

Оригинальная статья

УДК 502/504: 631.371:628.16

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-27-34

## ОБВОДНЕНИЕ ОТГОННЫХ ПАСТБИЦ АРИДНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**БЕЗБОРОДОВ ЮРИЙ ГЕРМАНОВИЧ**<sup>1</sup>✉, д-р техн. наук, профессор

ubezborodov@rgau-msha.ru

**БАЛГАБАЕВ НУРЛАН НУРМАХАНОВИЧ**✉, д-р с.-х. наук, профессор,  
академик Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан

ubezborodov@rgau-msha.ru

**ХОЖАНОВ НИЕТБАЙ НУРЖАНОВИЧ**<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник

Khozhanov55@mail.ru

**УСТАБАЕВ ТИМУР ШАКИРОВИЧ**<sup>2</sup>, магистр экологии, научный сотрудник

Khozhanov55@mail.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

<sup>2</sup> Казахский Научно-исследовательский институт водного хозяйства; 080003, г. Тараз, ул. К. Койгельды, 12, Республика Казахстан

*В статье рассмотрены вопросы обводнения отгонных пастбищ путем опреснения минерализованных дренажно-сбросных и подземных вод в целях питьевого водоснабжения. Приведены методы совершенствования технологических схем утилизации рассолов после опреснения с целью сокращения его объемов и получения товарных солей. Удельные капитальные затраты для варианта обратноосмотической установки составляют:  $K_c = 1202$  руб/м<sup>3</sup>. Несмотря на более высокие удельные показатели, наиболее приемлемым вариантом является использование мобильной обратноосмотической установки для опреснения воды и питьевого водоснабжения летних отгонных пастбищ. В этом случае объем питьевой воды для чабанских бригад опресняется путем поочередного объезда водопойных пунктов и опреснения на мобильной опреснительной установке. Испытания обратноосмотического аппарата на природных подземных водах сульфатно-хлоридно-натриевого и сульфатно-карбонатно-натриевого типов показали достаточно надежный и устойчивый режим опреснения при смене напора и соотношения объемов пермеата и концентрата при различной кратности концентрирования исходной воды. При увеличении минерализации исходной воды от 3,5 до 7 г/л и соответствующем увеличении давления минерализация пермеата находится в допустимых пределах (до 1 г/л), а объем опресненной воды со временем снижается на 2-5% (предельное значение – 15%). Применение предлагаемой технологической схемы позволит обеспечить доброкачественной питьевой водой чабанские бригады на летних отгонных пастбищах и утилизировать получаемые при опреснении рассолы, не допуская загрязнения окружающей среды. Схема может использоваться и при организации массового перегона животных по скотопрогонным трассам на сезонные летние отгонные пастбища и в других аридных зонах Казахстана.*

**Ключевые слова:** обводнение, опреснение, обратный осмос, дренажные воды, грунтовые воды, утилизация

**Формат цитирования:** Безбородов Ю.Г., Балгабаев Н.Н., Хожанов Н.Н., Устабаев Т.Ш. Обводнение отгонных пастбищ аридной зоны Республики Казахстан // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 27-34. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-27-34.

© Безбородов Ю.Г., Балгабаев Н.Н., Хожанов Н.Н., Устабаев Т.Ш., 2022

**Статья выполнена по результатам НТП «Технологии и технические средства орошения при вводе новых земель орошения, реконструкции и модернизации существующих оросительных систем» на 2021-2023 гг. BR10764920.**

*This article is based on the results of the NTP «Technologies and technical means of irrigation during the commissioning of new irrigation lands, reconstruction and modernization of existing irrigation systems» for 2021-2023 BR10764920.*

Original article

## WATERING OF DISTANT PASTURES OF THE ARID ZONE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**BEZBORODOV YURY GERMANOVOCH**<sup>1</sup>✉, *doctor of technical sciences, professor*  
ubezborodov@rgau-msha.ru

**BALGABAEV NURLAN NURMAKHANOVICH**<sup>2</sup>✉, *doctor of agricultural sciences, professor, academician of the Academy of agricultural sciences of the Republic of Kazakhstan*  
ubezborodov@rgau-msha.ru

**KHOZHANOV NIETBAY NURZHANOVICH**<sup>2</sup>, *candidate of agricultural science, senior researcher*  
Khozhanov55@mail.ru

