

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Департамент мелиорации

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт
систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»**



**ВЕСТНИК МЕЛИОРАТИВНОЙ
НАУКИ**

Выпуск 3

г. Коломна 2023

ЕДИНСТВЕННОЕ СРЕДСТВО УДЕРЖАТЬ ГОСУДАРСТВО В СОСТОЯНИИ НЕЗАВИСИМОСТИ – ЭТО СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО.

ОБЛАДАЙТЕ ВЫ ХОТЬ ВСЕМИ БОГАТСТВАМИ МИРА, НО ЕСЛИ ВАМ НЕЧЕМ ПИТАТЬСЯ, ВЫ ЗАВИСИТЕ ОТ ДРУГИХ.

ТОРГОВЛЯ СОЗДАЕТ БОГАТСТВО, НО СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО ОБЕСПЕЧИВАЕТ СВОБОДУ.

Ж.Ж. Руссо

МНЕНИЯ АВТОРОВ СТАТЕЙ МОГУТ НЕ СОВПАДАТЬ С ПОЗИЦИЕЙ РЕДАКЦИИ

Сетевое электронное периодическое издание Депмелиорации Минсельхоза России и ФГБНУ ВНИИ «Радуга»	№ 3 2023	<i>Научно-практический журнал</i> «ВЕСТНИК МЕЛИОРАТИВ- НОЙ НАУКИ»
--	-------------	---

Адрес учредителя, издателя и издательства: 140483, Московская область, г. Коломна., пос. Радужный, 38,
тел. 8(496)617-0474, e-mail: rgraduga@yandex.ru

ISSN 2618-9496

УДК 631.6(082)

ББК 40.6я43

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Махмудова В.Х. Оценка потенциальных возможностей цветового различения сельскохозяйственной продукции от сорняка на фоне почвы	4
Гумбатов Д.А., Алиева С.С. Вопросы исследования зеленой массы растительности с применением беспилотных летательных аппаратов	10
Мищенко Н.А., Травкин В.С., Лебедев Д.А. Исследование зависимости показателей равномерности полива при изменении расходно-напорных характеристик для средне-струйного дождевального аппарата Атом 15 FC2	17
Мякшин Н.А., Каблуков О.В. Обоснование использования сточных вод предприятий для орошения сельскохозяйственных угодий	24
Капустина Т.А., Медведева Е.В., Польщиков Н.А. Водосберегающая стратегия при эксплуатации гидромелиоративных систем как рационального водопользования	30
Костоварова И.А., Шленов С.Л. Отечественная широкозахватная дождевальная техника кругового действия	35
Мякшин Н.А. Гидромелиорация и адаптация к изменениям климата	41
Костоварова И.А., Шленов С.Л. Агроэкологическая оценка полива сельскохозяйственных культур дождевальными машинами кругового действия	48
Мищенко Н.А., Рязанцев А.И., Козлова Л.К. О повышении коэффициента земельного использования при поливе широкозахватными дождевальными машинами кругового действия	54
Угрюмова А.А., Замаховский М.П., Паутова Л.Е., Гришаева О.Ю. Исследование потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ в современных условиях	65
Булгакова Т.В. Научно-аналитический обзор по исследованию эрозии при мелиорации земель	72
Мищенко Н.А., Рязанцев А.И., Козлова Л.К. К развитию технологий мостового земледелия на мелиорируемых землях	81
Мищенко Н.А. Дифференциация поливной нормы садовых культур	88

УДК 832.51

**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦВЕТОВОГО
РАЗЛИЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ
ОТ СОРНЯКА НА ФОНЕ ПОЧВЫ**

Махмудова Валида Ханкиши гызы, к.т.н.

Национальное Аэрокосмическое Агентство, г.Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация: статья посвящена анализу возможности цветового различения растительной продукции от сорняка. Проведенный анализ показал, что цветовая сегментация позволяет (а) различение урожая и сорняка, (b) различение растительности почвы, (с) уменьшение чувствительности информативности цветковых изображений к изменению условий освещённости. Рассмотрены потенциальные возможности вегетационного индекса VEC для решения вышеуказанных задач. Показано наличие наихудшего соотношения между сигналами R и G каналов, при котором значение этого индекса достигает минимума. В условиях зашумленности данных такой минимум приводит к уменьшению дискриминационных возможностей этого индекса.

Ключевые слова: цветное различение, растительность, чувствительность, вегетационный индекс, оптимизация

Введение

Вопросы сегментации цветковых изображений применительно к сельскохозяйственному производству различных культур ставит перед собою в основном следующие задачи [1]:

1. Различение сельскохозяйственного растительного урожая от сорняка;
2. Различение растительности от почвы;
3. Минимизация чувствительности используемых критериев сегментации к изменениям условий освещенности полей.

В общем случае, согласно [1], основными алгоритмами выделения полезных растений или урожая являются (а) метод цвето-индексной сегментации; (b) метод пороговой сегментации; (с) метод обучаемой сегментации.

Общая блок-схема операции сегментации и ее оценки показана на рис. 1.

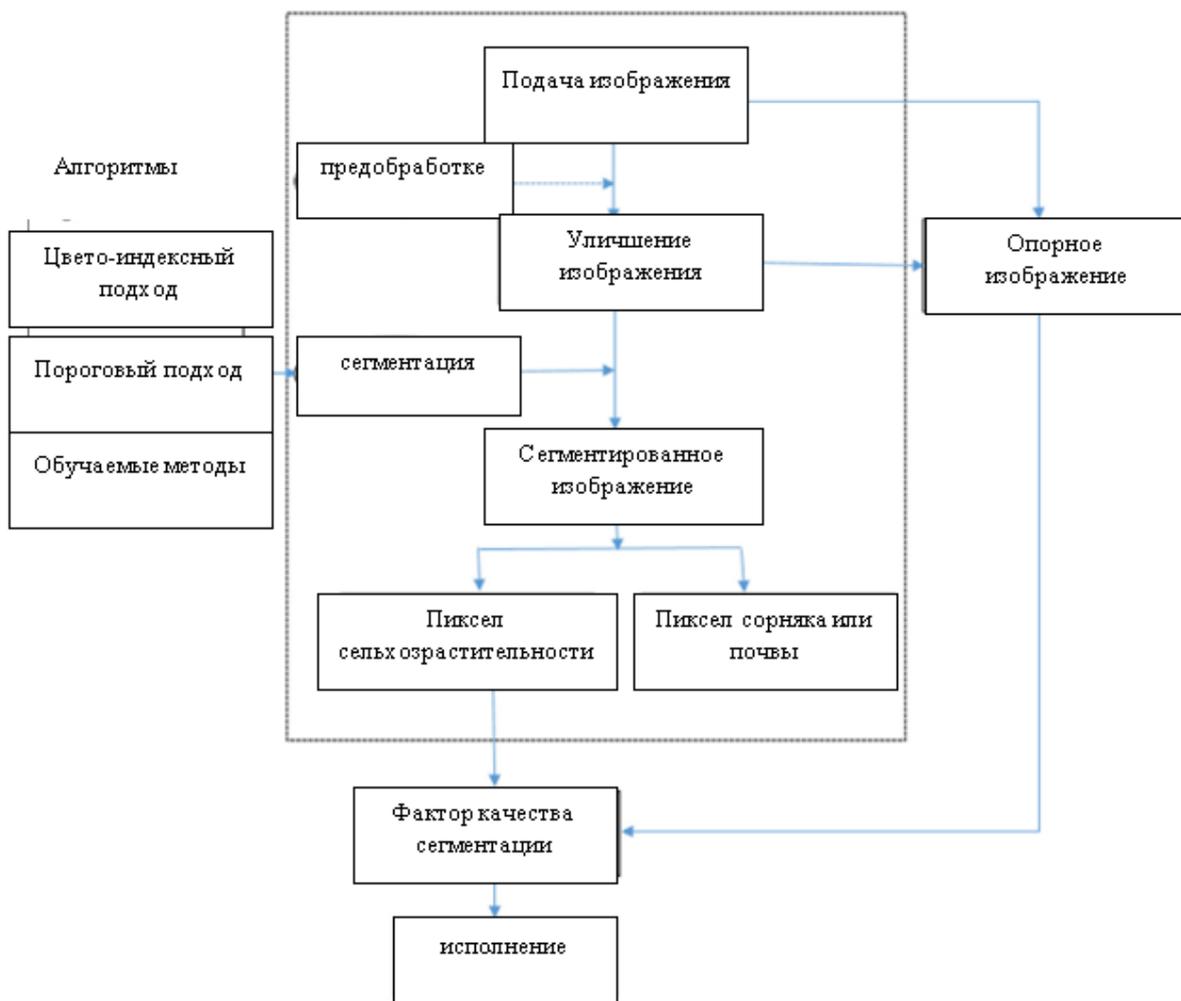


Рис. 1. Общая схема проведения сегментации и ее оценки

Как отмечается в работе [2], использование подобных систем машинного зрения может привести к увеличению продуктивности и конкурента способности сельскохозяйственных деятельности. Согласно [3-5], качество изображений часто подвергается воздействию неконтролируемого воздействия изменений условий освещенности. Кроме этого, изменчивость высоты и объёмов растений в стадии развития оказывает влияние на процессы идентификации сельхозпродукции и сорняка. Для решения этой проблемы в работах [3-5] были предложены различные технические решения. Вместе с тем разнообразие полевых условий диктует необходимость применения on-line обучающих методов для успешного решения данной проблемы.

Как отмечается в работе [6] для сегментации изображений по признаку урожай /сорняк могут быть применены индексно-спектральные, пороговые, обучающие и вейвлет технологии. Эти методы в основном нацелены на обработку черно-белых изображений, где сегментирующим признаком является контраст, т.е. яркий пиксел обозначает полезное растение, а темное сорняк или почву [7]. Так, в работе [7] предлагается индекс VEC для

автоматической селекции урожая и сорняка, а в работе [8] предлагается множество вегетационных индексов на базе черно-бело-серых усиленных изображений. Аналогичный подход также развит в работе [9].

Как отмечается в работе [7], разработан метод для различения зерновой продукции от сорняка путем анализа соотношения сигналов красного, зеленого и синего каналов камеры цветовой камеры CCD. Для сегментации изображения на почву и растительность достаточно установить один фиксированный порог. Указанный метод базируется на новом показателе вегетационном индексе VEC, определяемой по формуле

$$VEC = \frac{G}{R^{\alpha} \cdot B^{(1-\alpha)}} \quad (1)$$

где $\alpha = 0,667$.

Согласно [7], показатель VCC позволяет различить растение и почву по контрасту и кроме этого достаточно устойчиво для изменению условий освещенности.

Вместе с тем, в работе [7] не проведен анализ минимальной возможности показателя (1) для дискриминации сельхозпродукции и сорняка. Далее, в настоящей статье анализируется минимально гарантированные возможности показателя (1) для различения полезной растительной продукции и сорняка.

Материалы и методы

Хорошо известно, что сельхозпродукция имеет две специфические спектральные зоны: красная и зеленая спектральные зоны. В красной зоне растение сильно поглощает попадающее на него солнечное излучение, а в зеленой зоне хорошо отражает. При этом на сельхоз поле трактор оборудован цветной камерой. Исходя из вышеуказанных соображений предлагается метод оценки минимальных возможностей вегетационного индекса VEC, базирующийся на следующих положениях:

1. Вводится на рассмотрение функция спектрального отношения в виде

$$R = f(G) \quad (2)$$

2. Учитывается, что на реальном сельхозполе могут существовать как развитые, так и неразвитые растения, т.е. сигнал зеленого канала G может изменяться в диапазоне $(0 \div G_{max})$.

3. С учетом очевидного растущего характера функции (2) вводится некоторое ограничительное условие на динамику изменения сигналов R и G в виде

$$\int_0^{G_{max}} f(G) dG = C; \quad C = const \quad (3)$$

Условие (3) может быть геометрически интерпретирован так, как это показан на рис. 2.

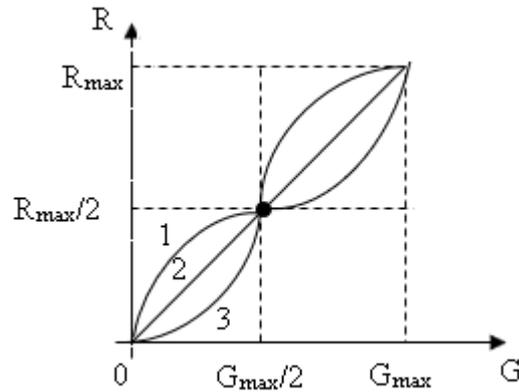


Рис. 2. Геометрическая интерпретация ограничительного условия 3.

Цифрами обозначены: 1-Растения, которые ощутили «стресс» в интервале $(0 \div \frac{G_{max}}{2})$; 2-растения без стресса; 3-растения, которые в интервале $(\frac{G_{max}}{2} \div G_{max})$ ощутили «стресс»

Определим вид функции $f(G)$ при которой вегетационный индекс VEC имеет наименьший динамический диапазон, а следовательно, и минимально гарантированным образом может выполнить возложенные на него функции.

С учетом вышеизложенного целевой функционал F задачи вычисления экстремума (минимума) определим следующим образом:

$$F = \int_0^{G_{max}} \frac{G}{f(G)^{\alpha} \cdot B^{(1-\alpha)}} dG \quad (4)$$

С учетом (3) и (4) может составить задачу безусловной вариационной оптимизации, целевой функционал которого имеет следующим вид

$$F_1 = \int_0^{G_{max}} \frac{G}{f(G)^{\alpha} \cdot B^{(1-\alpha)}} dG + \lambda \left[\int_0^{G_{max}} f(G) dG - C \right] \quad (5)$$

где: λ -множитель Лагранжа.

Согласно условиям уравнения Эйлера решение задачи должна удовлетворять условию [10].

$$\frac{d\left\{ \frac{G}{f(G)^{\alpha} \cdot B^{(1-\alpha)}} + \lambda f(G) \right\}}{df(G)} = 0 \quad (6)$$

Из (6) получим

$$\frac{-G \cdot \alpha \cdot f(G)^{-(\alpha+1)}}{B^{(1-\alpha)}} + \lambda = 0 \quad (7)$$

На основе (7) получено следующее предварительное решение задачи оптимизации:

$$f(G) = \left(\frac{1}{\lambda} \right)^{\frac{1}{\alpha+1}} \cdot \sqrt[\alpha+1]{\frac{\alpha G}{B^{(1-\alpha)}}} \quad (8)$$

С учетом (3) и (8) множитель Лагранжа вычислен в следующем виде

$$\lambda = \frac{\alpha}{B^{(1-\alpha)} \cdot \left[\frac{C(\alpha+2)}{(\alpha+1)} \right]^{\alpha+1}} \quad (9)$$

На основе (8) и (9) множитель Лагранжа вычислен в следующем виде

$$f(G) = C_1 \cdot \alpha^{+1} \sqrt{G} \quad (10)$$

где:

$$C_1 = \alpha^{+1} \sqrt{\frac{B(1-\alpha)}{\alpha}} \cdot \frac{C(\alpha+2)}{\alpha+1} \cdot \alpha^{+1} \sqrt{\frac{\alpha}{B(1-\alpha)}} = \alpha^{+1} \sqrt{\frac{B^{-\alpha}}{1-\alpha}} \cdot \frac{C(\alpha+2)}{\alpha+1} \quad (11)$$

Можно показать, что при решении (10), (11) функционал F_1 достигает минимума. Для этого достаточно вычислить вторую производную интегранта в (5) по $f(G)$ и показать, что она всегда положительная величина.

