УДК 626.845

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-43-54

Ю. Ф. Снипич, В. Ц. Челахов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

О. В. Козинская

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИВА НОВОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

Целью исследований являлось изучение качества полива новой широкозахватной дождевальной машиной кругового действия. **Материалы и методы:** сложность оптимизации техники полива состоит в том, что почвы Волгоградской области отличаются большой комплексностью и низкой водопроницаемостью, а параметры структуры дождя дождевальных машин не всегда остаются постоянными по длине поливного трубопровода. В связи с этим в программу наших исследований были включены следующие вопросы: изучение основных параметров структуры и оценка качества полива дождевальной машиной кругового действия; определение ширины горизонтальной проекции дождевого облака, продолжительности дождевания, поливной нормы, интенсивности и диаметра капель дождя. Почвы суглинистые, мощность гумусового горизонта составляет 0,35 м. Поливные нормы для выбранного к орошению участка, по данным исследований водно-физических свойств почв, для полуметрового слоя составляют 450–500 кубических метров на гектар, для метрового – 1000 кубических метров на гектар. Средняя скорость впитывания за первый час равна 1,7 мм/мин, в подпахотном горизонте около 1 мм/мин. **Результаты:** новая дождевальная машина обеспечивает выдачу поливных норм от 200 до 500 кубических метров на гектар при высокой равномерности распределения слоя дождя по радиусу орошаемого круга. Коэффициент вариации среднего слоя дождя нами установлен в пределах 13,9–19,5 % при показателе точности опыта 1,2–2,1 при скорости ветра до 1,5–2,0 м/с. Изменение скорости и направления ветра в пределах 3 м/с не оказывает существенного влияния на ухудшение равномерности распределения осадков ($K_{\text{эф.п}} = 0,77...0,81$). При увеличении скорости ветра до 5,5 м/с коэффициент эффективного полива снижается, но находится в пределах агротехнических требований. **Выводы:** интенсивность дождя, ширина дождевого облака, продолжительность нахождения точки в зоне дождя – величины непостоянные при поливе круговыми дождевальными машинами, и требуется определенное сочетание этих параметров по радиусу орошаемого круга. Дождевое облако машины обладает удовлетворительной ветроустойчивостью.

Ключевые слова: орошение; дождевальная машина; элементы техники полива; слой осадков; интенсивность дождя.

Yu. F. Snipich, V. Ts. Chelakhov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

O. V. Kozinskaya

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

RESEARCH OF IRRIGATION QUALITY OF A NEW CENTER-PIVOT SPRINKLING MACHINE

The aim of the research was to study the quality of irrigation with a new wide-span center-pivot sprinkler. **Material and Methods:** the difficulty of optimizing the irrigation technique lies in the fact that the soils of Volgograd region are characterized by great complexity and low water permeability, and the parameters of the rain structure of the sprinkling machines do not always remain constant along the length of the irrigation pipeline. In this regard, the following problems were included in the program of our research: study of the basic parameters of the structure and assessment of the quality of irrigation of center-pivot sprinkler; determination of the horizontal projection width of the rain cloud, the duration of sprinkling, irrigation rate, intensity and rain drops diameter. The soils are loamy, the thickness of the humus horizon is 0.35 m. According to studies of the water-physical properties of soils the irrigation rates for the site selected for irrigation are 450–500 cubic meters per hectare for a half-meter layer and 1000 cubic meters per hectare for a meter-long layer. The average absorption rate for the first hour is 1.7 mm per min, in the subsurface horizon about 1 mm per min. **Results:** the new sprinkler provides irrigation rates from 200 to 500 cubic meters per hectare with a high uniformity of the distribution of the rain layer along the radius of the irrigated circle. The coefficient of variation of the middle rain layer was set in the range 13.9–19.5 % with an experimental accuracy of 1.2–2.1 at wind speeds of up to 1.5–2.0 m per s. A change in wind speed and direction within 3 m per s does not have a significant effect on the deterioration of the distribution of precipitation (coefficient of effective irrigation = 0.77...0.81). With an increase in wind speed to 5.5 m per s, the coefficient of effective irrigation decreases, but is within the limits of agricultural requirements. **Conclusion:** the rain intensity, the width of the rain cloud, the time length of the point stay in the rain zone are inconsistent values when irrigated by centre-pivot sprinklers and a certain combination of these parameters is required along the radius of the irrigated circle. The rain cloud of the vehicle has satisfactory wind resistance.