**USTABAEV TIMUR SHAKIROVICH**<sup>2</sup>, *master of ecology, a researcher*  
Khozhanov55@mail.ru

<sup>1</sup> Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49, Russia

<sup>2</sup> Republic of Kazakhstan, 080003, Taraz, ul. K. Kojgeldy, 12 Kazakh Research institute of water management

*The article deals with the issues of watering of pastures by desalination of mineralized drainage-discharge and groundwater for drinking water supply purposes. The methods of improving technological schemes for the utilization of brines after desalination in order to reduce its volume and obtain commercial salts are presented. The specific capital costs for the reverse osmosis installation option is  $K_s = 1202 \text{ rubles/m}^3$ . Despite the higher specific indicators, the most acceptable option is the use of a mobile reverse osmosis plant for desalination of water and drinking water supply of summer pastures. In this case, the volume of drinking water for shepherd brigades is desalinated by alternately bypassing watering points and desalination on a mobile desalination plant. Tests of the reverse osmotic apparatus on natural groundwater of the sulfate-chloride-sodium and sulfate-carbonate-sodium type have shown a fairly reliable and stable desalination regime, with a change in pressure and the ratio of permeate and concentrate volumes at different concentrations of the source water. With an increase in the mineralization of the source water from 3.5 to 7 g/l and a corresponding increase in pressure, the mineralization of permeate is within acceptable limits (up to 1 g/l), and the volume of desalinated water decreases by 2-5% over time (the limit value is 15%). The application of the proposed technological scheme will make it possible to provide good-quality drinking water to shepherd brigades on summer pastures and dispose of the brines obtained during desalination without allowing environmental pollution. It can also be used in the organization of mass transportation of animals along cattle tracks to seasonal summer distant pastures, and in other arid zones of Kazakhstan.*

**Keywords:** watering, desalination, reverse osmosis, drainage water, groundwater, recycling

**Format of citation:** Bezborodov Yu.G., Balgabaev N.N., Khozhanov N.N., Ustabaev T.Sh. Watering of distant pastures of the arid zone of the Republic of Kazakhstan // Prirodoobustroystvo. – 2022. – № 3. – P. 27-34. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-27-34.

**Введение.** Глобальной проблемой человечества в новом тысячелетии становится проблема получения пригодной для питья пресной воды. Дефицит пресной воды остро ощущается на территории более 40 стран, расположенных в засушливых областях земного шара и составляющих около 60% всей поверхности суши. Мировое потребление воды в начале XXI в. достигло  $120-150 \cdot 10^9 \text{ м}^3$  в год. Растущий мировой дефицит пресной воды может быть скомпенсирован опреснением соленых (солеосодержание – более 10 г/л) и солоноватых (2-10 г/л) океанических, морских и подземных вод, запасы которых составляют 98% всей воды на земном шаре [1].

Некоторые районы Средней Азии, обладая крупнейшими минерально-сырьевыми ресурсами, не имеют источников пресной воды. Вместе с тем ряд районов

Казахстана располагает большими запасами подземных вод с общей минерализацией от 1,0 до 35 г/л, не используемых для нужд водоснабжения по причине высокого содержания растворенных в воде солей. Эти воды могут стать источником водоснабжения только при условии их дальнейшего опреснения [1].

При опреснении минерализованных вод для обеспечения населения и животных качественной водой получают рассолы предельной концентрации, которые сбрасываются в естественные водоемы и овраги, что наносит вред окружающей среде. В редких случаях рассолы отводятся на испарительные площадки, а полученная соль многокомпонентного состава утилизируется в могильниках. В то же время в Казахстане ощущается дефицит пищевой поваренной

соли, соответствующей требованиям нормативов. Во многих областях и районах применяют самосадочную соль низкого качества. Такая соль имеет большое содержание нерастворимых примесей (гранит, мрамор и пр.), и в ее составе присутствуют соли кальция, магния, железа, меди, свинца в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации. Это обуславливает необходимость пересмотра технологических основ опреснения минерализованных вод с многоцелевым направлением, то есть получения воды питьевого качества, утилизации получаемого рассола, выработки из него поваренной соли и некоторых видов удобрений.

Объединение двух проблем: опреснение и получение поваренной соли из сбрасываемых рассолов и региональных солевых месторождений в одну технологическую схему – является принципиально новой задачей решения проблемы водоснабжения и обеспечения пищевой йодированной солью населения.