С учетом решения (11) и базового выражения (1) вычислено минимально возможное значение индекса VEC:

$$VEC_{min} = \frac{1}{C_1^{\alpha} \cdot B^{1-\alpha} G^{1+\alpha}} \quad (12)$$

Таким образом, как видно из выражения (11) с ростом B значение коэффициента C_1 уменьшается. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению минимально возможного значения индекса VEC_{min} .

Заключение

Проведенный анализ спектральных методов сегментации цветowych изображений урожайных сельскохозяйственных полей показал, что такая сегментация может преследовать такие цели как (а) различение урожая и сорняка, (б) различение растительности почвы, (с) уменьшение чувствительности информативности цветowych изображений к изменению условий освещённости. Проанализированы потенциальные возможности известного вегетационного индекса VEC для решения вышеуказанных функций. Показано наличия наихудшего соотношения между сигналами R и G каналов, при котором значение этого индекса достигает минимума, что естественно, в условиях зашумленности данных приводит к уменьшению дискриминационных возможностей этого индекса.

Список использованных источников

1. Hamuda E., Glavin M., Jones E. A survey of image processing techniques for plant extraction and segmentation in the field// Computers and electronics in agriculture. 125. 2016. P. 184-199.
2. Astrand B et al. A vision based row-following system for agricultural field machinery mechatronics// 2005.
3. Ahmed F et al. Classification of crops and weeds from digital images: A support vector machine approach// 2012.

4. Montalvo et al. Automatic detection of crop rows in maize fields with high weeds pressure expert systems with applications// 2012.
5. Guerrero J. M. et al. Support vector machines for crop/weeds identification in maize fields expert systems with applications// 2012.
6. Guijarro M. et al. Discrete wavelets transform for improving greenness image segmentation in agricultural images// Computers and electronics in agriculture. 2015.
7. Hague T., Tillett N. D., Wheeler H. Automated crop and weed monitoring in widely spaced cereals// Precision agriculture. 2006. P. 21-32.
8. Guijarro M. et al. Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images// Computers and Electronics in agriculture. 2011.
9. Guijarro M. et al. Automatic expert system for weeds/crops identification in images from maize fields// Expert systems with applications. 2013.
10. Эльсгольц Л. Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление// М. Наука. 1974. С. 432.

УДК 630*583

ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Гумбатов Д.А., докторант

Алиева С.С., к.т.н.,

Национальное Аэрокосмическое Агентство, г.Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация: исследуется степень корреляции между факторами, использованными при мультифакторном регрессионном эксперименте по определению статистической взаимосвязи зеленой биомассы и сухой биомассы растительности при условии определении их с помощью измерительной аппаратуры, установленной на БПЛА. Введен на рассмотрение новый показатель статистической связи, определяемый в качестве отношения регрессионного уравнения к линейной взвешенной свертке используемых двух факторов. На базе этого показателя сформированы два интегральных критерия. Показано, что как сам указанный показатель, так и интегральные критерии достигают минимума при наличии отрицательной корреляции между указанными факторами. На основе известных экспериментальных данных получено косвенное подтверждение этого вывода.

Ключевые слова: БПЛА, зеленая биомасса, мультифакторная регрессия, вегетационные индексы, хлорофилл. Спектральные измерения

Введение

В настоящее время сфера использования беспилотных летательных средств (БПЛА) достаточно широка и включает такие области как сельское хозяйство, промышленность, чрезвычайные ситуации, военное дело и др. Применительно к сельскому хозяйству широкое применение БПЛА объясняется большим размахом распространения методов и принципов точного земледелия среди аграрных хозяйств и, в частности, среди фермеров [1-4]. Так, например, в работе [1] рассмотрен вопрос об использовании БПЛА для определения индекса листовой площади (LAI) путем проведения измерений с помощью RGB камеры, установленной на борту БПЛА. В работе [2] рассмотрена возможность определения LAI хлопковой растительности с применением мультиспектрометра и лидара, установленных на БПЛА. В работе [3] сообщается о возможности применения БПЛА, снабженного мультиспектрометром для определения содержания калия в рисовой растительности. В другой работе [4] рассмотрена возможность исследования регрессионных связей таких показателей как количество биомассы, содержание азота и хлорофилла в растении на основании морфологических и спектральных данных изучаемой растительности, полученных с помощью

измерительной аппаратуры, установленной на БПЛА. Для получения морфологических данных о развитии растений широко используются RGB изображения и мультиспектрометры [5-8]. Как отмечается в работе [4] визуальные характеристики растений определить намного проще, чем такие физиологические характеристики как содержание хлорофилла, концентрацию азота, содержание влаги и др. Физиологические характеристики на практике определяются с помощью таких спектральных индексов как нормализованный разностный индекс края красной зоны (NDRE) [9], нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) [10] и др. Общая схема определения физиологических характеристик растений приведена на рис. 1 [4].

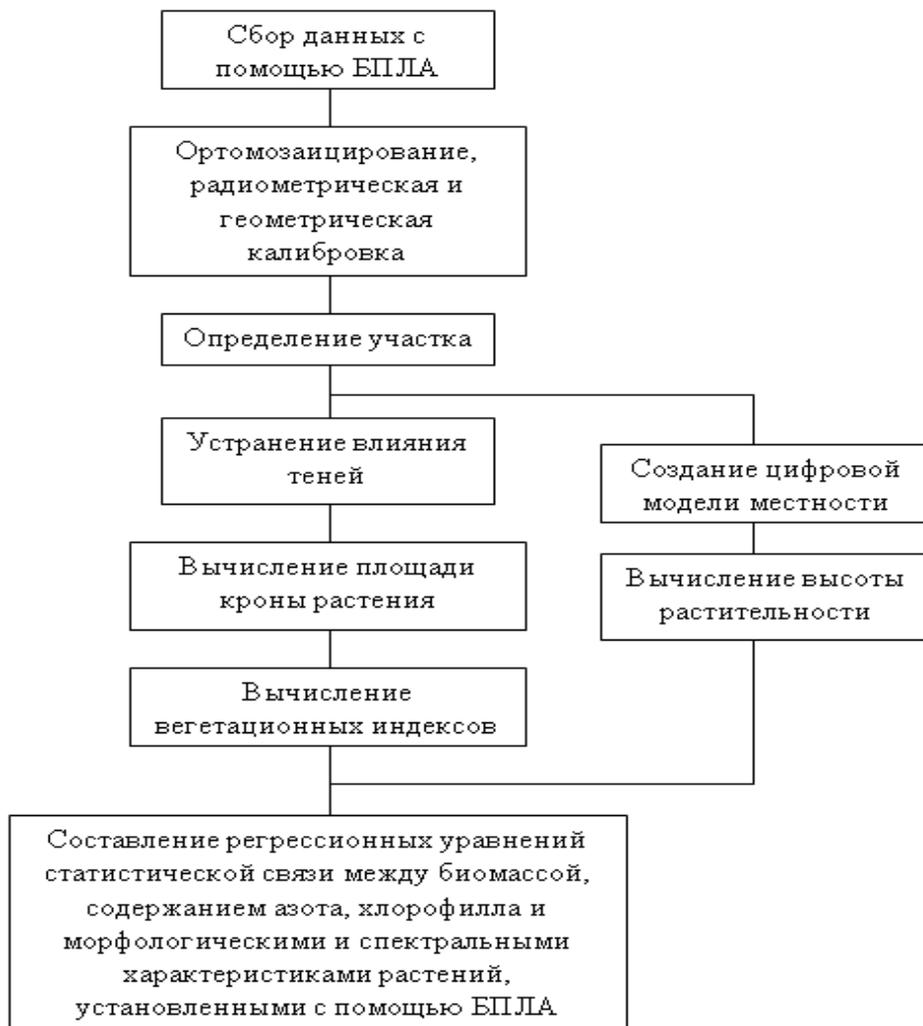


Рис. 1. Технологическая схема определения регрессионной связи зависимости количества биомассы, азота и хлорофилла от спектральных и морфологических характеристик, определенных с помощью БПЛА

Наиболее рекомендуемыми вегетационным индексами для определения физиологических показателей согласно [4] являются: NDVI-коррелирует зеленой биомассой и хлорофиллом; RDVI-обладает минимальной чувствительностью к влиянию почвы при

спектральных измерениях; GNDVI-коррелирует с хлорофиллом а; NDRE-коррелирует хлорофиллом и азотом; RGBVI-коррелирует биомассой.

Отметим, что в результате проведенных исследований, в работе [4] получены ряд регрессионных уравнений, связывающих физиологические показатели со спектральными и морфологическими данными, полученными с помощью БПЛА, оборудованных соответствующей измерительной аппаратурой. В таблице 1 приведены соответствующие мультифакторные регрессионные уравнения взаимосвязи зеленой биомассы и сухой биомассы и морфологических и спектральных данных с максимальной величиной показателя r .

Таблица 1 - мультифакторные регрессионные уравнения взаимосвязи зеленой биомассы и сухой биомассы и морфологических и спектральных данных с максимальной величиной показателя r

Физиологический показатель	Формула регрессионной связи	r
Зеленая биомасса (y_1)	$y_1 = 1,32 \cdot \exp[6,41 \cdot RDVI + 1,069 \cdot RGBVI]$	0,84
Сухая биомасса (y_2)	$y_2 = 5,03 \cdot \exp[0,004 \cdot PH + 0,545 \cdot NDRE]$	0,87

В таблице 2 приведены аналогичные данные, для которых характерны минимальная величина показателя r .

Таблица 2 - мультифакторные регрессионные уравнения взаимосвязи зеленой биомассы и сухой биомассы и морфологических и спектральных данных с минимальной величиной показателя r

Физиологический показатель	Формула регрессионной связи	r
Зеленая биомасса (y_1)	$y_1 = 0,20 \cdot \exp[0,637 \cdot NDVI + 0,706 \cdot RGBVI]$	0,80
Сухая биомасса (y_2)	$y_2 = 5,03 \cdot \exp[0,004 \cdot PH + 0,130 \cdot RGBVI]$	0,78

Целью исследования в настоящей статье является определение порядка выбора тех предикторов, т.е. спектральных и морфологических факторов, которые при выборе их в качестве аргументов в регрессионных уравнениях обеспечивали бы высокое значение показателя r .

Материалы и методы

Рассмотрим обобщенную модель регрессионных уравнений, приведенных в таблице 1 и 2.

$$y = A \exp(a_1 x_1 + a_2 x_2) \quad (1)$$

где $A, a_1, a_2 = \text{const}$.

Введем на рассмотрение новый показатель γ статистической связи, определяемый как

$$\gamma = \frac{A \exp(a_1 x_1 + a_2 x_2)}{a_1 x_1 + a_2 x_2} \quad (2)$$

Очевидно, что при сильной статистической связи между x_1, x_2 и y значение γ должно быть наивысокой и наоборот. Следовательно, показатель γ может быть рассмотрен в качестве индикатора степени регрессионной связи между x_1, x_2 и y .

Далее, введем на рассмотрение функцию взаимосвязи между x_1 и x_2 , т.е.

$$x_2 = \varphi(x_1) \quad (3)$$

Также введем на рассмотрение интегральный показатель $\gamma_{\text{и}}$ определяемый как

$$\gamma_{\text{и}} = \int_0^{x_{1m}} \frac{A \cdot \exp[a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)]}{a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)} dx_1 \quad (4)$$

В соответствии с выше заявленной целью, задачами исследования в настоящей статье являются:

1. Определение взаимосвязи x_2 и x_1 по критерию (2) при которой показатель $\gamma_{\text{и}}$ достигает экстремума.
2. Определение оптимальной функции (3), при которой показатель $\gamma_{\text{и}}$ достигает экстремума.
3. Определение оптимальной функции (3), удовлетворяющей следующему ограничительному условию

$$\int_0^{x_{1m}} \varphi(x_1) dx_1 = C; \quad C = \text{const} \quad (5)$$

при которой целевой функционал F .

$$F = \int_0^{x_{1m}} A \cdot \exp[a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)] dx_1 - \lambda [\int_0^{x_{1m}} \varphi(x_1) dx_1 - C] \quad (6)$$

λ -множитель Лагранжа, достиг бы экстремального значения.

Рассмотрим решения вышеуказанных задач. Для решения задачи 1 воспользуемся методом анализа производных. Имеем

$$\frac{dy}{dx_2} = (a_1 x_1 + a_2 x_2) - \frac{1}{[a_1 x_1 + a_2 x_2]^2} \quad (7)$$

При условии $\frac{dy}{dx_2} = 0$ из (7) получим

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 = 1 \quad (8)$$

или

$$x_2 = \frac{1}{a_2} - \frac{a_1 x_1}{a_2} \quad (9)$$

При решении (9) достигает минимума, т.к. $\frac{d^2\gamma}{dx_2^2}$ всегда является положительной величиной.

Рассмотрим решение второй задачи. Для определения вида экстремали $\varphi(x_1)$ функционала (4) вычислим производную подынтегрального выражения (4) по $\varphi(x_1)$ и приравним ее к нулю.

Имеем

$$\frac{\exp(a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1))}{a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)} = 0 \quad (10)$$

Из (10) получим

$$a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1) = 1$$

или

$$\varphi(x_1) = \frac{1}{a_2} - \frac{a_1 x_1}{a_2} \quad (11)$$

Таким образом, решения задач 1 и 2 являются идентичными. Рассмотрим решение третьей задачи.