Key words: irrigation; sprinkler; elements of irrigation technique; precipitation layer; rain intensity.

Введение. В последние годы в Российской Федерации назрел вопрос о необходимости развития собственного производства качественной сельскохозяйственной продукции, что в свою очередь приведет к расширению мелиорированных земель, развитию животноводческих комплексов и кормопроизводства, сохранению плодородия почв за счет внесения органических удобрений, внедрению современных систем земледелия, которое невозможно без создания новой дождевальной техники. В то же время дождевальная техника должна обеспечивать проведение качественного полива при согласовании впитывающей способности почвы с интенсивностью поступления воды на поле. Скорость впитывания воды в почву определяется элементами техники полива и показателями природных условий района [1–5]. Принимая это во внимание, в программу наших исследований включили следующие вопро-

сы: изучение основных параметров структуры и оценку качества полива дождевальная машина кругового действия, определение ширины горизонтальной проекции дождевого облака, продолжительности дождевания.

Материалы и методы. Исследуемая новая широкозахватная дождевальная машина (ШДМ) кругового действия установлена в учебно-научно-производственном центре (УНПЦ) «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета. Забор воды и подача ее на орошаемые участки осуществляется насосной станцией из Варваровского водохранилища.

Климат района отличается резкой континентальностью, характеризующейся малоснежной и довольно холодной зимой, жарким и сухим летом, в течение которого имеют место восточные и юго-восточные ветры-суховеи, а также пыльные бури. Среднегодовая многолетняя скорость ветра достигает 5,1 м/с. По данным гидрометслужбы, сумма активных температур колеблется от 3200 до 3400 °С. Продолжительность периода с температурой воздуха 10 °С и выше составляет 171 день. Максимум температуры достигает в отдельные годы плюс 41,0 – плюс 43,0 °С, а минимум – минус 37 – минус 40 °С.

Большая испаряемость летом, превышающая в 3–4 раза сумму выпавших осадков, незначительное количество зимних и весенне-летних осадков приводят к острому дефициту почвенной влаги. В связи с этим высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур можно получать в этой зоне только при орошении.

Опытный орошаемый участок расположен в подзоне светло-каштановых почв. Почвы суглинистые, мощность гумусового горизонта составляет 0,35 м. Расчетные поливные нормы для выбранного к орошению участка, по данным исследований водно-физических свойств почв, для полуметрового слоя составляют 450–500 м³/га, для метрового – 1000 м³/га. Средняя скорость впитывания за первый час равна 1,7 мм/мин, в подпахотном горизонте около 1 мм/мин.

Рельеф участка характеризуется пологими формами, общий уклон от 0,002 до 0,04 имеет северо-западное направление.

Исследования в соответствии с их назначением включали несколько серий опытов. Схема опытов по изучению основных параметров структуры и оценке качества дождя включала варианты с различными режимами работы машины, обеспечивающими выдачу поливной нормы от 200 до 800 м³/га, при скорости ветра до 10 м/с. Исследования проводились по методике испытаний дождевальной техники РД 10.11.1-89. Размер капель дождя определялся методом улавливания капель на предварительно протарированную фильтровальную бумагу на высоте основной массы растений. Фильтры средней плотности диаметром 0,15 м натирали чернильным порошком, вносили в зону дождя и по величине отпечатка капель с помощью тарировочной кривой определяли их размеры. Измерения проводились в начале, середине и конце струи каждого дождевального аппарата в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение. Поливная норма является одним из основных и наиболее сложных параметров техники полива. Численное значение ее изменяется в зависимости от интенсивности дождя, продолжительности полива, водопроницаемости почвы, агротехнического состояния поля и некоторых других показателей. В хозяйственных планах водопользования поливная норма (m , м³/га) в каждом конкретном случае определяется расчетным путем с учетом глубины увлажняемого слоя (H , м), объемной массы (α , т/м³) и средней влажности почвогрунтов в этом слое при наименьшей влагоемкости ($r_{\text{нв}}$, %) и перед поливом ($r_{\text{пп}}$, %) по формуле:

$$m = 100 \cdot H \cdot \alpha \cdot (r_{\text{нв}} - r_{\text{пп}}).$$

Если продолжительность дождевания и другие элементы техники полива устанавливаются из условия выдачи расчетной поливной нормы, без согласования с условиями проведения полива, как правило, фактическая глубина промачивания почвы оказывается меньше расчетных вели-