**Материалы и методы.** В технологии электродиализного опреснения применяется электродиализный метод опреснения на зарядно-селективных по натрию и хлору мембранах, что позволяет получать концентрат (рассол), содержащий преимущественно однозарядные ионы (NaCl) и опресненную воду, обогащенную двухзарядными ионами ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ). Полученная опресненная вода после ее оценки на пригодность для орошения может быть использована повторно на полив сельскохозяйственных культур, а рассол после упаривания дает товарную соль [2-5].

Существующий катионитовый метод снижения жесткости перед опреснительным аппаратом требует значительного количества реагентов для регенерации загрузки фильтров. При этом образуется большое количество загрязненных стоков после промывки загрузки. Предлагаемый способ предварительного снижения жесткости на диализном аппарате позволяет сократить нагрузку на катионитовые фильтры, использовать сконцентрированный на электродиализном аппарате рассол для осуществления процесса диализа, а часть рассола и стоки от катионитовых фильтров после обработки в осветлителе и фильтр-прессе направить на регенерацию загрузки катионитовых фильтров [6].

Степень опреснения воды и производительность обратноосмотической мембраны по опреснению воды зависят от различных факторов, и всего – от общего солесодержания исходной воды, а также солевого состава опресняемой воды, давления и температуры [7].

Электродиализ (ЭД) в наши дни в основном используется в промышленных масштабах

для селективного удаления ионов из водных растворов и для опреснения солоноватой воды [8]. Наряду с технологией электродиализа в последнее десятилетие были широко исследованы и такие технологии, как обратный электродиализ и биполярный электродиализ. Кроме того, были предложены и новые технологии с использованием гибридного обратного электродиализа [9].

При опреснении воды методом обратного осмоса минерализованную воду пропускают через полупроницаемые мембраны под воздействием давления, существенно превышающего разницу осмотических давлений пресной и морской воды [10, 11].

Перед началом исследований произведены расчеты экономической эффективности применения опреснительных установок для определения удельных капитальных затрат при водоснабжении по общепринятой методике для электродиализного метода, обратного осмоса и солнечных опреснительных установок (СОУ) лоткового типа.

Годовой экономический эффект от применения установок рассчитывается согласно методическим указаниям «Расчет экономической эффективности научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских работ в области мелиорации и водного хозяйства (г. Тараз, 2001, РГКП «КазНИИВХ») [12].

Показатели капитальных затрат по различным видам опреснения приведены в таблице 1.

Удельные капитальные затраты определяются по формуле:

$$k_c = \frac{\sum K}{Q_{\text{год}}} \text{ руб/м}^3,$$

где  $\sum K$  – капитальные вложения, руб;  $Q_{\text{год}}$  – годовой объем воды питьевого качества,  $\text{м}^3/\text{год}$  ( $2 \times 365 = 730$ ).

Удельные капитальные затраты составят:

- для варианта СОУ  $k_c = 762 \text{ руб/м}^3$ ;
- для варианта обратноосмотической установки  $k_c = 1202 \text{ руб/м}^3$ ;
- для варианта электродиализной установки  $k_c = 1082 \text{ руб/м}^3$ .

По результатам лабораторных исследований выявлено, что самым экономичным вариантом является солнечная опреснительная установка (СОУ). Однако в условиях отгонных пастбищ, которые используются только в летний период, когда все оборудование для обслуживания водопойного пункта перевозится для хранения на базу для зимовки, применение технологии СОУ будет нерациональным. Поэтому наиболее приемлемым вариантом является, несмотря на более высокие удельные показатели, использование мобильной обратноосмотической установки. В этом случае объем питьевой воды для чабанских бригад опресняется путем поочередного

объезда водопойных пунктов и опреснения на мобильной опреснительной установке.

**Результаты и их обсуждение.** Рассматриваемая технология предназначена для комплексной обработки поверхностных, подземных и коллекторно-дренажных минерализованных вод, содержащих пестициды, гербициды, инсектициды,

фунгициды, с получением воды требуемого качества и насыщенных рассолов соли.

При проведении испытаний основными задачами являлись выбор и установление оптимального режима опреснения для исходной подземной минерализованной воды определенного типа.

