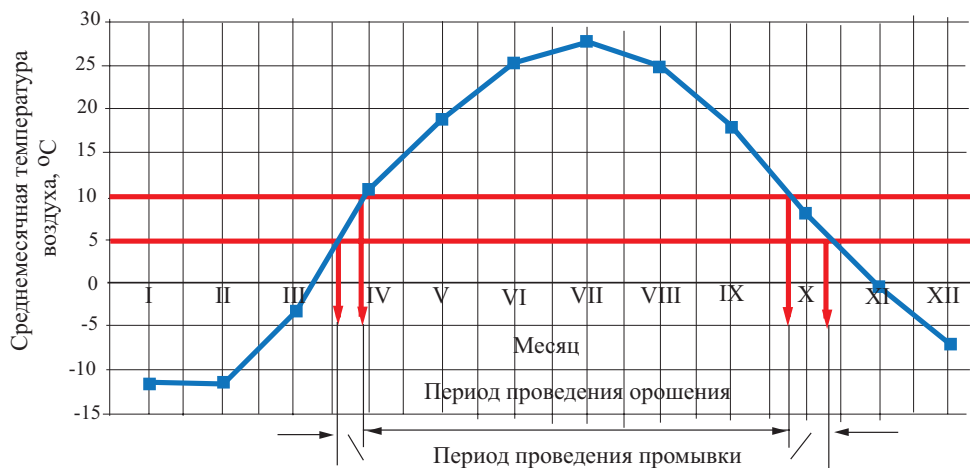


Рис. 3. График среднемесячных температур воздуха для определения периода проведения промывки и орошения (по данным метеостанции Кзылорда)

13. Содержание солей в почвенном слое после промывки может быть определено по формуле [7]

$$S_{ni} = S_{tn} \exp\left(-\frac{\beta}{\alpha} N_{ti}\right)$$

и количество содержания вынесенных солей из почвенного слоя в процессе промывки, т. е.: $\Delta S_i = S_{tn} - S_{ni}$.

14. По степени засоления почвы гидроагроландшафтов производить выбор состава солеустойчивых культур, возделываемых в каждом этапе освоения засоленных земель.

15. С учетом природно-климатических условий, т. е. по естественному коэффициенту увлажнения ($K_v = \frac{O_c}{E_o}$, где O_c – атмосферные осадки, мм; E_o – испаряемость по Н. Н. Иванову [8], т. е.:

$$E_o = 0,0018(t + 25)^2 (100 - a),$$

где t – среднемесячная температура воздуха, °C; a – среднемесячная относительная влажность воздуха, %, определяется биологический дефицит водопотребности сельскохозяйственных культур ΔE_v или оросительная норма O_p , по рекомендации Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства [9].

16. Среднедекадный дефицит водопотребности сельскохозяйственных культур ΔE_{vi} определяется на основе дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур ΔE_v с помощью коэффициента a_i , характеризующего распределение их внутри вегетационного периода с учетом биоло-

гических особенностей сельскохозяйственных культур: $\Delta E_{vi} = \alpha_i \Delta E_v$.

17. Норма полива определяется на основе формулы А. Н. Костякова с учетом минерализации речных вод C_o [10]:

$$m = 1 \frac{00Hd(\beta_{нв} - \beta_o)}{d_{H_2O}},$$

где H – мощность увлажняемого слоя почвы, м; d – плотность почвы, г/см³; d_{H_2O} – плотность воды, которая зависит от минерализации речных вод, г/л; $\beta_{нв}$ – наименьшая влагоемкость, % от массы абсолютно сухой почвы; β_o – предположительная влажность почвы, % от массы абсолютно сухой почвы.

18. Режим орошения сельскохозяйственных культур определяется от сроков и количества полива с помощью построения интегральной кривой дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур $\sum \Delta E_v$ и нормы разового полива, т. е. i – номер декады в вегетационном периоде сельскохозяйственных культур; n – количество декад в вегетационном периоде сельскохозяйственных культур.

19. На основе фактической урожайности сельскохозяйственных культур определяется максимально возможное количество выноса солей с урожаем растений с 1 га гидроагроландшафтных систем ΔS_{pi} :

$$\Delta S_{pi} = Y_{pi} K_{pb},$$

где Y_{pi} – урожайность n -й сельскохозяйственной культуры, т/га; K_{pb} – коэффициент, характеризующий вынос солей с почвенного слоя с единичной урожайности сельскохозяйственных культур, т/ц.