чин [6]. Объясняется это тем, что часть поступающей из дождевальных аппаратов воды теряется в результате стока и испарения под влиянием таких характеристик условий полива, как низкая водопроницаемость почвы, наличие уклона на поверхности поля, температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра и некоторые другие. С учетом этого дождевальные машины при проведении полива должны настраиваться на выдачу слоя дождя, обеспечивающего промачивание почвы на расчетную глубину и компенсацию потерь воды в результате испарения при полете капель дождя, а также образующегося поверхностного стока.

Технологические возможности дождевальных машин определяются обеспечением поливных режимов возделываемых сельскохозяйственных культур. Это значит, что выдача возможных поливных норм должна изменяться от самых малых вегетационных ($230\text{--}300\text{ м}^3/\text{га}$) и до влагозарядковых ($800\text{--}1000\text{ м}^3/\text{га}$) [7–10].

Для установления пределов изменения фактических поливных норм и выявления факторов, влияющих на равномерное распределение осадков, нами была проведена серия опытов при различных режимах работы дождевальной машины. Оценка равномерности распределения дождя по площади захвата машины осуществлялась в диапазоне изменения поливных норм от 200 до $500\text{ м}^3/\text{га}$ в условиях различного ветрового режима. Вариационная обработка данных об измеренном слое дождя (таблица 1) позволила рассчитать фактические поливные нормы при установке различных насадков: 1) насадки дефлекторные секторные (диаметр сопла $0,2\text{--}0,4\text{ мм}$); 2) аппараты среднеструйные (диаметр сопла $1\text{--}5\text{ мм}$); 3) насадки дефлекторные секторные (диаметр сопла $5\text{--}7\text{ мм}$).

Анализ приведенного экспериментального материала свидетельствует, что при скорости ветра до 3 м/с дождевальная машина обеспечивает сравнительно хорошее распределение слоя выпавших осадков.

Коэффициенты эффективного, недостаточного и избыточного распределения осадков представлены в таблице 2.

**Таблица 1 – Результаты математической обработки данных
о слое дождя**

№ опы-та	Повтор-ность	Число дожде-меров	Средний слой до-ждя, мм	Среднеквадра-тическое от-клонение, мм	Коэффициент			
					вариа-ции, %	точности опыта, %	асим-метрии	экс-цесса
1	1	45	23,5	4,1	17,3	1,2	–0,27	0,51
	2	46	22,8	4,0	17,0	1,1	–0,17	0,30
	3	47	22,8	3,9	16,2	1,2	0,20	–0,43
	среднее	46	23,0	4,0	16,8	1,17	–0,08	–0,13
2	1	45	24,4	4,4	19,1	2,1	–0,29	–0,40
	2	46	24,0	4,5	17,2	2,0	–0,15	–0,42
	3	47	23,6	4,0	22,1	1,9	–0,37	–0,39
	среднее	46	24,0	4,3	19,5	2,0	–0,27	–0,62
3	1	45	29,3	5,1	12,7	2,1	1,20	0,96
	2	46	29,4	4,9	23,0	1,9	0,83	2,00
	3	47	28,3	6,3	16,7	2,3	0,68	0,78
	среднее	46	29,0	5,4	17,5	2,1	0,90	–0,74
4	1	45	40,8	5,2	13,3	1,5	–0,47	2,18
	2	46	38,0	8,7	13,7	2,4	–1,35	0,47
	3	47	40,1	6,7	14,8	1,8	–1,1	0,67
	среднее	46	39,6	6,9	13,9	1,9	–0,97	0,67