Таблица

**Показатели удельных капитальных затрат по различным видам опреснения\***

Table

**Indicators of unit capital expenditures for various types of desalination\***

№ п/п	Наименование Name	Единица измерения Unit of measurement	Стоимость единицы, руб Unit cost, rbl	Солнечная опреснительная установка (СОУ) (пленочная) Solar desalination plant (SDU) (film)		Обратноосмотическая установка Reverse osmosis plant		Электродиализная установка Electrodialysis plant	
				кол-во quantity	стоимость, руб cost, rbl	кол-во quantity	стоимость, руб cost, rbl	кол-во quantity	стоимость, руб cost, rbl
1	<b>Производительность</b> Capacity	м <sup>3</sup> /сутки m <sup>3</sup> /day		2,0		2,0		2,0	
2	<b>Пленка полиэтиленовая толщиной 20 мкм</b> Polyethylene film of thickness 220 mkm	м <sup>2</sup>	25,00	4000	100000	-	-	-	-
3	<b>Стальные конструкции каркаса</b> Steel frame structures	т	21100,00	6,1	128710	-	-	-	-
4	<b>Алюминиевые конструкции</b> Aluminium structures	т	150176,00	1,0	150176	-	-	-	-
5	<b>Листы асбестоцементные плоские</b> Flat asbestos-cement sheets	м <sup>2</sup>	140,00	793,5	111090	-	-	-	-
6	<b>Листы пенопластовые толщиной 80 мм</b> Foam plastic sheets of thickness 80 mm	м <sup>2</sup>	117,00	520,6	60840	-	-	-	-
7	<b>Герметики различные</b> Various sealants	кг	193,00	20,0	3860	-	-	-	-
	<b>Итого:</b> Total:				554676		877193		789474

**Примечание:** \*Величина стоимости элементов установок в целом может изменяться и зависит от изменения рыночных цен.

**Note:** \*The value of the cost of the elements of the installations as a whole may vary and depends on changes in market prices.

По опыту испытаний режим работы подбирался путем поэтапного изменения давления на аппарате и изменением соотношения объемов пермеата и концентрата, %; определением параметров изменения режима (расхода, давления, солесъема) во времени. При этом производилась регистрация отказов отдельных узлов и технологической схемы в целом, если они имели место. Продолжительность работы на каждой ступени изменения режима производилась в течение 50 ч непрерывной работы.

Исследования проводились на водах с минерализацией 2,6 г/л и 4,1 г/л, которые близки по физико-химическому составу на водозаборных сооружениях пилотных участков к/х «Сенім» и к/х «Уркер» Жамбылской области РК.

Физико-химический состав исходной воды (водозабор № 1 к/х «Сенім» представлен в таблице 2.

Показатели режима испытаний обратноосмотического модуля представлены в таблице 3.

Таблица 2

## Физико-химический состав исходной воды

Table 2

## Physical and chemical composition of the source water

ТТ°С	ррН	Жесткость общая, мг-экв/л <i>Total hardness, mg-eq/l</i>	ССа <sup>++</sup> мг/л	ММg <sup>++</sup> мг/л	НNa <sup>+</sup> мг/л	ССl <sup>-</sup> мг/л	SSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> мг/л	НNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/л	НСO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/л	Σ <sub>мин</sub> В-ВМг/л
16	7,4	22,4	368	86	369	180	1315	-	317	2635

Таблица 3

## Показатели режима испытаний обратноосмотического модуля

Table 3

## Indicators of the test mode of the reverse osmosis module

Минерализация исходной воды, С <sub>исх.г</sub> /л <i>Mineralization of source water, C<sub>source</sub> g/l</i>	Время работы, час. <i>Working time, hour</i>	Рабочее давление, Р мПа <i>Working pressure, P mPa</i>			Расход, Q, л/ч <i>Cosumption, Q, l/h</i>		Минерализация, С, г/л <i>Mineralization, C, g/l</i>	
		на входе <i>at the input</i>	на выходе пермеата <i>at the output of permeate</i>	на выходе рассола <i>at the output of brine</i>	пермеата <i>permeate</i>	рассола <i>brine</i>	пермеата <i>permeate</i>	рассола <i>brine</i>
		3	4	5	6	7	8	9
2,635	10	0,2	0,18	0,19	60	60	0,15	5,12
	20		0,18	0,19	60	60	0,15	5,12
	30		0,175	0,18	60	60	0,15	5,12
	40		0,18	0,19	60	60	0,15	5,12
	50		0,18	0,182	60	60	0,15	5,12
2,635	10	0,4	0,36	0,38	72	48	0,20	5,07
	20		0,36	0,38	72	48	0,20	5,07
	30		0,36	0,38	72	48	0,20	5,07
	40		0,36	0,38	72	48	0,20	5,07
	50		0,36	0,38	72	48	0,20	5,07
2,635	10	0,6	0,45	0,54	84	36	0,30	4,97
	20		0,45	0,54	84	36	0,30	4,97
	30		0,45	0,54	84	36	0,30	4,97
	40		0,45	0,54	84	36	0,30	4,97
	50		0,45	0,54	84	36	0,30	4,97
2,635	10	0,8	0,50	0,72	96	24	0,45	4,82
	20		0,50	0,72	96	24	0,45	4,82
	30		0,50	0,72	96	24	0,45	4,82
	40		0,50	0,72	96	24	0,45	4,82
	50		0,50	0,72	96	24	0,45	4,82
2,635	10	1,0	0,60	0,85	108	12	0,6	4,67
	20		0,60	0,85	108	12	0,6	4,67
	30		0,60	0,85	108	12	0,6	4,67
	40		0,60	0,85	108	12	0,6	4,67
	50		0,60	0,85	108	12	0,6	4,67