20. Максимально возможный вынос

солей с расчетного слоя почвы в процессе промывки засоленных земель в гидроагроландшафтных системах:

21. Количество солей в расчетном слое почвы в конце вегетационного периода определяется с помощью уравнения солевого баланса засоленных земель гидроагроландшафтных систем:

$$S_{\text{тк}} = S_{\text{тн}} - (\Delta S_{\text{ни}} + \Delta S_{\text{пи}}),$$

где $S_{\text{тн}}$ – содержание солей в почвенном слое в начале каждого этапа или внутри этапа освоения засоленных земель, т/га; $S_{\text{тк}}$ – содержание солей в почвенном слое в начале каждого этапа или внутри этапа освоения засоленных земель, т/га.

22. На основе содержания солей в расчетном слое почвы в конце вегетационного периода определяется степень засоления почвы и в таком порядке определяются параметры технологического процесса освоения засоленных земель внутри данного этапа и в следующем этапе.

Таким образом, разработанный алгоритм технологического процесса освоения засоленных земель на основе параллельно-последовательного действия, т. е. промывки и возделывания сельскохозяйственных культур позволяет четко контролировать, управлять и регулировать деятельности, которые обеспечиваются принятием соответствующих агротехнических и инженерных решений.

Результаты исследования

На основе предложенного способа освоения засоленных земель произведены опытно-производственные исследования в средnezасоленных почвах Токускенского массива орошения (Жанакурганский район) и сильнозасоленных почвах Казалинского массива орошения (Казалинский район) Кызылординской области в период 2013–2016 годов (таблица).

Результаты опытно-производственного исследования по освоению засоленных земель в районах и массивах орошения Кызылординской области

Показатель	Год			
	2013	2014	2015	2016
Казалинский массив орошения (сильнозасоленные почвы)				
Содержание солей в слое почвы 0...100 см на начало вегетационного периода, т/га	241,00	183,20	148,60	121,9
Норма промывки, м ³ /га	8000	6000	6000	6000
Содержание солей в слое почвы 0...100 см после промывки	186,50	151,5	122,89	96,19
Вид возделываемых солеустойчивых сельскохозяйственных культур	Рожь	Ячмень	Ячмень	Ячмень
Норма орошения, м ³ /га	6210	6330	6290	6450
Урожайность, т/га	3,4	3,0	3,2	3,5
Вынос солей с урожаем, т/га	1,02	0,90	0,96	1,05
Содержание солей в слое 0...100 см в конце вегетационного периода, т/га	185,48	150,6	121,9	95,14
Тип засоления почвы по классификации Н. И. Базилевич и Е. Н. Пановой	Сильнозасоленные		Слабозасоленные	
Токускенский массив (средnezасоленные почвы)				
Содержание солей в слое почвы 0...100 см на начало вегетационного периода, т/га	125,00	109,60	86,70	70,35
Норма промывки, м ³ /га	6000	6000	6000	6000
Содержание солей в слое почвы 0...100 см после промывки	103,38	90,64	71,70	55,35
Вид возделываемых солеустойчивых сельскохозяйственных культур	Овес	Пшеница	Пшеница	Пшеница
Норма орошения, м ³ /га	4960	5270	7027	5960
Урожайность, т/га	4,00	4,20	4,50	4,8
Вынос солей с урожаем, т/га	1,20	1,26	1,35	1,44
Содержание солей в слое 0...100 см в конце вегетационного периода, т/га	102,18	89,38	70,35	53,91
Тип засоления почвы по классификации Н. И. Базилевич и Е. Н. Пановой	Средnezасоленные		Слабозасоленные	

Как видно из таблицы, в предлагаемом способе освоения засоленных земель на основе параллельно-последовательного действия, т. е. промывки и возделывания сельскохозяйственных культур, выполняющих роль устройства для выноса солей из корнеобитаемого слоя почвы, не только ограничиваются рассоляющим действием, но также обеспечивают формирование высокой и качественной биологической продукции сельскохозяйственных культур с учетом их солеустойчивости, что увеличивают возможность возделывания различных сельскохозяйственных культур для обеспечения потребности сельского хозяйства (кормовой базы) и продовольственной безопасности, а также экологической устойчивости экосистемы региона.