**Таблица 2 – Равномерность распределения осадков при разных
поливных нормах**

Полив-ная норма, м ³ /га	Скорость ветра, м/с	Показатель вариационной статистики			Коэффициент распре-деления дождя		
		Среднеквадра-тическое отклоне-ние, мм	Коэффициент вариации, %	Точность опыта, %	К _{эф.п}	К _{н.п}	К _{из.п}
230	2,7–2,9	6,3	27,4	2,8	0,77	0,13	0,10
240	1,0–1,6	6,5	27,0	2,7	0,80	0,10	0,10
290	0–2,0	6,3	22,1	2,3	0,81	0,08	0,11
396	1,5–2,6	6,7	17,0	1,7	0,79	0,09	0,12
480	2,0–2,5	11,4	21,7	2,1	0,77	0,12	0,11

Коэффициент эффективного полива при такой скорости ветра и разных поливных нормах изменялся в пределах 0,77–0,81. Изменение скорости и направления ветра в пределах 3 м/с не оказывает существенного влияния на равномерность распределения осадков.

Увеличение средней скорости ветра до 4–5 м/с с порывами до 6–7 м/с приводит к заметному ухудшению качества полива. Коэффициент эффективного полива при этом снижается до 0,65–0,61, а недостаточного увеличивается до 0,2 (таблица 3). Направление ветра вдоль оси машины

сжимает дождевое облако, изменяет его параметры и отрицательно влияет на структуру дождя и равномерность его распределения, это свидетельствует о том, что дождевое облако машины обладает удовлетворительной ветроустойчивостью.

Таблица 3 – Оценка качества полива при разной скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Средний слой дождя, мм	Показатель вариационной статистики			Коэффициент распределения дождя		
		Среднеквадратическое отклонение, мм	Коэффициент вариации, %	Точность опыта, %	К _{эф.п}	К _{н.п}	К _{из.п}
0–1,5	27,6	10,1	26,8	2,7	0,78	0,10	0,12
1,9–2,1	29,6	6,7	17,0	1,7	0,79	0,09	0,12
3,0–4,2	27,1	10,0	27,5	2,8	0,72	0,15	0,13
3,9–5,2	29,4	11,5	29,3	2,9	0,65	0,20	0,15
4,0–5,5	28,0	9,6	25,3	2,6	0,71	0,13	0,16
5,0–6,0	28,5	10,9	28,3	2,9	0,68	0,14	0,18
7,3–9,1	25,9	11,8	32,9	3,1	0,64	0,18	0,18
9,0–10,0	28,0	12,4	32,6	3,0	0,61	0,19	0,20

В отличие от дождевальных машин, работающих фронтально, полив широкозахватной дождевальной машиной кругового действия выполняется в движении по кругу. Такая технология полива обуславливает перемещение различно удаленных от неподвижной опоры точек трубопровода с разной линейной скоростью (v_x , м/мин), которая изменяется пропорционально расстоянию от неподвижной опоры (x , м) по зависимости:

$$v_x = \frac{x \times v_{п.о.}}{L}, \quad (1)$$

где $v_{п.о.}$ – линейная скорость передвижения последней опоры, м/мин;

L – расстояние от неподвижной до последней подвижной опоры, м.

Так как линейная скорость движения различно удаленных от неподвижной опоры точек трубопровода возрастает к периферийной части, то для распределения дождя одинаковым слоем (h) по длине захвата машины требуются определенные строго согласованные соотношения интенсивности дождя и продолжительности нахождения точки в зоне дождевого облака, которые описываются в общем виде уравнением:

$$h = \rho_1 \times t_1 = \rho_2 \times t_2 = \dots = \rho_i \times t_i = \text{const},$$

где ρ_i – интенсивность дождя в i -й точке;

t_i – время нахождения точки в зоне дождевого облака.

Продолжительность нахождения точек в зоне дождя зависит от ширины дождевого облака [11]. С учетом выражения (1) для обеспечения дождевания постоянной интенсивностью дождя они должны возрастать пропорционально расстоянию от неподвижной опоры. Контрольные замеры ширины дождевого облака по вариантам опыта не подтвердили это предположение (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика ширины дождевого облака по вариантам опыта