Физико-химический состав опресненной воды, полученной при различном давлении (Р) на обратноосмотическом аппарате, при установленных расходах пермеата и рассола представлен в таблице 4.

По результатам полученных при испытаниях данных построены зависимости по со-

отношению, %, объемов получаемого пермеата и сбрасываемого рассола к общему объему исходной воды, изменения величины минерализации в пермеате в зависимости от давления, изменения производительности аппарата (Q) от создаваемого давления (Р), которые приведены на рисунках 1-3.

## Физико-химический состав опресненной воды

Table 4

## Physical and chemical composition of desalinated water

Р, мПа	рН	Жесткость общая, мг-экв/л Total hardness, mg-eq/l	Ca <sup>++</sup> мг/л	Mg <sup>++</sup> мг/л	Na <sup>+</sup> мг/л	Cl <sup>-</sup> мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/л	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,2	7,3	7,2	21,08	0,07	0,080	-	128,85	-	-
0,4	7,3	7,3	25,21	0,09	0,08	-	174,62	-	-
0,6	7,3	7,5	34,30	0,2	0,12	-	265,4	-	-
0,8	7,3	7,7	51,25	0,35	0,35	6,0	284,1	-	-
1,0	7,0	8,0	81,50	0,51	0,92	7,10	510,09	-	-

1 – рассол, 2 – пермеат / 1 – brine, 2 – permeate

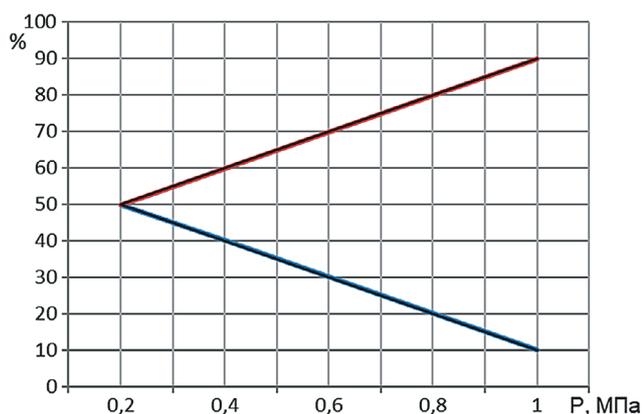


Рис. 1. Зависимость соотношения, %, объемов пермеата и рассола:

1 – рассол; 2 – пермеат

Fig. 1. Dependence of the volumes ratio (%) of permeate and brine:

1 – рассол; 2 – пермеат

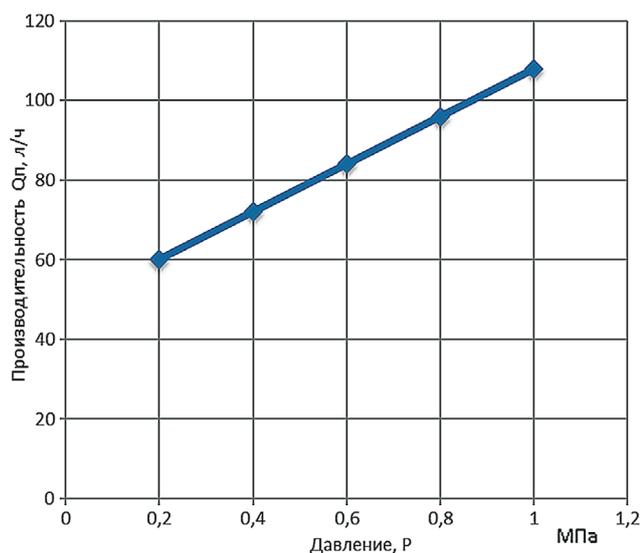


Рис. 2. Изменение производительности обратноосмотического аппарата по пермеату в зависимости от давления на аппарате