Согласно [10], экстремаль функционала F должна удовлетворять условию

$$\frac{d\{A \cdot \exp[a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)] + \lambda \varphi(x_1)\}}{d\varphi(x_1)} = 0 \quad (12)$$

Из условия (12) получаем

$$a_2 A \cdot \exp[a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)] - \lambda \quad (13)$$

Из (13) находим

$$\exp[a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1)] = \frac{\lambda}{a_2 A} \quad (14)$$

Логарифмируя (14), получим

$$a_1 x_1 + a_2 \varphi(x_1) = \ln \frac{\lambda}{a_2 A} \quad (15)$$

Подробно не останавливаясь на определении множителя Лагранжа отметим, что форма экстремали (15) совпадает по форме с выражениями (9) и (11). При этом, решение (15) также обеспечивает минимум выражения (6), т.к. повторная производная (13) по $\varphi(x_1)$ имеет положительный знак.

Модельные исследования

Таким образом, согласно полученным результатам, при парафазном изменении x_2 и x_1 критерии (2), (4) и (6) должны иметь наименьшее значение. Это означает, что выражения y_2 и y_2 , указанные в таблице 2 должны соответствовать наименьшей корреляции между входящими в них факторами, т.е. между $RGBVI$ и $NDVI$.

Согласно данным, приведенным в [4] коэффициенты корреляции между *NDVI* и *NDRE* равен 0,96 и между *RGBVI* и *NDVI* равен 0,54.

Следовательно, корреляция между *RGBVI* и *NDVI* в данном случае наименьшая, что подтверждает вывод о том, что при парафразаом законе изменения x_2 и x_1 возможен минимум критериев (2), (4) и (6).

Заключение

Целью исследования являлось определение той степени корреляции между факторами, использованными при мультифакторном регрессионном эксперименте по определению статистической взаимосвязи зеленой биомассы и сухой биомассы в растительности при условии определении этих факторов с помощью измерительной аппаратуры, установленной на БПЛА. Введен на рассмотрение новый показатель статистической связи определяемый в качестве отношения регрессионного уравнения к линейной взвешенной свертке используемых двух факторов. На базе этого показателя сформированы два интегральных критерия. Показано, что как сам указанный показатель, так и интегральные критерии достигают минимума при наличии отрицательной корреляции между факторами. На основе известных экспериментальных данных получено косвенное подтверждение этого вывода.

Список использованных источников

1. Yamashita M., Toyoda H., Tanaka Y. Light environment and LAI monitoring in rice community by ground and UAV-based remote sensing// The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Vol. XLII. 2020.
2. Yan P., Han Q., Feng Y., Kang S. Estimating LAI for cotton using multisource UAV data and a modified universal model// Remote Sens. 2022. 14. 4272. <https://doi.org/10.3390/rs14174272>
3. Lu J., Eitel J. U. H., Engels M., Zhu J., Ma Y., Liao F., Zheng H., Wang X., Yao X., Cheng T., Zhu Y., Cao W., Tian Y. Improving unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing of rice plant potassium accumulation by fusing spectral and textural information// International journal of applied earth observations and geoinformation 104. 2021.
4. Li J., Shi Y., Sivakumar A. V., Schachtman D. P. Elucidating sorghum biomass, nitrogen and chlorophyll contents with spectral and morphological traits derived from unmanned aircraft system// Frontiers in plant science. Vol. 9. Art. 1406. October 2018.
5. Shi Y., Thomasson J. A., Murray S. C., Pugh N. A., Rooney W. L., Shafian S. et al. Unmanned aerial vehicles for high-throughput phenotyping and agronomic research// Plos ONE. 11:e0159781. 2018.

6. Watanabe K., Guo W., Arai K., Takanashi H., Kajiya-Kanegae H., Kobayashi M. et al. High-throughput phenotyping of sorghum plant height using an unmanned aerial vehicle and its application to genomic prediction modeling// *Front Plant Sci.* 8:421. Doi:10.3389/fpls.2017.00421. 2017.
7. Hu P., Scott C.C., Xuemin W., Andries P., Tao D., David J. et al. Estimation of plant height using a high throughput phenotyping platform based on unmanned aerial vehicle and self-calibration: example for Sorghum breeding. *Eur. J. Agron.* 95. 24-32. Doi:10.1016/j.eja.2018.02.004. 2018.
8. Malambo L., Popescu S. C., Murray S. C., Putman E., Pugh N. A., Horne D. W., et al. Multitemporal field-based plant height estimation using 3d point clouds generated from small unmanned aerial systems high-resolution imagery// *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinform.* 64. 31-42.
9. Potgieter A. B., George-Jaeggli B., Chapman S. C., Laws K., Wixted J., et al. Multi-spectral imaging from an unmanned aerial vehicle enables the assessment of seasonal leaf area dynamics of Sorghum breeding lines// *Front. Plant Sci.* 8:1532. Doi:10.3389/fpls.2017.01532. 2017.
10. Stanton C., Starek J. M., Elliott N., Brewer M., Maeda M. M., Chu T. Unmanned aircraft system-derived crop height and normalized difference vegetation index metrics for Sorghum yield and aphid stress assessment// *J. Appl. Remote Sens.* 11:026035. Doi:10.1117/1.JRS.11.026035. 2017.

УДК 631.347.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАВНОМЕРНОСТИ ПОЛИВА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РАСХОДНО-НАПОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ СРЕДНЕСТРУЙНОГО ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА АТОМ 15 FC2

Мищенко Н.А., кандидат технических наук, заведующий отделом сельскохозяйственного водоснабжения¹

Травкин В.С., младший научный сотрудник¹

Лебедев Д.А., младший научный сотрудник¹, аспирант кафедры Сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.; 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

²Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХ имени К.А. Тимирязева.

Аннотация. В статье приведены результаты исследований расходно-напорных характеристик, при которых достигается высокая равномерность распределения искусственного дождя по орошаемой площади. Проводились исследования турецкого дождевального аппарата Атом 15 FC2.

Ключевые слова: экологически безопасный полив, дождевание, дождевальные аппараты кругового действия, поливная норма, интенсивность дождя, равномерность дождя, орошение малых площадей, расходно-напорные характеристики.

В современной России с каждым годом увеличивается производство овощной продукции. По данным Минсельхоза России при небольшом сокращении площадей урожайность овощей борщевого набора в этом году выросла более чем на 20%. В 2023 году посевные площади под картофелем сократились до 1,07 млн га (с 1,109 млн га в прошлом году), площади остальных овощей открытого грунта - до 476,0 тыс. га (против 482,0 тыс. га). При этом урожайность в августе составила 310 ц/га, что на 20,2% больше, чем в 2022 году.

Решающим фактором повышения урожайности овощных культур в условиях искусственного земледелия является орошение. Самым применяемым способом полива овощных культур является дождевание. Одним из основных показателей оценки эффективности работы дождевальной системы является равномерность полива. При

орошении системами с применением дождевальных аппаратов, необходимые показатели равномерности достигаются за счет конструкции дождевальных аппаратов, их расстановки на орошаемом участке, подборе необходимых сопел и поддержанием соответствующих проектной документации расходно-напорных характеристик.

Одним из самых применяемых среднеструйных дождевальных аппаратов для полива овощных культур в открытом грунте в России является Атом 15 FC 2 производство Турция. Исходя из этого, сотрудниками ФГБНУ ВНИИ «Радуга» были произведены лабораторные исследования по изучению зависимости равномерности полива при изменениях давления на входе в дождевальный аппарат.

Целью данных исследований является выявление наиболее предпочтительных расходно-напорных характеристик, при которых достигается высокая равномерность распределения искусственного дождя по орошаемой площади.

Опыт производился следующим образом:

На экспериментальном участке устанавливался дождевальный аппарат на штативе, к нему с помощью шланга подключался электрический насос. От штатива с дождевальным аппаратом в 3 луча расставлялись дождемеры, расстояние между дождемерами – 1 метр, длина луча – 14 метров.

С помощью электрического насоса по шлангу вода подавалась к дождевальному аппарату с характеристиками 0,2 Мпа и 0,3 Мпа, время работы дождевального аппарата в обоих случаях 120 минут. Полученные данные сводились в таблицу. Повторность опыта трехкратная.

Для моделирования характеристик полива дождевального аппарата использовалась программа для ЭВМ «PMDR2.EXE» (Свидетельство о государственной регистрации № 2022667525).

Результаты исследований:

Атом-15FC 3,0атм. 120 мин. 1м. 18x18м сопло 5,5x3,2 мм

Таблица 1 - Результаты моделирования с расстановкой аппаратов по схеме прямоугольник при напоре 0,3 МПа

Исходные характеристики одиночного аппарата:	
Радиус действия, м	13,50
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,0605
Площадь покрытия, кв. м	572,6
Параметры расстановки:	
Расстояние между поливными трубами, м	18,00
Расстояние между аппаратами вдоль трубы, м	18,00
Основные характеристики распределения на учетной площадке:	

Площадь фигуры учетной площадки, кв. м	324,0
Средняя интенсивность дождя на учетной площадке, мм/мин	0,1070
Минимальная интенсивность дождя, мм/мин	0,0177
Максимальная интенсивность дождя, мм/мин	0,1717
Эффективная площадь полива, кв. м	201,0
Статистические характеристики распределения на учетной площадке:	
Коэффициент недостаточного полива	0,206
Коэффициент избыточного полива	0,174
Коэффициент эффективного полива	0,620
Коэффициент равномерности (по Христиансену)	0,753
Рекомендуемые параметры:	
Расстояние между поливными трубами, м	16,83
Расстояние между аппаратами вдоль трубы, м	16,83
Площадь фигуры учетной площадки, кв. м	283,2
Эффективная площадь полива, кв. м	233,6
Коэффициент эффективного полива	0,825

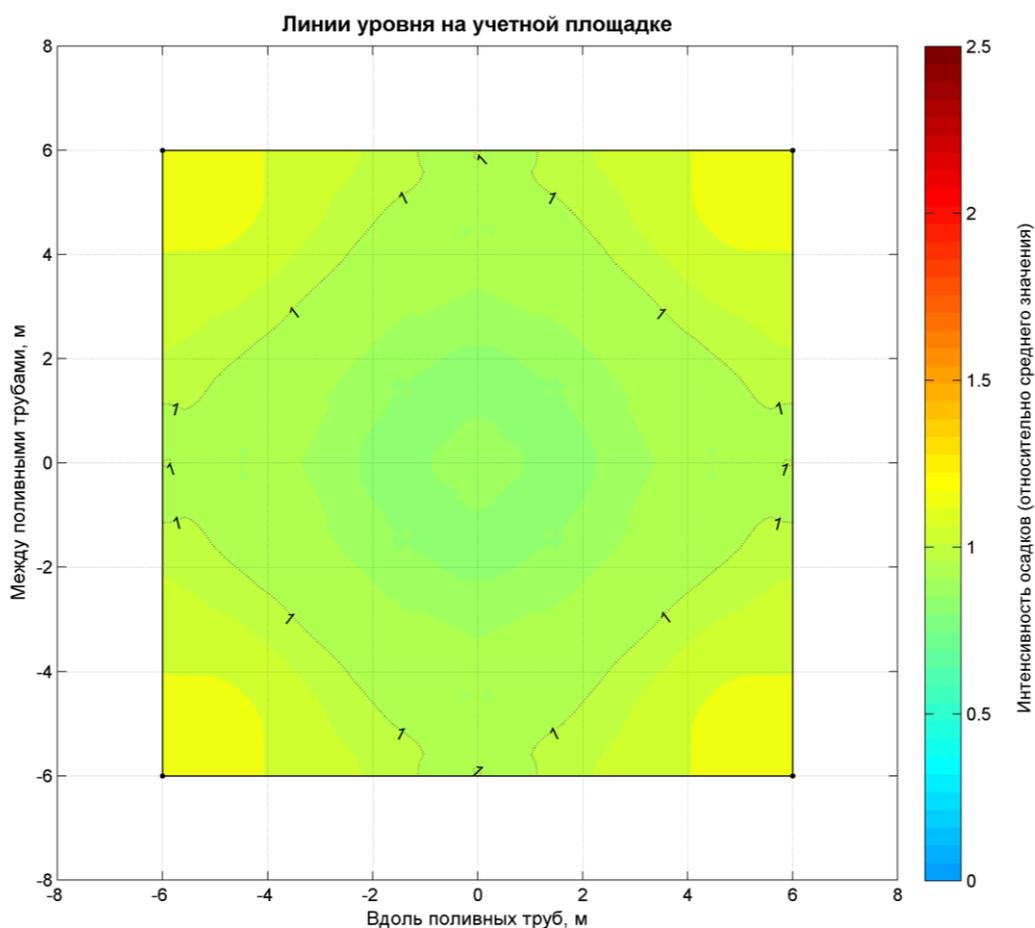


Рис. 1 Диаграмма интенсивности осадков при давлении 0,3 МПа

Таблица 2 - Исходные данные и параметры моделирования при напоре 0,3 Мпа

Параметры моделирования	
Схема расстановки аппаратов [0 - прямоугольник, 1 - треугольник]:	0
Расстояние между поливными трубами (высота фигуры), м:	18
Расстояние между аппаратами вдоль трубы (основание фигуры), м:	18
Расчет карты уровней эффективного полива [1 - да, 0 - нет]:	1
Вывод на экран графиков [1 - да, 0 - нет]:	1
Исходные данные по дождевальному аппарату при поливе по кругу	
Расстояние между дождемерами, м:	1
Время опыта, мин:	120
Площадь дождемера, кв.см:	100,3
Количество радиусов:	3
Количество дождемеров на радиусе:	14
Объем воды по всем дождемерам (строки - радиусы), куб.см:	
Первый луч	213 175 176 175 147 145 129 105 85 55 35 15 8 3
Второй луч	207 185 180 178 165 150 135 107 89 63 40 22 5 3
Третий луч	200 187 182 182 156 149 133 110 82 63 40 25 5 3

Атом-15FC 2.0атм. 120 мин. 1м. 18x18м сопло 5,5x3,2

Таблица 3 - Результаты моделирования с расстановкой аппаратов по схеме прямоугольник при напоре 0,2 Мпа

Исходные характеристики одиночного аппарата:	
Радиус действия, м	13,50
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,0546
Площадь покрытия, кв. м	572,6
Параметры расстановки:	
Расстояние между поливными трубами, м	18,00
Расстояние между аппаратами вдоль трубы, м	18,00
Основные характеристики распределения на учетной площадке:	

Площадь фигуры учетной площадки, кв. м	324,0
Средняя интенсивность дождя на учетной площадке, мм/мин	0,0972
Минимальная интенсивность дождя, мм/мин	0,0432
Максимальная интенсивность дождя, мм/мин	0,1649
Эффективная площадь полива, кв. м	119,1
Статистические характеристики распределения на учетной площадке:	
Коэффициент недостаточного полива	0,318
Коэффициент избыточного полива	0,315
Коэффициент эффективного полива	0,367
Коэффициент равномерности (по Христиансену)	0,668
Рекомендуемые параметры:	
Расстояние между поливными трубами, м	24,21
Расстояние между аппаратами вдоль трубы, м	24,21
Площадь фигуры учетной площадки, кв. м	586,1
Эффективная площадь полива, кв. м	245,5
Коэффициент эффективного полива	0,419