Расстояние от неподвижной опоры (x), м	Скорость перемещения точки (v_x), м/мин	$k = \frac{v_x}{x}$	Ширина дождевого облака b_x , м				$k_1 = \frac{b_x}{x}$
			Номер замера			Среднее значение	
			1	2	3		
15	$1,03 \times 10^{-3}$	$0,69 \times 10^{-4}$	17,5	17,0	18,1	17,5	1,16
40	$5,5 \times 10^{-3}$	$1,38 \times 10^{-4}$	42,3	44,6	42,3	43,1	1,08
70	$10,9 \times 10^{-3}$	$1,56 \times 10^{-4}$	54,0	53,8	54,5	54,1	0,77
90	$15,7 \times 10^{-3}$	$1,75 \times 10^{-4}$	50,6	47,5	50,0	49,4	0,55
		$K_{cp} = 1,35 \times 10^{-4}$					
k – коэффициент пропорциональности изменения скорости перемещения дождевого облака в зависимости от расстояния до неподвижной опоры.							

Линейная скорость перемещения дождевого облака по вариантам опыта увеличивается в пропорциональной зависимости ($K_{cp} = 1,35 \times 10^{-4}$). Аналогичная взаимосвязь общего увеличения ширины дождевого облака с расстоянием до точки неподвижной опоры машины (k_1) не прослеживается. В то же время просматривается явно выраженная закономерность в виде снижения численного значения k_1 по мере удаления точек от неподвижной опоры к периферийной части орошаемого круга. В проведенной нами серии опытов было установлено, что горизонтальная проекция дождевого облака имеет форму неправильной трапеции.

Исследование, посвященное оценке спектра капель дождевого облака, заключается в нахождении среднекубического диаметра капли. Анализ

данных рисунка 1 показывает, что около 87 % всего количества капель не превышает 1,5–2,0 мм, т. е. находится в допустимых пределах агротехнических требований.

Рисунок 1 – Спектр дождевого облака дождевальной машины: распределение числа капель по размерам от общего их количества

Выводы. Новая дождевальная машина обеспечивает выдачу поливных норм от 200 до 500 м³/га при высокой равномерности распределения слоя дождя по радиусу орошаемого круга. Коэффициент вариации среднего слоя дождя нами установлен в пределах 13,9–19,5 % при показателе точности опыта 1,2–2,1 при скорости ветра до 1,5–2,0 м/с. Изменение скорости и направления ветра в пределах 3 м/с не оказывает существенного влияния на равномерность распределения осадков ($K_{эф.п} = 0,77 \dots 0,81$). При увеличении скорости ветра до 5,5 м/с коэффициент эффективного полива снижается, но находится в пределах агротехнических требований. Дождевое облако машины обладает удовлетворительной ветроустойчивостью.

Список использованных источников

1 Олейник, О. С. Динамика и развитие растениеводства в Волгоградской области / О. С. Олейник, А. С. Овчинников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С. 278–287.

2 Мелихова, Е. В. Функционально-морфологический анализ и совершенствова-

ние технических средств комбинированного орошения / Е. В. Мелихова, В. В. Бородычев, А. Ф. Рогачев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 30–36.

3 Пустовалов, Е. В. Влияние орошения животноводческими стоками на технологические качества маслосемян горчицы / Е. В. Пустовалов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2(50). – С. 181–186.

4 Важов, В. М. Агроэкологические вопросы выращивания *Fagopyrum esculentum* Moench. на Алтае / В. М. Важов // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 1. – С. 56–60.

5 Овчинников, А. С. Технология очистки стоков птицеводческих предприятий с использованием природных сорбентов при добавлении ферритной суспензии / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. А. Денисова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(1). – С. 15–22.

6 Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaia // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, № 13. – P. 4181–4184.

7 Козинская, О. В. Элементы техники полива ДМ «Мини Кубань-ФШ» / О. В. Козинская // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сб. науч. тр. по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2015. – С. 44–46.

8 Зверьков, М. С. Численные исследования влияния эффективного давления искусственного дождя на разбрызгивание почвы / М. С. Зверьков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 168–183. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=596>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-168-183.

9 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.

10 Кузнецова, Н. В. Определение параметров технической характеристики дождевальнoй машины «Мини Кубань-ФШ» с их влиянием на почву / Н. В. Кузнецова, О. В. Козинская, М. А. Денисова // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: материалы нац. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 463–466.