Fig. 2. Change of the productivity of the reverse osmosis device on permeate depending on the pressure on the device

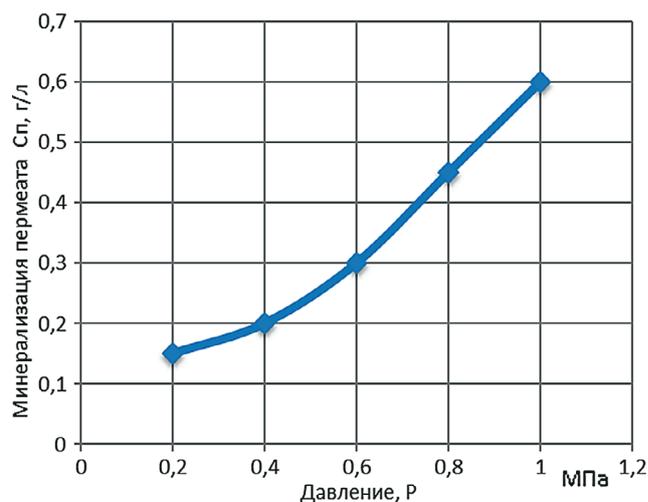


Рис. 3. Изменение минерализации пермеата

Fig. 3. Change of the permeate mineralization

Испытания обратноосмотического аппарата на природных подземных водах сульфатно-хлоридно-натриевого и сульфатно-карбонатно-натриевого типа показали достаточно надежный и устойчивый режим опреснения при смене напора и соотношения объемов пермеата и концентрата при различной кратности концентрирования исходной воды. При такой компоновке оборудования вода питьевого качества поступает в емкость чистой воды, рассол – в другую емкость. Питьевая вода сливается в резервуар (емкость) чистой воды. Рассол подается в солнечный испаритель парникового типа, где происходит испарение рассола и получают дистиллят и осажденные соли.

Принцип работы вакуумного выпаривателя рассола после опреснения воды (рис. 4) заключается в следующем.

Исходный рассол поступает от опреснительной установки в резервуар-накопитель объемом 200 л. Из резервуара-накопителя через конденсатор (где частично нагревается) он поступает через дозатор в испарительную камеру

вакуумного выпаривателя. В испарительной камере нагревается солнечным водонагревателем, электротеном и выхлопными газами. От электрогенератора рассол нагревается до 400-700°C.

Образующийся пар отсасывается эжектором, работающим от выхлопных газов электрогенератора, путем создания вакуума в испарительной камере. Пар поступает в конденсатор, где происходит его охлаждение исходным рассолом, после прохождения конденсатора преобразуется в дистиллят и сливается в резервуар-накопитель. После выпаривания образуется осадок солей в сухом остатке, который выгружается через приемный люк.

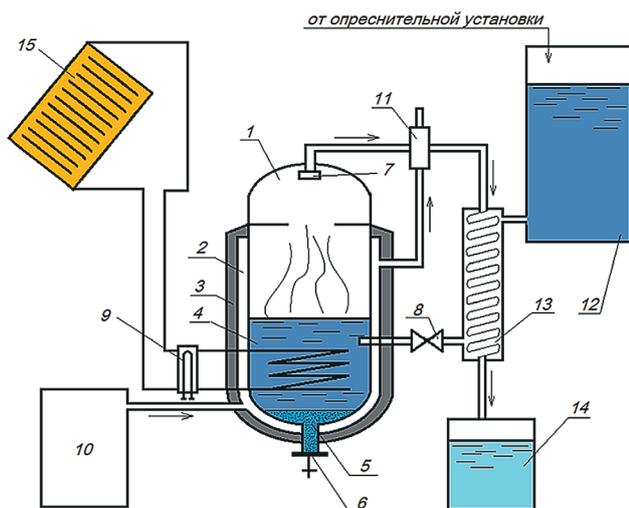


Рис. 4. Вакуумный выпариватель рассола после опреснения воды:

- 1 – вакуумный выпариватель;
- 2 – рубашка выхлопных газов; 3 – утеплитель;
- 4 – исходный рассол; 5 – солевой осадок;
- 6 – люк для выгрузки осадка;
- 7 – каплеуловитель;
- 8 – дозатор исходного рассола;
- 9 – ТЭН; 10 – электрогенератор;
- 11 – эжектор (труба Вентури);
- 12 – резервуар-накопитель исходного рассола;
- 13 – конденсатор; 14 – дистиллят;
- 15 – солнечный водонагреватель