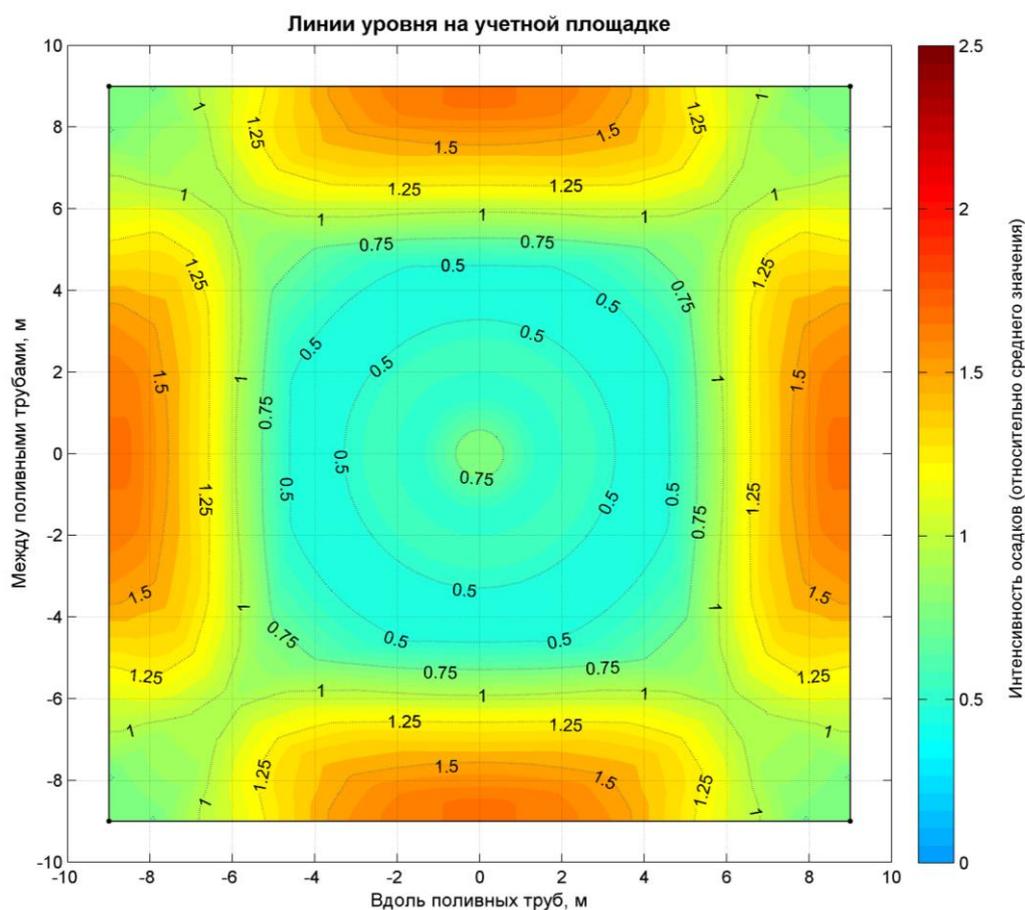


Рис. 2 Диаграмма интенсивности осадков при напоре 0,2 Мпа

Таблица 4. - Исходные данные и параметры моделирования при напоре 0,3 Мпа

Параметры моделирования	
Схема расстановки аппаратов [0 - прямоугольник, 1 - треугольник]:	0
Расстояние между поливными трубами (высота фигуры), м:	18
Расстояние между аппаратами вдоль трубы (основание фигуры), м:	18
Расчет карты уровней эффективного полива [1 - да, 0 - нет]:	1
Вывод на экран графиков [1 - да, 0 - нет]:	1
Исходные данные по дождевальному аппарату при поливе по кругу	
Расстояние между дождемерами, м:	1
Время опыта, мин:	120
Площадь дождемера, кв.см:	100,3
Количество радиусов:	3
Количество дождемеров на радиусе:	14
Объем воды по всем дождемерам (строки - радиусы), куб.см:	
Первый луч	73 53 61 52 52 65 83 89 83 80 57 39 15 1
Второй луч	80 55 72 48 44 60 81 95 104 80 60 51 24 1
Третий луч	87 53 56 47 43 55 73 91 96 87 72 57 40 4

Результаты исследований показали, что коэффициент равномерности полива при напоре на входе в дождевальный аппарат 0,3 Мпа равен 0,753, при 0,2 Мпа равен 0,668. Исходя из полученных данных, наиболее высокая равномерность достигается при напоре на входе в дождевальный аппарат равным 0,3 Мпа и расстановкой 18x18 м.

Список использованных источников

1. Ерхов, Н.С. О допустимой интенсивности искусственного дождя в различных почвенных условиях [Текст] / Н.С. Ерхов // Гидротехника и мелиорация. – 1974. - № 8. – С. 45-51.
2. Механизация полива: справочник [Текст] / Б.Г. Штепа [и др.]. – М.: Агропроиздат, 1990. – С. 117-119.

3. Рязанцев, А.И. Методические рекомендации по выбору критериев эффективности полива, производимого дождевальными аппаратами и насадками [Текст] / А.И. Рязанцев, В.В. Каштанов // Совершенствование средств механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве: сб. науч. Трудов РГСХА. – Рязань, 2003. – С. 34-35.
4. Московкин, В.М. Оценка капельно-ударных характеристик искусственного дождя [Текст] / В.М. Московкин // Гидротехника и мелиорация. – 1982. - № 3.
5. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов [Текст] / А.П. Исаев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 288-293.
6. Зверьков М.С. Численные исследования влияния эффективного давления искусственного дождя на разбрызгивание почвы / М.С. Зверьков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. - № 1(33). – С. – Режим доступа: <http://rosniipm>

УДК 631.6

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Мякишин Н.А., магистрант

miakshin_na@rgau-msha.ru

Каблуков О.В., кандидат технических наук, доцент

кафедры сельскохозяйственных мелиораций

o.kablukov@rgau-msha.ru

*Российский государственный аграрный университет-Московская
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия*

Аннотация: основная цель использования очищенных сточных воды является удовлетворение требований водопользователей по ее качеству, предполагающая производство регенерированной воды, свойства которой должны отвечать производственным водопотребностям и прочим хозяйственным нуждам производителей продукции растениеводства. Цели и режимы применения воды определяют степень необходимой очистки сточных вод, а также предъявляют требования по надежности и функциональности технологических процессов регенерации воды.

Ключевые слова: очищенные сточные воды, пригодность, водопотребность для орошения культур, уровни контроля качества, безопасность для общественного здоровья.

Введение. Водохозяйственные системы, использующие очищенные сточные воды для орошения, известны давно и имеют надежную технологическую базу для реализации многообразных способов применения сточных вод различного генезиса, в том числе мясоперерабатывающих и молочных предприятий. В качестве основных объектов систем, регенерирующих очищенные сточные воды, используются отстойники, пруды–накопители, резервуары и земельные поля орошения. Разработана надежная нормативная база в виде сводов правил, рекомендаций, руководств по проектированию, технических регламентов по эксплуатации подобного рода систем. Но широкое использование оросительных систем на сточных водах сдерживается рядом технологических, экономических, экологических факторов, и, самым главным среди прочих, гарантированное обеспечение общественного здоровья населения.

Методика научных исследований разрабатывалась на основе теоретических, экспериментальных, полевых, лизиметрических и лабораторных исследований в агропредприятии «Рощинское» в Республике Башкирия. При обработке и анализе

экспериментальных материалов использованы теория движения грунтовых вод, метод водного баланса, физическое и математическое моделирование, теория вероятностей и математической статистики [5, 61, 103]. За основу была принята методика научных исследований, разработанная ранее на кафедре сельскохозяйственных мелиораций РГАУ-МСХА им.К.А.Тимирязева.

Результаты и их обсуждение.

Преобладающими способами использования очищенных сточных вод (ОСВ) являются орошение сельскохозяйственных культур, орошение объектов ландшафтной архитектуры, использование технической воды на оборотных системах промышленного и энергетического производства, а также для маганизирования (пополнения запасов) грунтовых вод. После появления современных методов глубокой очистки наметилась тенденция использования ОСВ для решения задач благоустройства муниципальных территорий, для рекреационных и природоохранных целей, а также в случаях острого дефицита в пресных источниках их непосредственное использование в качестве питьевой воды [1,2].

Пригодность очищенных сточных вод для перечисленных видов использования зависит от согласованности объема имеющихся в наличии ОСВ и общей водопотребности для орошения культур в течение вегетации (или продолжительности поливного периода), а также от качества воды и специфических требований по ее использованию. Задача уравнивать производимые объемы очищенных сточных вод с водопотребностью культур на полях практически не решаемая. Необходимо учитывать способ утилизации или аккумуляции ОСВ в межвегетационный или межполивной период, когда орошение не требуется [2].

Использование воды для орошения несет определенные риски для общественного здоровья населения и окружающей среды, в зависимости от качества ОСВ. Уровень рисков также определяется особенностями культивируемых растений, методом орошения и уровнем агротехники, физическими и химическими характеристиками почвы и подстилающих грунтов, наличием грунтовых вод в подстилающих горизонтах, особенностями климатических условий региона (частота, сила и направления ветра) и некоторыми другими аспектами. Содержащиеся в стоках вещества (азот, хлор и др.), микроорганизмы и бактерии зачастую становятся источником загрязнения почвы, грунтов, поверхностных и подземных вод. При орошении стоками необходимо, в первую очередь, обратить внимание на азот, т.к. его соединения обладают высокой миграционной способностью, приводящей к попаданию их в грунтовые воды и накоплению в растениях до опасных для животных доз. Предельно допустимые концентрации (ПДК) нитратов для зеленых кормов не должны превышать 0,2 гр. на 1 кг сырого продукта; картофеля - 0,2 г/кг; свеклы - 0,8 г/кг; зернофуража - 0,3 г/кг и не выше 2,5 мг на 1 кг сухого вещества кормовых культур [3].

Химическое качество сточных вод – это результат взаимодействия исходного химического состава фоновой воды (воды, подаваемой для удовлетворения бытовых, промышленных и сельскохозяйственных нужд) и химического состава добавок и примесей, привнесенных в процессе использования воды в на производстве. В процессе использования воды в нее добавляют разнообразные вещества, которые в итоге определяют состав сточных вод, а также их физические, химические и биологические характеристики. Согласно основной классификации веществ, химические компоненты сточных вод делятся на органические и неорганические [4].

Органические вещества включают гормоны, фармацевтические препараты, средства личной гигиены, белки, углеводы, горюче-смазочные материалы, поверхностно-активные вещества, включая пестициды, микропластик, гуминовые вещества и другие химикаты бытового и сельскохозяйственного назначения.

К неорганическим веществам относятся хлориды, бор, азот, фосфор (некоторые соединения азота и фосфора также относят к органическим веществам), калий, сера и другие химические элементы, включая тяжелые металлы (например, цинк, марганец, медь, ртуть, серебро, хром, никель, свинец, кадмий) и фтор.

Для оценки компонентов сточных вод необходимо знать характеристики промышленных стоков, попадающих на очистные сооружения, то есть необходимо учитывать специфические параметры производственных процессов для определения компонентов, способных негативно повлиять на качество сточных вод, используемых для целей орошения посевов.

Основными факторами, определяющими пригодность ОСВ для использования, являются содержание патогенов по видам штаммов среди органических объектов, соленость, содержание соды, удельная ионная токсичность, концентрация тяжелых металлов, прочих химических элементов и питательных веществ.

Каждый из этих параметров может оказывать потенциальное негативное воздействие на сельскохозяйственные культуры, почву, поверхностные и грунтовые воды и состояние общественного здоровья населения.

Действующие нормы и правила определяют пороговые значения качества воды в зависимости от предельно допустимых концентраций растворенных токсичных веществ. В воде, используемой для питья, согласно ГОСТ Р 51232-9 «Вода питьевая», содержание нитратов регламентируется 45 мг/л. Кроме того, нормативные документы устанавливают разрешенные способы водопользования, гарантирующие защиту общественного здоровья и охрану окружающей среды с учетом региональных природно-климатических особенностей.

Агрономические ограничения по использованию ОСВ определяются качеством и составом растворенных загрязняющих веществ и примесей. Некоторые растворенные соли невозможно убрать обычными доступными методами очистки сточных вод. В проблемных ситуациях для предотвращения или минимизации потенциального вредного воздействия необходимо применять многоуровневые методы очистки, дополненные эффективными технологиями управления процессами водоподдачи и водораспределения, адаптированными агрономическими практиками и агротехническими приемами.

Присутствие в составе ОСВ питательных элементов плодородия оказывает благоприятное воздействие на продуктивность почвенных горизонтов и способствует экономии на фертилизации угодий (внесении удобрений).

В сточных водах содержится большое количество биологических объектов и организмов, появляющихся в результате попадания продуктов жизнедеятельности в систему сбора и удаления сточных вод [4].

В жидком навозе свиней среднее содержание питательных веществ составляет в%: азота - 7,7 калия - 0,27 фосфора - 0,65 кальция - 0,26 магния - 0,06.

Из микрокомпонентов присутствуют (в мг/кг при 10% содержании сухого вещества): В-3,6; Mn-0,18; Cu-1,9; Zn-35,8.

Содержание азота в стоках в зависимости от способов и сроков хранения значительно меняется. При хранении в пруда-накопителях происходит потеря азота, через 35 суток она достигает 11%, а через 125 суток - 29%. Количество фосфора, являющегося не менее ценным элементом в навозе, чем азот, также может уменьшаться при неправильном хранении. При этом происходят сложные биохимические процессы. Они связаны с ферментным гидролизом органических соединений. В результате образуются минеральные формы азота и других веществ, усваиваемые растениями.

Следует учитывать, что количество питательных веществ, таких как фосфор (P), калий (K), азот (N), поступающих с ОСВ в оросительный сезон, не всегда соответствует потребностям выращиваемых культур, при этом доступность питательных веществ зависит от их химической формы и концентрации в растворе. Нормирование питательных веществ определяют методы и способы использования ОСВ для орошения, установленные в руководящих положениях стандарта.

Качество и количество подаваемой ОСВ должно отвечать потенциальным целям использования, как с точки зрения охраны общественного здоровья, так и с точки зрения установленных для конкретного региона норм орошения и соблюдения требований агрономической практики для культур. ОСВ в большинстве случаев является резервным, но, в некоторых случаях, основным источником воды для орошения угодий агропромышленных

предприятий и производств в засушливом и полузасушливом климате. Объём и режим подачи ОСВ устанавливается с учетом наличия альтернативных водных источников и должен соответствовать уровню водопотребления орошаемых культур, водно-физическим и химическим свойствам почвы, природно-климатическим условиям.