Обсуждение

Разработанный способ освоения засоленных земель на основе параллельно-последовательного действия, т. е. промывки и возделывания сельскохозяйственных культур, выполняющих роль устройства для выноса солей из корнеобитаемого слоя почвы, не только ограничиваются рассоляющим действием, а также обеспечивают формирование высокой и качественной биологической продукции сельскохозяйственных культур с учетом их солеустойчивости, что увеличивает возможности возделывания различных сельскохозяйственных культур для обеспечения потребности сельского хозяйства (кормовой базы) и продовольственной безопасности, а также экологической устойчивости экосистемы региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Кирейчева Л. В., Жусупова Л. К. Экосистемное обоснование способов освоения засоленных земель // *Агроэкология*. – 2015. – № 2(4). – С. 3–9.
2. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Жусупова Л. К. Экологическое обоснование способов освоения засоленных земель // *Механика и технологии*. – 2015. – № 3.
3. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Жусупова Л. К. Эколого-биологическое обоснование технологии реконструкций засоленных земель // *Гидрометеорология и экология*. – 2015. – № 3. – С. 137–150.
4. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Карлыханов Т. К., Жусупова Л. К. Технология комплексного освоения засоленных земель // *Материалы Международного форума «Проблемы управления водными и земельными ресурсами»*. – М., 2015. – Часть 2. – С. 23–30.
5. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Карлыханов Т. К., Жусупова Л. К. Способ освоения засоленных земель (Патент РК, № 31836) // *Электронный бюллетень*, 2017. – № 3. – 3 с.
6. Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Методические указания по учету засоленных почв (проект). – М.: Гипроводхоз, 1968. – 92 с.
7. Мустафаев Ж. С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы // *Плодородие почв Казахстана*. – Алматы: Наука, 1986. – Вып. 2. – С. 64–72.
8. Иванов Н. Н. Зоны увлажнения земного шара // *Известия АН СССР. Сер. Географические и геофизические науки*. – 1941. – № 3. – С. 261–288.
9. Ибатуллин С. Р., Кван Р. А., Парамонов А. И., Балгабаев Н. Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана. – Тараз, 2008. – 122 с.
10. Костяков А. Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.

REFERENCE

1. Mustafayev Zh. S., Kozykееva A. T., Kireicheva L. V., Zhusupova L. K. Ecosystem Substantiation of Methods for Development of Saline Lands // *Agroecology*. – 2015. – № 2(4). – pp. 3–9.
2. Mustafayev Zh. S., Kozykееva A. T., Zhusupova L. K. The Ecological Substantiation of the Methods of Development of Saline Lands // *Mechanics and Technology*. – 2015. – № 3.
3. Mustafayev Zh. S., Kozykееva A. T., Zhusupova L. K. Ecological and Biological Substantiation of Technology of Reconstruction of Saline Lands // *Hydrometeorology and Ecology*. – 2015. – № 3. – pp. 137–150.
4. Mustafayev Zh. S., Kozykееva A. T., Karlykhanov T. K., Zhusupova L. K. Technology of Integrated Development of Saline Lands // *Materials of the International Forum «Water and Land Management Problems»*. – Moscow, 2015. – Part 2. – pp. 23–30.

5. **Mustafaev Zh. S., Kozykееva A. T., Karlykhanov T. K., Zhusupova L. K.** Method for the development of saline lands (Patent RK, No. 31836) // Electronic Bulletin, 2017. – № 3. – 3 p.
6. **Bazilevich N. I., Pankova E. I.** Methodological guidelines for the accounting of saline soils (draft). – Moscow : Giprovodkhoz, 1968. – 92 p.
7. **Mustafayev Z. S.** Physico-mathematical modeling of the process of leaching of salts from the soil // Fertility of the soils of Kazakhstan. – Almaty : Nauka, 1986. – Iss. 2. – pp. 64–72.
8. **Ivanov N. N.** Zones of humidification of the globe // Izvestiya AN SSSR. Series: Geographical and Geophysical Sciences. – 1941. – № 3. – pp. 261–288.
9. **Ibatullin S. R., Kwan R. A., Paramonov A. I., Balgabayev N. N.** Rationing irrigation in water management basins of Kazakhstan. – Taraz, 2008. – 122 p.
10. **Kostyakov A. N.** Fundamentals of land reclamation. – M. : Sel'khozgiz, 1960. – 622 p.

*Мустафаев Жумахан Сулейменович, доктор техн. наук,
профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация»
Тел. 8-701-746-58-09
E-mail: z-mustafa @rambler.ru*

*Козыкеева Алия Тобажановна, доктор техн. наук, профессор
Тел. 8-707-796-76-11
E-mail: aliya.kt@yandex.ru*

*Кирейчева Людмила Владимировна, доктор техн. наук, профессор
Тел. 8-916-006-72-95
E-mail: kireychevalw@mail.ru*

*Жусупова Л. К., докторант PhD
Тел. 8-705-902-22-05
E-mail: liza_zk@mail.ru
Республика Казахстан, г. Кызылорда, ул. Айтеке Би, 29А*