Fig. 4. Vacuum evaporator of the brine after water desalination:

- 1 – Vacuum evaporator; 2 – Exhaust jacket;
- 3 – Warmth-keeping jacket; 4 – Source brine;
- 5 – Salt sediment; 6 – Sediment hatch;
- 7 – Drip catcher; 8 – Source brine dispenser;
- 9 – Heating coil; 10 – Electric generator;
- 11 – Ejector (Venturi tube);
- 12 – Source brine storage tank; 13 – Condenser;
- 14 – Distillate; 15 – Solar water heater

#### Библиографический список

1. Мосин О.В. Исследование методов биотехнологического получения аминокислот, белков и нуклеозидов, меченых стабильными изотопами  $H^2$  и  $C^{13}$  с высокими уровнями изотопного обогащения: Автореф. дис.

Применение предлагаемой технологической схемы позволит обеспечить доброкачественной питьевой водой чабанские бригады на летних отгонных пастбищах и утилизировать получаемые при опреснении рассола, не допуская загрязнения окружающей среды.

Количество водопойных пунктов, обслуживаемых установкой, зависит от состояния дорог, расстояния между водопойными пунктами (время передвижения), времени работы для получения питьевой воды (производительное время), которое зависит от величины минерализации исходной воды и объема требуемого для каждого пункта. Для обслуживания нескольких водопойных пунктов одной опреснительной установкой, включающей в себя технологические элементы утилизации рассолов на основе мобильных испарительных площадок, разработана схема компоновки оборудования на тракторном прицепе грузоподъемностью до 3 т.

Разрабатываемая установка может использоваться при организации массового перегона животных по скотогонным трассам на сезонные летние отгонные пастбища и в других аридных зонах Казахстана.

#### Выводы

Технико-экономические сравнения показали, что для условий пастбищного поселкового водоснабжения (незначительные суточные объемы водопотребления) и минерализации исходной воды 3-10% целесообразно применять обратноосмотические установки, так как их показатели выше по всем параметрам, чем у электродиализных.

Лабораторные испытания обратноосмотического модуля позволили установить взаимосвязь параметров режима: давление и минерализация, соотношение пермеата и концентрата, величины удельных показателей по капитальным вложениям и себестоимости опресненной воды.

При увеличении минерализации исходной воды от 3,5 до 7 г/л и соответственном увеличении давления минерализация пермеата находится в допустимых пределах (до 1 г/л), а объем опресненной воды снижается в течение времени на 2-5% (предельное значение – 15%).

Предложена технологическая схема мобильной опреснительной установки для использования на летних отгонных пастбищах, включающая в себя узел утилизации рассола.

#### References

1. Mosin O.V. Issledovanie metodov biotekhnologicheskogo polucheniya aminokislnot, belkov i nukleozidov, mechenyh stabilnym izotopami  $H^2$  i  $C^{13}$  s vysokimi urovnuyami izotopnogo obogashcheniya, avtoref.

... канд. хим. наук. – М.: МГАТХТ им. М.В. Ломоносова, 1996. – 26 с.

2. СНиП РК 4.01.02-2001. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Астана: Комитет по делам строительства, 2002. – 216 cinfo@kbexpert.kz

3. Научное обоснование системы обводнения пастбищ на базе ГИС-технологий для интенсификации отгонного животноводства: Заключительный отчет о НИР КазНИИВХ. № ГР0115РК02478. Инв. № 0217РК00226. – Тараз, 2017. – 155 с.

4. **Тореханова А.А.** Использование пастбищных ресурсов Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2005. – № 6. – С. 26-28.

5. Проблемы обводнения (освоения) отгонных пастбищ в аридных зонах Республики Казахстан / Ю.Я. Гранкин, А.Е. Серимбетов, В.Н. Мухамеджанов и др. // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2014. – № 7. – С. 141-146.

6. Способ обессоливания минерализованных вод и утилизации рассолов. Пат. 27736 Казахстан / Е.Т. Тобабаев. Оpubл.: 18.12.2013.

7. **Ahdab Y.D., Rehman D., Lienhard J.H.** Brackish water desalination for greenhouses: improving groundwater quality for irrigation using monovalentselective-electro dialysis reversal, J. Membr. Sci. (2020). 118072. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118072>.