При оценке преимуществ использования ОСВ для орошения следует обратить особое внимание на риски для общественного здоровья, включая безопасность и самочувствие персонала, а также возможные негативные воздействия на орошаемые культуры и состояние почвенного покрова. Необходимо произвести тщательный анализ на предмет оценки состояния и наличия необходимой инфраструктуры, включая планирование производственных объектов, выбор рабочей площадки, систему сбора и очистки сбросных вод, порядок использования ОСВ, транспортировку ОСВ до места хранения, доставку до конечного потребителя и утилизацию отходов.

Ключевые факторы безопасности для общественного здоровья и окружающей среды, надежности и безвредности систем использования ОСВ для орошения, следующие [14, 15]:

- обеспечение установленного уровня контроля качества ОСВ, гарантирующего функционирование оросительной системы в соответствии с производственным назначением и планом эксплуатационных мероприятий;
- разработка технологических регламентов и инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию водохозяйственных систем, гарантирующих их надежное, безвредное и долгосрочное функционирование;
- обеспечение совместимости качества используемой ОСВ, метода распределения воды, водно-физических и химических характеристик почв, видов и сортов культур, гарантирующей создание оптимальных условий для формирования урожая без негативных воздействий на почву;
- обеспечение адекватности качества ОСВ и методов их использования для хозяйственных нужд с целью предотвращения или минимизации возможного загрязнения грунтовых вод или поверхностных водных источников.

Следует принимать во внимание, что количество и интенсивность атмосферных осадков в вегетационный период влияют на принятие критериев и установление порядка проведения мониторинга веществ при орошении ОСВ, контролируемых по программе охраны общественного здоровья и окружающей среды.

Выводы. Для успешного развития программ и проектов использования ОСВ приоритетными элементами являются охрана общественного здоровья, полное исключение неблагоприятного воздействия на сельскохозяйственные угодья, объекты ландшафтной архитектуры городских территорий и окружающей среды. Для предотвращения

потенциального неблагоприятного влияния необходимо проведение научно-исследовательских работ и мониторинга параметров компонентов окружающей среды для обоснования оптимальных режимов использования сточных вод в каждом конкретном случае их применения.

Список использованных источников

1 . Каблуков, О.В. Ленд-девелопмент – новый профиль и направление природообустройства / Журнал «Природообустройство» №2 М.: ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, ISSN 1997-6011, 2015. – С.24-27.

2. Системы ленд-девелопмента для технологического сопровождения природообустройства (научная статья) Журнал «Природообустройство» №3 М.: ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, ISSN 1997-6011, 2015. – С.14-19.

3. ГОСТ Р ИСО О 16075-1-2023 Руководящие указания по использованию очищенных сточных вод для оросительных систем. Часть 1. Основные положения проекта по повторному использованию воды для орошения. file:///C:/Users/Oleg/Documents/ТСХА-%20МГУП%20эксплуат/Стандарты%20и%20Методички%20на%20реценз/ГОСТ%20на%20очистку%20окт%202022/ГОСТ

4. ПОСОБИЕ К ВНТП 01-98 «Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков»

<https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1703497729&tld=ru&lang=ru&name=vntp-01-98-pos.pdf&text=орошение%20животноводческими%20стоками&url=http%3A%2F%2Fcawater-info.net%2Fbk%2Fimprovement-irrigated-agriculture%2Ffiles%2Fvntp-01-98-pos.pdf&lr=213&mime=pdf&110n=ru&sign=a661bc60458a752f4da8d3a1b1092eed&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1703497729%26tld%3Dru%26lang%3Dru%26name%3Dvntp-01-98-pos.pdf%26text%3D%25D0%25BE%25D1%2580%25D0%25BE%25D1%2588%25D0%25B5%25D0%25BD%25D0%25B8%25D0%25B5%2B%25D0%25B6%25D0%25B8%25D0%25B2%25D0%25BE%25D1%2582%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B2%25D0%25BE%25D0%25B4%25D1%2587%25D0%25B5%25D1%2581%25D0%25BA%25D0%25B8%25D0%25BC%25D0%25B8%2B%25D1%2581%25D1%2582%25D0%25BE%25D0%25BA%25D0%25B0%25D0%25BC%25D0%25B8%26url%3Dhttp%253A%2F%2Fcawater-info.net%2Fbk%2Fimprovement-irrigated-agriculture%2Ffiles%2Fvntp-01-98-pos.pdf%26lr%3D213%26mime%3Dpdf%26110n%3Dru%26sign%3Da661bc60458a752f4da8d3a1b1092eed%26keyno%3D0%26nosw%3D1>

УДК 631.6

**ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ СТРАТЕГИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Капустина Т.А., кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

Медведева Е.В., научный сотрудник

Польщиков Н.А., младший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.: 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация: для повышения эффективности управления орошением разработана методология нормирования водопотребления и процесса орошения агробиоценозов. Учет непроизводительных потерь воды в оросительной сети и непосредственно на орошаемых полях также является значительным резервом повышения водообеспеченности. Однако, кроме разработки научно обоснованных, дифференцированных территориально и по годам режимов орошения, необходимо создание специализированной службы оперативного планирования и управления поливами с оптимизацией сроков и норм их проведения.

Ключевые слова: водосберегающая стратегия, рациональное водопользование, оросительные нормы, режимы орошения.

Мировой и отечественный опыт научно-производственной деятельности в отрасли мелиорации и водного хозяйства показывает, что за счет совершенствования методологии планирования водопользования эффективность орошения может быть повышена на 40-50%. Поэтому основной задачей при эксплуатации гидромелиоративных систем является точное нормирование водопотребления сельскохозяйственных культур и рациональное управление водными ресурсами при проведении поливов.

Возросшие требования к охране окружающей среды, в частности требования по рациональному использованию водных ресурсов, обуславливают необходимость строгого нормирования водопотребления в орошаемом земледелии, так как основной потребитель пресной воды на планете — сельское хозяйство.

На нужды последнего уходит более 60% потребляемой воды, причем ежегодный прирост безвозвратного водозабора составляет 4—5%. При сохранении существующих

темпов прироста населения и объемов производства человечеству грозит реальная опасность исчерпания пресноводных запасов воды.

Забор воды и ее распределение на гидромелиоративных системах производится согласно внутривладельческим планам водопользования, основу которых составляют режимы орошения возделываемых культур. К сожалению, применяемые на стадии планирования водопользования режимы орошения, не всегда научно обоснованы и нередко носят сугубо ориентировочный характер.

Выбор и обоснование мелиоративного режима агроландшафта, проектирование и разработка технологических схем эксплуатации мелиоративных систем, контроль и управление ими базируются, прежде всего, на оценке потенциала природной тепло-, влагообеспеченности, закономерностях распределения ресурсов тепла и влаги по территории, их изменчивости во времени. В состав показателей входят испаряемость, атмосферные осадки, влагозапасы в почве, уровень залегания и динамика грунтовых вод.

Сельское хозяйство в большей степени, чем какая-либо другая отрасль экономики зависит от внешних факторов, прежде всего от природно-климатических условий, воздействие природных циклов изменчивости которых обуславливает нелинейность развития сельскохозяйственного производства [1].

Следует разработать ряд эффективных управляющих воздействий, максимально нейтрализующих отклонения от норм в циклах динамики природных условий. Для этого необходимо установить объективные изменения природных факторов, возможность надежного прогнозирования и связанных с этим экономических потерь.

Основой расчета норм водопотребности являются оросительные нормы нетто и коэффициент потерь оросительной воды. Норма водопотребности – это укрупненный показатель, предназначенный для прогнозирования развития водного хозяйства, а именно потребности в водных ресурсах на перспективу 20–30 лет с выделением 5-и 10-летних уровней. Укрупненные показатели такого типа разрабатываются по крупным регионам на основе технологических норм орошения.

Для получения высоких и устойчивых урожаев на орошаемых землях режимы орошения должны конкретно учитывать биологические особенности возделываемых культур, местные климатические, почвенно-мелиоративные, погодные и другие условия, а также способы полива, технические средства и технологию полива. При этом должны учитываться также все изменения, которые неизбежно возникают на оросительных системах в процессе их эксплуатации. В условиях недостатка оросительной воды эксплуатационные режимы орошения должны предусматривать подачу экономически целесообразных оросительных норм с учетом наличных водных ресурсов и приоритетности орошаемых культур.

Соотношение между водозабором и водопотребностью меняется по годам с самым различным знаком. При этом следует отметить относительную стабильность фактического водозабора на орошение и площадей фактически политых земель по сравнению с изменчивостью по годам нормативной водопотребности. Например, по Московской области на протяжении 5 наблюдаемых лет водозабор на орошение устойчиво составлял 105 – 110 млн. м³, в то время как нормативная водопотребность изменялась от 0 до 83 млн. м³ [2].

В орошаемой земледелии укрупненные показатели по аналогии с оросительными нормами представляют собой удельное потребление воды на единицу орошаемой площади, так называемый *структурный поливной гектар*. Под последним понимается фиктивная единичная площадь орошения, на которой условно выращиваются все характерные для данного района сельскохозяйственные культуры в соотношениях, соответствующих принятым севооборотам и структуре поля.

Оросительные нормы брутто-поле $M_{бр}$ определены по формуле:

$$M_{бр} = M_n \cdot \eta_n,$$

$M_{бр}$ и M_n – оросительные нормы брутто и нетто;

η_n – коэффициент, учитывающий потери воды на поле в процессе полива.

Коэффициент потерь воды на поле при дождевании η_n включает:

- потери на испарение и унос ветром;
- на поверхностный сброс и глубинную фильтрацию;
- из трубопроводной сети в пределах поля;
- из открытой временной сети, на которой работают ДДА-100МА, ДДН-70, ДПН-100

и т.д.

Для примера приводится расчет η_n для условий Московской области. Потери воды на испарение и унос ветром при дождевании оказались равными 6,3% от водоподачи через насадки [2] в среднем за период вегетации (V-VIII месяцы). Потери на поверхностный сброс и глубинную фильтрацию, по данным службы эксплуатации, приняты на уровне 5%. Потери из оросительной сети вычислены как средневзвешенные с учетом применяемой техники полива и соотношения площадей с открытой и закрытой сетью. Они составили 6,6%.

В итоге коэффициент потерь воды на поле в условиях Московской области составил 1,15.

Устранение или уменьшение непроизводительных потерь воды в оросительной сети и непосредственно на орошаемых полях является значительным резервом повышения водообеспеченности существующих оросительных систем и увеличения перспективных площадей орошения.

В настоящее время осуществляются в широких масштабах как технические, так и организационно-экономические мероприятия по предотвращению непроизводительных потерь оросительной воды, однако острота проблемы, особенно в малообеспеченных водой регионах, требует наращивания усилий в этом направлении.

Оптимизация размера поливной нормы является одной из важнейших проблем эффективного использования оросительной воды и сохранения плодородия почвы.

В сложившейся ситуации основным резервом дальнейшего развития орошения и повышения его эффективности должно стать рациональное и экономное использование имеющихся водных ресурсов за счет совершенствования существующих и разработки новых технических и технологических средств и способов полива сельскохозяйственных культур. *Информационная технология федерального уровня должна способствовать интеграции новых сведений и повышению качества принимаемого решения.*

Таким образом, кроме разработки научно обоснованных, дифференцированных территориально и по годам режимов орошения, необходимо создание специализированной службы по реализации этих режимов. Без решения этих вопросов и внедрения их в производство дальнейшее повышение продуктивности орошаемого земледелия представляется проблематичным.

В этой проблеме для орошаемых земель одним из основных вопросов является *оперативное планирование и управление поливами с оптимизацией сроков и норм их проведения.*

Оперативное планирование эксплуатационных режимов орошения с использованием математических моделей и компьютерной технологии повышает точность рационального природопользования, в частности эффективность мелиорации на различных природно-ландшафтных территориях, адекватный выбор антропогенных воздействий, обеспечивающих экологическое равновесие природной среды и ресурсосбережение.

Эффективность таких систем, как правило, зависит от надежности каналов связи и уровня организационно-хозяйственной деятельности водопользователей, влияющих на принятие и реализацию практически решений по поливу. Для достижения наибольшего эффекта от орошения, особенно в условиях непрерывного нарастания дефицита водных ресурсов, оценка состояния и управления поливами должна проводиться систематически и при необходимости ежедневно. Такая периодичность оценки ситуаций и выработки на их основе управляющих решений на предстоящий (прогнозный) период позволяет с высокой надежностью оптимизировать сроки и нормы полива на каждом поливном участке. Во ВНИИ «Радуга» постоянно совершенствуются разработки в этом направлении [3 – 5]. Для оперативной корректировки эксплуатационных режимов орошения разработаны и

продолжают совершенствоваться компьютерные программы и информационные базы данных, применение которых позволит снизить оросительные нормы, сократить материально-технические и энергетические затраты на 20 – 25%, обеспечить прирост урожайности до 1т/га сена многолетних трав и до 2 т/га овощей, сэкономить водные ресурсы до 15 – 20%.

Список использованных источников

1. Ольгаренко Г.В., Капустина Т.А., Аванесян И.М. и др. Оценка современного почвенно-климатического потенциала агроэкосистем и его трансформации под влиянием природных и технологических факторов с целью регулирования и оптимизации водного и пищевого режима почв на орошаемых землях Уральского ФО. Рекомендации. ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, 2008.
2. Капустина Т.А., Бочкарева А.И., Брыль С.В., Тарасенко Е.И. Водосберегающая стратегия при планировании внутрихозяйственного водопользования// Сборник научных докладов ВНИИГиМ 2009.
3. Щербина И.В. Применение информационных технологий для оценки регионального природно-ресурсного потенциала тепло-, влагообеспеченности сельскохозяйственных территорий агроландшафтов России. Сборник научных докладов 5-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. Коломна, 2008.
4. Оросительные нормы (нетто) и их внутрисезонное распределение для основных сельскохозяйственных культур по федеральным округам Российской Федерации. Рекомендации под общей редакцией д. с.-х. наук Ольгаренко Г.В. Коломна, 2007.
5. Нормирование водопотребления и режимы орошения сельскохозяйственных культур для природно-климатических зон Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского и Северо-Кавказского федеральных округов Российской Федерации: Методические рекомендации/ под общ. Ред. Г.В.Ольгаренко.-Коломна: ФГБНУ ВНИИ «Радуга», ИП Лавренев А.В., 2018- 108 с.