11 Теоретическое и экспериментальное обоснование параметров дефлекторной насадки / Ю. Ф. Снопич, А. А. Чураев, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг, В. М. Филимонова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 2(34). – С. 104–120. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec605-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-104-120.

References

1 Oleynik O.S., Ovchinnikov A.S., 2016. *Dinamika i razvitie rastenievodstva v Volgogradskoy oblasti* [Dynamics and development of crop production in Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshye professional'noe obrazovanie* [Bull. of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(43), pp. 278–287. (In Russian).

2 Melikhova E.V., Borodychev V.V., Rogachev A.F., 2018. [Functional-morphological analysis and improvement of technical means of combined irrigation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 4, pp. 30–36. (In Russian).

3 Pustovalov E.V., 2018. *Vliyanie orosheniya zhivotnovodcheskimi stokami na tekhnologicheskiye kachestva maslosemyan gorchitsy* [Influence of livestock irrigation on the technological quality of mustard oil seeds]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of the Lower Volga Agricultural University: Science and Higher Professional Education], no. 2(50), pp. 181-186. (In Russian).

4 Vazhov V.M., 2016. *Agroekologicheskie voprosy vyrashchivaniya Fagopyrum esculentum Moench na Altae* [Agroecological issues of growing Moench Fagopyrum esculentum in Altai]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes in Modern Science], no. 1, pp. 56-60. (In Russian).

5 Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Denisova M.A., 2019. *Tekhnologiya ochistki stokov ptitsevodcheskikh predpriyatiy s ispol'zovaniyem prirodnykh sorbentov pri dobavlenii ferritnoy suspenzii* [Technology of wastewater treatment of poultry enterprises using natural sorbents with adding ferrite suspension]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of the Lower Volga Agricultural University: Science and Higher Professional Education], no. 1(1), pp. 15-22. (In Russian).

6 Kruzhilin I.P., Ovchinnikov A.S., Kuznetsova N.V., Kozinskaya O.V., 2018. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, no. 13, pp. 4181-4184.

7 Kozinskaya O.V., 2015. *Elementy tekhniki poliva DM "Mini Kuban'-FSH"* [Elements of irrigation technique DM "Mini Kuban'-FSH"]. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoy nauki: sb. nauch. tr. po materialam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Theoretical and Applied Aspects of Modern Science: Proc. VIII International Scientific-Practical Conference]. Belgorod, pp. 44-46. (In Russian).

8 Zver'kov M.S., 2019. [Numerical studies of the influence of effective artificial rain pressure on soil sprash]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(33), pp. 168-183, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=596>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-168-183. (In Russian).

9 Schedrin V.N., Balakai G.T., Vasil'ev S.M., 2016. [The conceptual justification of strategy development for scientific and technical support of land reclamation development in Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(24), pp. 1-21, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf. (In Russian).

10 Kuznetsova N.V., Kozinskaya O.V., Denisova M.A., 2019. *Opredelenie parametrov tekhnicheskoy kharakteristiki dozheval'noy mashiny "Mini Kuban'-FSH" s ikh vliyaniem na pochvu* [Determination of the parameters of technical characteristics of the Mini Kuban'-FSH sprinkler with their influence on the soil]. *Prioritetnye napravleniya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii: materialy natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Priority Areas of Scientific and Technological Development of Agro-Industrial Complex of Russia: Proc. National Scientific-Practical Conference], pp. 463-466. (In Russian).

11 Snipich Yu.F., Churaev A.A., Yuchenko L.V., Vainberg M.V., Filimonova V.M., 2019. [Theoretical and experimental justification of the parameters of the deflector nozzle]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(34), pp. 104-120, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec605-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-104-120. (In Russian).

Снипич Юрий Федорович

Ученая степень: доктор технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421
E-mail: rosniipm@yandex.ru

Snipich Yuriy Fedorovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovskiy ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Челахов Василий Царукович

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Chelakhov Vasily Tsaruckovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Козинская Ольга Владимировна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: доцент

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: пр-т Университетский, 26, г. Волгоград, Российская Федерация, 400002

E-mail: kozinska1977@mail.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Associate Professor

Affiliation: Volgograd State Agrarian University

Affiliation address: ave. Universitetsky, 26, Volgograd, Russian Federation, 400002

E-mail: kozinska1977@mail.ru