8. **Irfan M., Wang Y., Xu T.** Novel electro dialysis membranes with hydrophobic alkyl spacers and zwitterion structure enable high monovalent/divalent cation selectivity, Chem. Eng. J. 383 (2020). 123171 <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123171>.

9. **Wang Q., Gao X., Zhang Y., He Z., Ji Z., Wang X., Gao C.** Hybrid RED/ED system: simultaneous osmotic energy recovery and desalination of high-salinity wastewater, Desalination. 405. (2017). 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.12.005>.

10. **Дытнерский Ю.И.** Обратный осмос и ультрафильтрация. – М.: Химия, 1978. – 352 с.

11. **Свитцов А.А.** Введение в мембранные технологии. – М.: ДеЛи принт, 2006. – С. 208-209.

12. Расчет экономической эффективности научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских работ в области мелиорации и водного хозяйства: методические указания / РГКП «КазНИИВХ». – Тараз: КазНИИВХ, 2001. – 37 с.

#### Критерии авторства

Безбородов Ю.Г., Балгабаев Н.Н., Хожанов Н.Н., Устабаев Т.Ш. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 04.04.2022

Одобрена после рецензирования 11.05.2022

Принята к публикации 25.05.2022

diss. k.h, n., Moskva, MGATHT im. M.B. Lomonosova, 1996, 26 s.

2. SNiP RK 4.01.02-2001 Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya. – Astana. Komitet po delam stroitelstva, 2002 g. – 216 cinfo@kbexpert.kz

3. Nauchnoe obosnovanie sistemy obvodneniya pastbishch na baze GIS tehnologij dlya intensivifikatsii otgonnogo zhivitnovodstva / Zaklyuchitelnyy otchet o NIR KazNIIVH. – № GRO115PK02478. – Inv. № 0217PK00226. – Taraz, 2017. – 155 s.

4. **Torehanova A.A.** Ispolzovanie pastbishchnykh resursov Kazakhstana // Vestnik selskohozyajstvennoy nauki Kazakhstana. – 2005. – № 6. – S. 26-28.

5. Problemy obvodneniya (osvoeniya) otgonnykh pastbishch v aridnykh zonah Respubliki Kazakhstan / Gran-kin Yu.Ya., Serimbetov A.E., Mykhamedzhanov V.N. i dr. // Vestnik selskohozyajstvennoy nauki Kazakhstana. – 2014. – № 7. – S. 141-146.

6. Sposob obessolivaiya mineralizovannykh vod i uti- lizatsii rassolov. Pat.: 27736 Kazakhstan / Togabaev E.T. Opublikovano: 18.12.2013.

7. **Ahdab Y.D., Rehman D., Lienhard J.H.** Brackish water desalination for greenhouses: improving groundwater quality for irrigation using monovalentselectiveelectro dialysis reversal, J. Membr. Sci. (2020) 118072, <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118072>.

8. **M. Irfan, Y. Wang, T. Xu.** Novel electro dialysis membranes with hydrophobic alkyl spacers and zwitterion structure enable high monovalent/divalent cation selectivity, Chem. Eng. J. 383 (2020) 123171, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123171>.

9. **Q. Wang, X. Gao, Y. Zhang, Z. He, Z. Ji, X. Wang, C. Gao,** Hybrid RED/ED system: simultaneous osmotic energy recovery and desalination of high-salinity wastewater, Desalination. 405 (2017) 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.12.005>.

10. **Dytnerskiy Yu.I.** Obratny osmos i ultrafil- tratsiya. – М.: Himiya, 1978. – 352 s.

11. **Svittsov A.A.** Vvedenie v membrannyye tehnolo- gii. – М.: De Li print, 2006. – S. 208-209.

12. Metodicheskie ukazaniya «Raschet ekonomicheskoy effektivnosti nauchno-issledovatel'skikh rabot i opytно-konstruk- torskikh rabot v oblasti melioratsii i vodnogo hozyajstva. RGKP «KazNIIVH». – Taraz: KazNIIVH, 2001. – 37 s.

#### Criteria of authorship

Bezborodov Yu.G., Balgabaev N.N., Khozhanov N.N., Usta- baev T.Sh. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Bezborodov Yu.G., Balgabaev N.N., Khozhanov N.N., Ustabaev T.Sh. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 04.04.2022

Approved after reviewing 11.05.2022

Accepted for publication 25.05.2022