УДК 631

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ШИРОКОЗАХВАТНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ ТЕХНИКА КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

Костоварова И.А., кандидат сельскохозяйственных наук

Шленов С.Л., старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.; 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация: в статье рассмотрены актуальность использования отечественных научно-технических разработок и приведены технические характеристики широкозахватной дождевальной техники кругового действия

Ключевые слова: широкозахватная дождевальная техника, отечественные производители, импортозамещение, научно-технические разработки, технические характеристики.

Продуктивность орошаемых земель напрямую зависит от наличия и технического состояния гидромелиоративных систем, конечным звеном которых является оросительная техника. В Российской Федерации широкое распространение получил такой способ орошения как дождевание, который обладает следующими преимуществами по сравнению с другими способами: максимальная механизация и автоматизация полива, возможность оперативного регулирования влагозапасов в засушливые периоды, увлажнение приземного слоя воздуха и растений, возможность внесения с поливной водой минеральных удобрений и др.

В настоящее время в хозяйствах АПК эксплуатируется дождевальная техника, как импортного производства, так и отечественного, причем, доля, занимаемая отечественной оросительной техникой и оборудованием, не превышает в среднем 5%. По экспертной оценке, на 2020 год объёмы рынка импортных широкозахватных дождевальных машин были оценены в размере от 300...400 единиц в год, а шланго-барабанных – 120...130 единиц в год. Закупленные машины были применены в запроектированных и построенных оросительных системах [1].

Основными производителями широкозахватных дождевальных машин в России являются два крупных производителя – это ОАО «Казанский завод оросительной техники» и ООО «БСГ» с потенциалом выпуска 150-200 машин в год каждый и несколько более мелких ООО «АгроИдея», ОАО «АГИС Инжиниринг», ООО «Орсис» с потенциалом выпуска не

более 25-50 машин каждый. С 2017 года в РФ налажен выпуск шланговых барабанных дождевальных машин «Ниагара» (ОАО «Промтрактор-Вагон», Концерн «Тракторные заводы», Чувашская Республика) и «Харвест» (ООО «Завод Дождевальных машин», Волгоградская область) потенциалом выпуска 60-70 машин в год [2]. ООО «БСГ» так же осуществляет модернизацию и производство отечественной широкозахватной техники на территории России под маркой «Фрегат», применяя на машине дождевальные насадки и схему их расстановки на водопроводящем поясе, разработанные ФГБНУ ВНИИ «Радуга».

Согласно Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия и Программе Правительства России по импортозамещению [3, 4] разработка и выпуск средств орошения дождеванием является актуальной.

Отделом систем орошения дождеванием, ФГБНУ ВНИИ «Радуга» разработан целый ряд высокопроизводительных технических средств орошения, образующих искусственные осадки по своей структуре, близкие к естественным дождям «средней» силы, диаметром капель 0,8...1,2 мм, интенсивности до 0,25 мм/мин и равномерностью распределения по площади не менее 0,7 [5].

К классу широкозахватных дождевальных машин кругового действия относятся отечественные широкозахватные дождевальные машины «Фрегат» и «Кубань-ЛК1» работающие при непрерывном заборе воды из закрытой оросительной сети. Широкозахватные дождевальные машины используются для орошения полей среднего и большого объема. Радиус одной машины может достигать до 800 метров. В каждом случае оросительная сеть проектируется под нужды и характеристики отдельно взятого хозяйства, выбирается тип и модель дождевальной машины.

Одним из основных показателей качества дождевания являются интенсивность искусственного дождя, которая должна соответствовать впитывающей способности почвы, зависящей от ее водопроницаемости. Установлено, что средняя интенсивность естественных дождей изменяется от тысячной доли миллиметра до нескольких миллиметров в минуту. Интенсивность дождя должна быть такой, чтобы не разрушалась структура почвы, не образовались лужи и не повреждались растения. Для соблюдения этих условий капли дождя должны быть диаметром не более 1,0...2,0 мм, а интенсивность дождя в зависимости от типов почв (на песчаных и торфяных почвах 0,15...0,70 мм/мин, на супесчаных – 0,12...0,50 на суглинистых – 0,10...0,40, на глинистых – 0,02...0,10) [6].

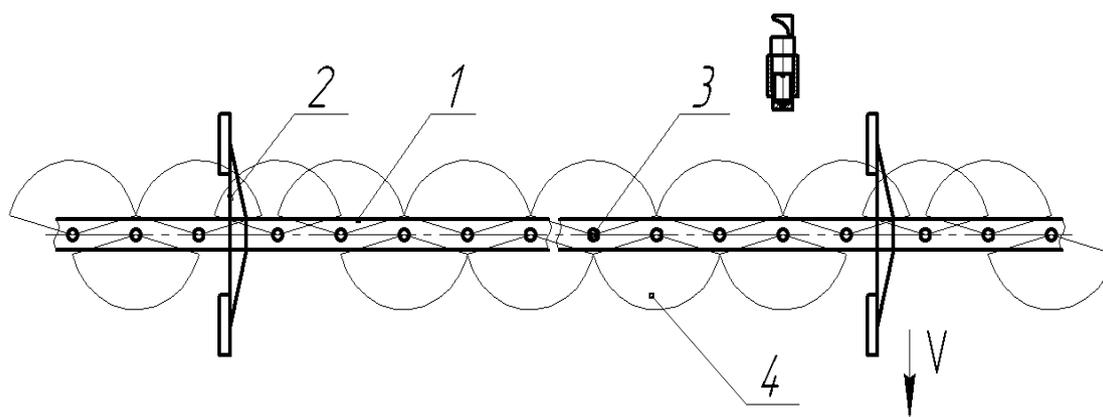
Дождевальная машина кругового действия ДМУ «Фрегат» с комплектом дождеобразующих устройств для работы на пониженном напоре.

Дождевальная машина кругового действия с гидроприводом «Фрегат» состоит из неподвижной опоры, многоопорного водопроводящего пояса с дождевальными аппаратами или насадками, имеет системы регулировки скорости перемещения, синхронизации и защиты от поломки. Всего за один свой оборот дождевальная машина способна обеспечить необходимую поливную норму.

Для повышения научно-технического уровня и достижения зарубежного, произведен ряд усовершенствований, в том числе модернизация дождевого пояса машины, на котором вместо среднеструйных дождевальных аппаратов установлен по оптимизированной схеме комплект экологически безопасных водоэнергосберегающих дождеобразующих устройств на основе разработанных низконапорных насадок секторного действия с улучшенными расходно-напорными характеристиками.

Схема комплектации водопроводящего трубопровода ДМ «Фрегат» дождеобразующими устройствами выбирается из условия, чтобы максимальная интенсивность дождя на поливе не превышала 1,2 мм/мин, а параметры дождевальных насадок, в зависимости от водопроницаемости почв, рассчитываются и устанавливаются по всей длине трубопровода машины с шагом расстановки 2,44 м и диаметрами сопел 2,5...8,0 мм.

Смежные дождевальные насадки устанавливаются так, чтобы факелы их дождя чередовались в шахматном порядке, т.е. были направлены в противоположные стороны относительно трубопровода, а факелы ближних к ходовым тележкам – в сторону противоположную движению машины (рисунок 1).



1 – трубопровод дождевальной машины; 2 – ходовая тележка;
3 – местоположение дождеобразующих устройств; 4 – формирование фронта дождя насадками; V – направление рабочего движения машины

Рис. 1 – Схема расстановки дождеобразующих устройств и карта формирования дождя модернизированного дождевого пояса ДМ «Фрегат»

В концевой части машины для увеличения площади полива устанавливается концевой дождевальная аппарат, работающий по сектору.

Характеристики некоторых изготовленных модификаций модернизированных МДМ «Фрегат» с применением дождевальных насадок даны в таблице 1.

Испытания (ФГУ «Владимирская МИС») представленной модификации ДМУ «Фрегат-Н» подтвердили заданные в техническом задании показатели, в том числе расходные характеристики, коэффициент эффективного полива (0,75...079), производительность за 1 час сменного времени (0,12...0,69 га/ч), коэффициент использования сменного времени (0,93), средний диаметр капель дождя 0,98 мм. Машину было рекомендовано поставить на производство [7].

Таблица 1 – Характеристики изготовленных модернизированных ДМ «Фрегат» с применением дождевальных насадок

Модификация машины	Количество тележек, шт.	Расход воды общий, л/с	Требуемое давление на входе в ДМ, МПа	Количество дождеобразующих устройств		Концевой дождевальный аппарат (КДА)	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Сезонная нагрузка, га
				Короткоструйные насадки, шт.				
				с дросселирующим элементом	без дросселирующего элемента			
МДМ-А199-28	7	20	0,37	15	38	Двухсопловый КДА с расходом 4,0...5,0 л/с	0,29	15,8
МДМ-А229-32	8	32	0,39	14	72		0,31	20,2
МДМ-А362-50	13	50	0,48	13	94		0,36	47,1
МДМ-А392-50	14	40	0,44	13	104		0,41	54,6
МДМ-А417-55	15	55	0,53	13	116		0,45	61,2
МДМ-Б409-80	14	45	0,42	13	111		0,39	59,1
МДМ-Б434-90	15	70	0,50	13	123		0,49	66,1
МДМ-Б463-90	16	80	0,54	13	133		0,52	74,9
МДМ-Б488-90	17	80	0,61	23	145		0,55	82,6

Машина дождевальная электрифицированная круговая (МДЭК) «Кубань-ЛК-1» с комплектом дождеобразующих устройств экологически безопасного полива

Водопроводящий трубопровод машины представляет собой ферменную конструкцию, опирающуюся на тележки-опоры. Количество тележек зависит от размеров орошаемого поля и изменяется от 4 до 13 штук. С одной стороны машины расположена неподвижная опора со стояком и поворотным коленом для забора воды из оросительной сети, а с другой – консоль, поддерживаемая тросами [8].

МДЭК «Кубань-ЛК1» осуществляет полив дождеванием при движении по кругу, к центру неподвижной опоры подведена вода и электроэнергия.

Надежность работы и простоту обслуживания обеспечивают автоматические системы управления и защиты машины, позволяющие осуществлять круглосуточный полив в автоматическом режиме, и при необходимости, автоматически прекращать полив в заданном месте поля.

Орошение поля производится дождевальными аппаратами или насадками, расположенными на водопроводящем трубопроводе (принцип расстановки аналогичен ДМ «Фрегат»). Норма полива регулируется в пределах от 53 до 950 м³/га в зависимости от длины (модификации) машины и устанавливается путем изменения средней скорости движения машины с помощью таймера на пульте управления машины, основные технические показатели в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические показатели «Кубань-ЛК1»

Обозначение модификации машины	Количество опорных тележек, шт.	Длина машины, м	Расход воды при нулевом общем уклоне, л/с	Орошаемая площадь, га	Давление воды на входе в машину, МПа	Интенсивность дождя средняя (при номинальном расходе воды), не более, мм/мин	Слой осадков за проход (в пределах регулирования), мм
МДЭК-589-90	13	589	90	111,2	0,43 ^{+0,5}	0,66	9,5...95
МДЭК-551-82	12	551	82	96,4	0,39 ^{+0,05}	0,72	9,3...93
МДЭК-512-75	11	512	75	83,6	0,36 ^{+0,05}	0,7	9,1...91
МДЭК-474-70	10	474	70	72,1	0,35 ^{+0,05}	0,63	9,1...91
МДЭК-435-65	9	435	65	61,1	0,33 ^{+0,05}	0,64	9,1...91
МДЭК-397-55	8	397	55	50,3	0,31 ^{+0,05}	0,7	8,5...85
МДЭК-358-45	7	358	45	41,2	0,28 ^{+0,05}	0,63	7,5...75
МДЭК-309-35	6	309	35	31,0	0,26 ^{+0,05}	0,60	6,7...67
МДЭК-260-25	5	260	25	22,1	0,25 ^{+0,05}	0,50	5,5...55
МДЭК-212-20	4	212	20	14,8	0,24 ^{+0,05}	0,47	5,3...53

В результате государственных испытаний усовершенствованной «Кубань-ЛК1» установлено, что комплект создаёт шадящий дождь мелкодисперсной структуры с низкой энергией ударного воздействия на почву и растения, также испытанный образец комплекта соответствует требованиям НД по показателям назначения, надёжности и безопасности и рекомендуется к постановке на производство [9].

Повышение эффективности использования отечественных научно-технических разработок может быть достигнуто только при активном участии государства и бизнеса, а

создание и широкое практическое использование ресурсосберегающей, экологически безопасной техники орошения нового поколения, соответствующей мировому уровню развития техники, позволит эффективно проводить политику импортозамещения как в сфере продовольственной безопасности страны, так и в отношении научных разработок.

Список использованных источников

1. Турапин С.С., Костоварова И.А. Современные задачи и перспективные пути повышения эффективности и надежности широкозахватных дождевальных машин // Экология и строительство. 2018. №3. С. 17–26. doi: 10.24411/2413-8452-2018-10011.

2. Турапин С.С., Костоварова И.А. Аналитический обзор, ретроспектива, география поставок и актуальная оценка потребности на Российском рынке шланго-барабанных дождевальных машин // Экология и строительство. 2021. № 1. С. 30–38. doi: 10.35688/2413-8452-2021-01-004.

3. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия" (с изменениями и дополнениями) [электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902361843> (Дата обращения 20.09.2023 г.).

4. Распоряжение Правительства РФ от 04.08.2015 № 1492-р О составе Правительственной комиссии по импортозамещению [электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420292418> (Дата обращения 20.09.2023 г.).

5. Турапин С.С., Костоварова И.А., Шленов С.Л. Разработка и испытания отечественной дождевальной техники // Техника и оборудование для села. 2015. № 11. С. 27–31.

6. Рязанцев А.И. Механико-технологическое совершенствование дождевальной техники. Монография-Коломна, ФГОУ Коломенский ИППК Минсельхоза РФ, 2003.

7. Протокол ФГУ «Владимирской МИС» №03-42-05 от 09.11.05 приёмочных испытаний дождевальной машины кругового действия ДМУ «Фрегат-Н» с комплектом дождеобразующих устройств для работы на пониженном напоре.

8. «Разработка конкурентно-способной электрифицированной дождевальной машины с усовершенствованным дождевым поясом, автоматическим управлением и энергосберегающими ходовыми системами на базе серийной ДМ «Кубань-ЛК1». Отчет о НИР/ Коломна. 2007. – 44 с.

Протокол ФГУ «Владимирской МИС» №03-37-05 от 28.11.05. приёмочных испытаний Комплект дождеобразующих устройств экологически безопасного полива для машины дождевальной электрифицированной круговой (МДЭК) «Кубань-ЛК1».

УДК 631.6

ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Мякшин Н. А. студент магистратуры группы Д-В228 направления Гидромелиорация института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова

(Научный руководитель - Кузина О. М. старший преподаватель кафедры Сельскохозяйственных мелиораций института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия, Тимирязевская улица, 49,

Москва, Россия, 127550

Аннотация: статья "Гидромелиорация и адаптация к изменениям климата" является обзором текущего состояния проблемы влияния изменений климата на гидромелиорацию. В статье рассматривается основная идея о том, что с учетом потепления климата необходимо пересмотреть режим мелиорации.

Анализируется влияние изменений климата на гидромелиорацию, роль гидромелиорации в адаптации к изменениям климата, а также технологии гидромелиорации для адаптации к изменениям климата. Также проводится обзор эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах и предлагаются рекомендации по применению гидромелиорации в этих зонах.

Заключительная часть статьи содержит обобщение текущих результатов и формулирование рекомендаций для дальнейших исследований и применения гидромелиорации для адаптации к изменениям климата.

Ключевые слова: гидромелиорация, изменения климата, адаптация, водоуправление, технологии гидромелиорации, климатические зоны, устойчивое землепользование.

Введение

Изменение климата является одной из главных проблем современности. Оно влияет на все сферы жизни, включая гидромелиорацию - комплекс мероприятий по улучшению земель путем осушения, орошения и дренажа. С изменением климата меняется и режим мелиорации, что требует адаптации существующих технологий и разработки новых.

Цель нашей статьи - проанализировать влияние изменения климата на гидромелиорацию и предложить рекомендации по адаптации к новым условиям. Для этого мы

рассмотрим существующие технологии гидромелиорации и их эффективность для адаптации к изменению климата, а также разработаем новые методы и технологии гидромелиорации.

Важность гидромелиорации в адаптации к изменению климата заключается в том, что она помогает сохранить и улучшить плодородие почв, увеличить урожайность и предотвратить засоление земель. Анализ эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах позволит нам выявить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона.

Примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации позволят нам проанализировать факторы успеха и возможности применения опыта в других регионах.

В итоге, наша статья представит обзор проблемы изменения климата и ее влияния на гидромелиорацию, а также предложит рекомендации по применению гидромелиорации для адаптации к изменению климата в различных климатических зонах.

Для достижения поставленных целей мы проведем анализ изменений климата и их последствий для гидромелиорации. Мы также рассмотрим роль гидромелиорации в адаптации к изменению климата. Далее, мы проанализируем существующие технологии гидромелиорации и их эффективность для адаптации к изменению климата. Мы также разработаем новые методы и технологии гидромелиорации, которые помогут адаптироваться к новым условиям.

Анализ эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах позволит нам выявить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Мы разработаем рекомендации по применению гидромелиорации в различных климатических зонах, которые помогут сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата.

Наконец, мы рассмотрим примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации. Мы проанализируем факторы успеха и возможности применения опыта в других регионах. В заключении мы обобщим результаты нашего исследования и предложим рекомендации по дальнейшим исследованиям и применению гидромелиорации для адаптации к изменению климата.

Изменения климата и их влияние на гидромелиорацию

Изменение климата - это одна из главных проблем нашего времени, которая оказывает влияние на все сферы жизни, включая гидромелиорацию.

Гидромелиорация - это комплекс мероприятий по улучшению земель путем осушения, орошения и дренажа. С изменением климата меняется и режим мелиорации, что требует адаптации существующих технологий и разработки новых. В данной статье мы рассмотрим влияние изменения климата на гидромелиорацию и предложим рекомендации по адаптации к

новым условиям. Мы начнем с анализа изменений климата и их последствий для гидромелиорации. Это поможет нам понять, как изменения климата влияют на гидромелиорацию и какие меры необходимо принимать для адаптации к новым условиям. Одним из главных последствий изменения климата является ухудшение качества почв, что приводит к уменьшению плодородия и урожайности. Кроме того, изменение климата приводит к увеличению количества экстремальных погодных условий, таких как засухи, наводнения и сильные ветры, что также оказывает негативное влияние на гидромелиорацию.

Для адаптации к изменению климата необходимо принимать меры по сохранению и улучшению плодородия почв, увеличению урожайности и предотвращению засоления земель. Одним из ключевых инструментов для адаптации к изменению климата является гидромелиорация. Гидромелиорация позволяет сохранить и улучшить плодородие почв, увеличить урожайность и предотвратить засоление земель.

Существующие технологии гидромелиорации могут быть эффективны для адаптации к изменению климата, но требуют адаптации к новым условиям. Разработка новых методов и технологий гидромелиорации также является важной задачей для адаптации к изменению климата. Анализ эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах позволит нам выявить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Разработка рекомендаций по применению гидромелиорации в различных климатических зонах поможет сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата.

Примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации также являются важным аспектом адаптации. Анализ факторов успеха и возможности применения опыта в других регионах помогут понять, какие методы и технологии гидромелиорации могут быть применены в других регионах и какие проблемы могут возникнуть при адаптации.

Технологии гидромелиорации для адаптации к изменениям климата

Гидромелиорация является одним из ключевых инструментов для адаптации к изменению климата. Она позволяет сохранить и улучшить плодородие почв, увеличить урожайность и предотвратить засоление земель. Существующие технологии гидромелиорации могут быть эффективны для адаптации к изменению климата, но требуют адаптации к новым условиям. Разработка новых методов и технологий гидромелиорации также является важной задачей для адаптации к изменению климата. Одним из методов гидромелиорации, который может быть эффективен для адаптации к изменению климата, является орошение. Орошение позволяет увеличить урожайность и сохранить плодородие почв в условиях изменения климата. Однако, для эффективного использования орошения необходимо учитывать особенности климата и почвенного покрова.

Другим методом гидромелиорации, который может быть эффективен для адаптации к изменению климата, является дренаж. Дренаж позволяет уменьшить затопление и увеличить плодородие почв. Однако, для эффективного использования дренажа необходимо учитывать особенности климата и почвенного покрова. Также существуют другие методы гидромелиорации, такие как осушение, которые могут быть эффективны для адаптации к изменению климата. Однако, для эффективного использования этих методов необходимо учитывать особенности климата и почвенного покрова.

Обзор существующих технологий гидромелиорации и анализ их эффективности для адаптации к изменениям климата позволит определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Разработка рекомендаций по применению гидромелиорации в различных климатических зонах также поможет сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата. Изменение климата оказывает значительное влияние на гидромелиорацию, которая является важным инструментом для поддержания плодородия почв и увеличения урожайности. С изменением климата меняется и режим мелиорации, что требует разработки новых технологий и методов гидромелиорации для адаптации к изменениям климата.

Анализ изменений климата и их последствий для гидромелиорации является важным шагом для разработки эффективных методов адаптации к изменению климата. Изменение климата может привести к увеличению или уменьшению количества осадков, повышению температуры, изменению влажности почвы и другим изменениям, которые могут оказывать негативное влияние на гидромелиорацию. Роль гидромелиорации в адаптации к изменению климата заключается в сохранении и улучшении плодородия почв, увеличении урожайности и предотвращении засоления земель. Существующие технологии гидромелиорации могут быть эффективны для адаптации к изменению климата, но требуют адаптации к новым условиям. Разработка новых методов и технологий гидромелиорации также является важной задачей для адаптации к изменению климата.

Обзор существующих технологий гидромелиорации и анализ их эффективности для адаптации к изменениям климата позволит определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Разработка рекомендаций по применению гидромелиорации в различных климатических зонах также поможет сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата.

Важно отметить, что разработка новых технологий и методов гидромелиорации для адаптации к изменению климата должна учитывать особенности климата и почвенного покрова каждого региона. Анализ эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах позволит определить наиболее эффективные методы и технологии для

каждого региона. Разработка рекомендаций по применению гидромелиорации в различных климатических зонах также поможет сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата. Примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации могут стать важным источником опыта для других регионов. Анализ факторов успеха и возможности применения опыта в других регионах помогут определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона.

Применение гидромелиорации в различных климатических зонах.

С изменением климата меняется и режим мелиорации, что требует разработки новых технологий и методов гидромелиорации для адаптации к изменениям климата. Применение гидромелиорации в различных климатических зонах может быть эффективным инструментом для адаптации к изменению климата.

Анализ эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах позволяет определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Разработка рекомендаций по применению гидромелиорации в различных климатических зонах также помогает сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата.

Важно отметить, что разработка новых технологий и методов гидромелиорации для адаптации к изменению климата должна учитывать особенности климата и почвенного покрова каждого региона. Также необходимо учитывать экономические и социальные аспекты применения гидромелиорации в каждом регионе. Анализ эффективности гидромелиорации в различных климатических зонах позволяет определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Например, в зонах с низкими осадками может быть эффективным применение технологий, которые позволяют сохранять влагу в почве, таких как капельное орошение. В зонах с высокими осадками может быть эффективным применение технологий, которые позволяют улучшить дренаж почвы, таких как системы дренажа.

Разработка рекомендаций по применению гидромелиорации в различных климатических зонах также поможет сельскому хозяйству адаптироваться к изменению климата. Например, в зонах с низкими температурами может быть эффективным применение технологий, которые позволяют увеличить температуру почвы, таких как использование пленок и теплиц.

Примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации могут стать важным источником опыта для других регионов. Анализ факторов успеха и возможности применения опыта в других регионах помогут определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона.

С изменением климата меняется и режим мелиорации, что требует разработки новых технологий и методов гидромелиорации для адаптации к изменениям климата. Применение

гидромелиорации в различных климатических зонах может быть эффективным инструментом для адаптации к изменению климата.

Примеры успешной адаптации к изменениям климата с помощью гидромелиорации

Гидромелиорация является важным инструментом для адаптации к изменению климата. С изменением климата меняется и режим мелиорации, что требует разработки новых технологий и методов гидромелиорации для адаптации к изменениям климата.

Примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации могут стать важным источником опыта для других регионов. Анализ факторов успеха и возможности применения опыта в других регионах помогут определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона. Одним из примеров успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации является проект в Кении, где была разработана система мелиорации для борьбы с засухой. В рамках проекта были построены каналы для сбора и хранения воды, а также системы капельного орошения, которые позволяют сохранять влагу в почве. Благодаря этим мерам удалось значительно увеличить урожайность и обеспечить продовольственную безопасность региона. Еще одним примером успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации является проект в Индии, где были построены системы дренажа для борьбы с повышенным уровнем воды в почве. Благодаря этим мерам удалось улучшить условия для выращивания культур и увеличить урожайность.

Анализ факторов успеха данных проектов показал, что важным фактором является учет особенностей климата и почвенного покрова каждого региона при разработке технологий и методов гидромелиорации. Также важным фактором является учет экономических и социальных аспектов применения гидромелиорации в каждом регионе.

В заключении можно отметить, что примеры успешной адаптации к изменению климата с помощью гидромелиорации являются важным источником опыта для других регионов. Анализ факторов успеха и возможности применения опыта в других регионах помогут определить наиболее эффективные методы и технологии для каждого региона.

Заключение

В результате анализа влияния изменений климата на гидромелиорацию можно сделать вывод о необходимости активного приспособления существующих методов и технологий гидромелиорации к новым климатическим условиям. С учетом потепления климата, требуется пересмотреть подходы к планированию и реализации гидромелиоративных мероприятий. Изменения климата непосредственно влияют на эффективность гидромелиорации, что требует более глубокого изучения и разработки новых стратегий для поддержания устойчивости

водоуправления и землепользования. Одним из ключевых аспектов является адаптация существующих гидромелиоративных технологий к изменяющимся климатическим условиям. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку инновационных методов гидромелиорации, способных эффективно адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям. Также необходимо провести масштабное изучение опыта успешной адаптации к изменениям климата с использованием гидромелиорации в различных регионах для выявления передовых практик и их возможного распространения.

Таким образом, предстоит продолжить исследования в области гидромелиорации с учетом изменений климата, чтобы обеспечить устойчивое водоуправление и землепользование в будущем, а также разработать рекомендации по применению гидромелиорации в различных климатических зонах, учитывая особенности каждого региона.

Список использованных источников

1. Гидротехнические мелиорации сельскохозяйственных и лесных земель: учебное пособие. Дубенок Н. Н.; Шумакова К. Б.; Калиниченко Р. В.
2. Суммарное водопотребление люцерны на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области = total water consumption of alfalfa on sod-podzolic soils of watersheds of the moscow region // Природообустройство / Prirodoobustrojstvo. – 2020. – Вып. 1. ПЧЕЛКИН В. В.; СУХАРЕВ Ю. И.; КУЗИНА О. М.; ВЛАДИМИРОВ С. О.
3. Закономерности изменения элементов водного баланса зоны аэрации при поливе столовой моркови = regularities of changes in the elements of the water balance of the aeration zone when watering table carrots // Природообустройство / Prirodoobustrojstvo. – 2021. – Вып. 5. ПЧЕЛКИН В. В.; ВЛАДИМИРОВ С. О.; КУЗИНА О. М.; ХЕРБЕИК БАССЕЛ
4. Водопотребление растений в нечернозёмной зоне России // Гидромелиорация земель и водное хозяйство : Коллективная монография. – 2022. – коллективная монография. Пчелкин В. В.; Кузина О. М.

УДК 631

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

Костоварова И.А., кандидат сельскохозяйственных наук

Шленов С.Л., старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.: 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация: в статье рассмотрены исследования по оценке равномерности распределения дождя и влаги по полю в зависимости от механического состава почвы различными дождевальными машинами кругового действия.

Ключевые слова: широкозахватная дождевальная техника, орошение, агрохимические показатели, влажность почвы, урожайность

Индустриализация аграрного сектора с упором на интенсификацию сельскохозяйственного производства ощутимо влияет на экологию и зачастую негативно сказывается на состоянии почвы и показателях почвенного плодородия. Поэтому почвосберегающие технологии являются актуальным направлением современного сельхозпроизводства.

Воздействие орошения дождеванием нельзя оценить односложно. Полив и дождевальная техника несомненно оказывает влияние на состояние почвенного плодородия. С одной стороны, благодаря поливу создается оптимальный режим влажности, за счет чего увеличивается коэффициент усвоения питательных элементов из почвы, происходит накопление пластических веществ в вегетативных и репродуктивных органах растений, а с другой стороны – за счет ударной силы дождя разрушаются агрономически ценные агрегаты, увеличивается плотность почвы, миграционная способность подвижных веществ, усиливается минерализация органических веществ. Необходимо отметить, что степень выраженности негативных явлений зависит от технических особенностей поливной техники, в частности интенсивности осадков [1].

На полях, расположенных в центральной части поймы р. Оки ФГБНУ ВНИИ «Радуга» проводились исследования по оценке содержания влажности в почве и равномерности распределения дождя различными дождевальными машинами кругового действия: ДМ

«Кубань-ЛК1», «Франс-Пивот» и «Валлей». Эти машины позволяют осуществлять полив в автоматизированном режиме, оказывая щадящее воздействие на почву и орошаемые культуры [2,3].

Для исследования были выбраны 5 полей (45...50 га) с различным набором культур, орошаемых вышеуказанными дождевальными машинами. Набор культур и схема опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Схема полевого опыта

Вариант опыта	Дождевальная машина	Поливная норма, м ³ /га	Культура
1	«Кубань-ЛК1»	200	Морковь, картофель
2	«Франс-Пивот»	200	Лук-севок, картофель
3	«Валлей»	200	Картофель

Культуры (морковь, лук-севок и картофель) возделывались по голландской технологии с высокими дозами внесения удобрений и интегрированной системой защиты растений.

Для изучения равномерности распределения осадков под дождевальными машинами (в начале, середине и конце машины) с трехкратной повторностью до глубины 60 см и интервалом 10 см во время поливного периода отбирались почвенные образцы на определение влажности. Кроме того, в начале и конце вегетационного периода отобраны почвенные образцы на определение агрофизических показателей почвы: гранулометрический состав, объемная масса, удельная масса, пористость аэрации, агрегатный состав, водопрочность почвенных агрегатов. Отбор проб производился в соответствии с ГОСТ 28168-89, ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84. Водопрочность почвенных агрегатов определялась методом сухого и мокрого распада по методу Савинова. Наряду с отбором почвенных образцов в дни их отбора проведены фенологические наблюдения за состоянием растений: фаза развития, высота растения, кустистость, длина корнеплодов. Наблюдения за растениями проводились в тех же точках, где осуществлялся отбор почвенных образцов. Повторность наблюдения трехкратная. По окончании вегетационного периода определена урожайность поливаемых культур методом учетных площадок, а также соотношение вегетативной и генеративной масс.

Для почв этой зоны характерно отсутствие оголения и ожелезнения. Это обусловлено наличием песчаных линз, обладающих высокой фильтрационной способностью. На нераспаханной части поймы структура комковато зернистая, хорошо выраженная. Почвы под естественным травостоем классифицируются как очень высоко обеспеченные фосфором (18...26 мг/100г) и низкообеспеченные калием (4,1... 5,7 мг/100г) и обладают благоприятными

не только химическими, но и физическими свойствами, поэтому широко вовлечены в земледелие. На этих почвах выращивают такие овощи, как капуста, картофель, свекла, морковь, лук и др. Однако за счет распашки почв характер структуры изменился – уменьшилось содержание агрономически ценных агрегатов размером 0,25...3,00 см. Количество гумуса сравнительно невелико (3,61...4,70). Реакция почвенного раствора – слабощелочная (7,2...7,6) (таблица 2).

Таблица 2 – Агрохимические показатели

Глубина отбора образцов, см	Содержание питательных элементов*, млн. ⁻¹					
	pH сол.	pH воды	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
0...10	<u>7,38</u>	<u>8,07</u>	<u>5,26</u>	<u>9,35</u>	<u>269,5</u>	<u>5,1</u>
	7,11	7,97	2,12	10,11	301,7	4,2
10...20	<u>7,55</u>	<u>8,40</u>	<u>5,26</u>	<u>2,67</u>	<u>249,4</u>	<u>5,4</u>
	7,42	8,25	2,73	8,12	271,5	4,1
20...30	<u>7,56</u>	<u>8,36</u>	<u>5,30</u>	<u>5,35</u>	<u>249,4</u>	<u>5,2</u>
	7,40	8,21	3,28	7,18	237,6	3,6
30...40	<u>7,60</u>	<u>8,43</u>	<u>5,20</u>	<u>4,00</u>	<u>259,4</u>	<u>5,3</u>
	7,56	8,21	3,01	5,19	212,3	4,1
40...50	<u>7,69</u>	<u>8,55</u>	<u>4,80</u>	<u>4,00</u>	<u>189,5</u>	<u>5,5</u>
	7,69	8,45	2,85	5,10	200,1	4,8
50...60	<u>7,71</u>	<u>8,56</u>	<u>5,3</u>	<u>2,67</u>	<u>209,4</u>	<u>5,7</u>
	7,69	8,56	2,97	3,15	190,3	4,3

Примечание: в числителе приводятся показатели в начале вегетационного периода, в знаменателе в конце вегетации

Результаты полученных исследований представлены на рисунках 1, 2, 3, где видно, что культуры поливались недостаточно. Особенно наглядно это прослеживается на моркови (рис. 1), где полив осуществляется ДМ «Кубань-ЛК1». Отставание содержания влаги от оптимальных параметров (60...80% ППВ) происходило от неправильной регулировки скорости движения машины и необеспеченном давлении в дождевом поясе машины. Так, по данным оператора он производил полив нормой 200 м³/га. Фактически же определенная нами поливная норма составила 85...91 м³/га по длине машины, т.е. поливная норма была занижена более чем в 2 раза. Полив такой маленькой нормой привел к тому, что под морковью влажность почвы была почти в 2 раза ниже оптимальных параметров, а под картофелем влажность почти не опускалась ниже 35% ППВ, в то время как на посевах моркови в отдельные сроки наблюдения, влажность снижалась до 18% ППВ (рис. 1). Это объясняется не только поливной нормой, но и технологией посева моркови, когда высокие гряды не

удерживали влагу, а наоборот способствовали ее более быстрому испарению, чем под картофелем, где сомкнувшаяся ботва предохраняла почву от перегрева, а следовательно, и от непроизводительных потерь влаги.

Под ДМ «Франс-Пивот» в распределении влаги в течение вегетации наблюдалась идентичная картина, что и под ДМ «Кубань-ЛК1». Кроме того, на равномерность распределения влаги под ДМ «Франс-Пивот» оказал влияние пестрый механический состав почв этого участка, где наряду с супесью встречались микропонижения с суглинистым и глинистым гранулометрическим составом. Так, под картофелем середина поля представляла собой ложину средне и тяжело суглинистой почвы, поэтому и влажность в этой части поля была выше оптимальных величин (рис.2-а) В начале и конце машины почва была представлена супесью. В этих частях поля влажность не превышала 55%, а в конце зоны действия машины опускались до 22% ППВ.



а
полив моркови



б
полив картофеля

Рис. 1 – Изменение влаги в пахотном слое почвы (% от ППВ)
ДМ «Кубань-ЛК1»



а
полив картофеля



б
полив лука-севка

Рис. 2 – Изменение влаги в пахотном слое почвы (% от ППВ)
ДМ «Франс-Пивот»

Такое же неравномерное распределение влаги по полю наблюдалось и на посевах лука-севка. На этом поле в начале машины находились почвы тяжелого механического состава, поэтому влажность почвы на этом участке находилась в оптимальных пределах (60...80% ППВ) на протяжении вегетационного периода, что сказалось и на урожае лука-севка, сухая масса которого была на 20% выше, чем на остальном поле, где влажность не поднималась выше 50% ППВ (рис. 2-б).

Необходимо отметить, что поле под картофелем (ДМ «Валлей») в основной своей части было представлено почвами тяжелого механического состава (тяжелый суглинок) за исключением 1/3 поля под концевой частью машины, где, как и под луком-севком преобладала песчаная фракция. В период массового выпадения осадков в июне влажность почвы, находилась в оптимальных пределах. В последующий период за счет эвапотранспирации влажность почвы под картофелем снижалась, особенно в той части, где отмечался легкий механический состав почв, где влажность почвы опускалась до 32 ...33% ППВ (рис.3). Проведение пробных поливов привело к подъему уровня влажности и даже выше оптимальных пределов (85 ... 87% ППВ).



Рис. 3 – Изменение влаги в пахотном слое почвы (% от ППВ) при поливе картофеля ДМ «Валлей»

Полевые исследования позволили произвести оценку воздействия дождевальных машин различных модификаций на урожай. Недополив и неравномерный характер распределения осадков сказались на урожайности культур, которая представлена в таблице 3. В отдельные сроки влажность почвы снижалась до 17...20% от ППВ.

**Таблица 3 – Урожайность сельскохозяйственных культур
под различными типами машин (ц/га)**

№ п/п	Тип дождевальной машины и орошаемая культура	Место учета урожайности по длине машины			
		начало	середина	конец	среднее
1.	ДМ «Кубань-ЛК1» (морковь)	533	333	333	400
2.	ДМ «Кубань-ЛК1» (картофель)	533	560	533	542
3.	ДМ «Франс-Пивот» (картофель)	336	298	353	329
4.	ДМ «Франс-Пивот» (лук-севок)	413	344	355	371
5.	ДМ «Валлей» (картофель)	600	560	493	551

Таким образом, обобщая экспериментальные данные по режиму влажности под различными культурами и машинами можно отметить, что на всех культурах отмечался дефицит почвенной влаги, на распределение которой по орошаемому полю оказывало влияние не только дождевальная техника, но и пестрота почвенного покрова по гранулометрическому составу. Также причиной недополива явилось несоответствие назначаемых фактических поливных норм в результате недостаточного давления воды на входе в машины.

Список использованных источников

1. Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Алдошкин А.А., Капустина Т.А., Костоварова И.А., Турапин С.С., Терпигорев А.А., Муравьев А.В., Савушкин С.С., Давшан С.М., Грушин А.В., Шленов С.Л. и др. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: Справочник. - М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 503 с.
2. Турапин С.С., Костоварова И.А, Шленов С.Л. Разработка и испытания отечественной дождевальной техники // Техника и оборудование для села. 2015. № 11. С. 27–31.
3. Турапин С.С., Костоварова И.А. Современные задачи и перспективные пути повышения эффективности и надежности широкозахватных дождевальных машин // Экология и строительство. 2018. №3. С. 17–26. doi: 10.24411/2413-8452-2018-10011.

УДК 631.67

**О ПОВЫШЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА ЗЕМЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ
ПОЛИВЕ ШИРОКОЗАХВАТНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ
КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ**

Мищенко Н.А. – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Рязанцев А.И. - доктор технических наук, профессор

Козлова Л.К. – старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.; 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация: проанализированы и освещены вопросы развития технологий и технических решений по поливу углов при эффективном использовании широкозахватных дождевальными машин кругового действия.

Ключевые слова: широкозахватные дождевальные машины кругового действия, полив угловых участков, повышение КЗИ.

В современном мире важнейшей задачей развития сельского хозяйства является обеспечение продовольственной безопасности. Согласно прогнозам для удовлетворения потребностей девятимиллиардного населения планеты к 2050 году производство продовольствия должно увеличиться на 70% [1]. Немаловажную роль на повышение урожайности с/х культур оказывает орошение. В России площадь орошаемых земель составляет 4,68 млн. га. 70% этой площади поливают широкозахватные дождевальные машины [2]. Широкозахватные дождевальные машины кругового действия составляют более 60 % площади, орошаемой широкозахватной дождевальной техникой.

При работе широкозахватных дождевальных машин кругового действия угловые участки полей различной конфигурации не поливаются. Площадь этих участков может достигать 27,4% от площади поливаемого круга, что приводит к недополучению урожая с/х культур и к исключению из орошаемого фонда значительной площади мелиорированных земель [3]. Невозможность полива площади углов полей приводит к осложнению и удорожанию сельскохозяйственных работ из-за разных сроков созревания растений на орошаемой и неорошаемой площадях углов полей.

Самыми распространенными у нас в стране в настоящее время являются широкозахватные дождевальные машины кругового действия с электроприводом «Фрегат» и «Кубань-ЛК1» или их аналоги.

Одним из актуальных является вопрос увеличения площади полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия.

Исследование направлено на изучение существующих технологий и технических решений по повышению коэффициента земельного использования и эффективности применения широкозахватных дождевальных машин кругового действия.

Решением вопроса полива углов, не орошаемых машинами кругового действия, специалисты, как у нас в стране, так и за рубежом, занимаются более 40 лет с периода появления этих машин в мелиорации.

Полив углов при орошении круговыми машинами пытались осуществлять с помощью использования таких технических решений, как:

- использование серийно выпускаемой дождевальной техники, в том числе шланговых установок и комплектов дождевального оборудования;
- создание стационарной сети на угловых участках с установкой дождевальных аппаратов;
- обеспечение работы дождевальных машин кругового действия с перекрытием их искусственного дождя;
- использование однопролетных дождевальных машин;
- установка дополнительного концевое звена, состоящего из одного пролета тележки, консольной части и дождевальных аппаратов;
- использование ипподромных систем, т.е. комбинация дождевальных машин двух типов – круговой и фронтальной и т.д.

В США при использовании дождевальных машин кругового действия, для полива угловых, не политых участков, разработаны дополнительные устройства, получившие название «устройства для полива углов».

При высокой стоимости земли в США рентабельность использования устройств для полива углов почти всегда гарантирована и экономически выгодна [4]. Дождевальные машины с поливом в движении по кругу работают за счет электрической или тепловой энергии. Электроэнергия вырабатывается генератором. Во многих конструкциях предусмотрен подвод энергии к неподвижной опоре. Если энергия подается от местной сети, то на конце участка устанавливается трансформатор.

Однако, во многих случаях, энергия вырабатывается непосредственно на участке при помощи генератора, соединенного с насосом; работает за счет тепловой энергии (дизельное

топливо, бензин, керосин). В зависимости от вида привода, гидравлического или электрического, затраты и потребление энергии будут неодинаковы.

Техническое решение для полива углов фирмы «Линдсей» заключалось в том, что дождевальная машина имеет на конце, противоположном неподвижной опоре, еще один выдвижной пролет с шарниром, который оборудован дальнеструйным дождевальным аппаратом. В устройстве для полива углов фирмы «Валмонт» общая длина водопроводящего пояса машины увеличена за счет концевой пролета, который вращается вокруг вертикальной оси последней опоры. На опоре установлен приемник магнитных импульсов, подающий сигналы колесам. Закрытый кабель прокладывается в специальной траншее.

Устройство для полива углов фирмы «Олсон» подобно устройству для полива углов фирмы «Валмонт», но концевой пролет поддерживается не одной, а двумя опорами, из них одна служит ведущей, что позволяет увеличить длину пролета при меньшей нагрузке на каждую из опор.

В устройстве для полива углов фирмы «Прингл» на конце водопроводящего пояса устанавливается половина дождевальной фермы, сообщаемой с водопроводящим поясом. Одно крыло заменено противовесом, на другом крыле установлены два небольших дождевальных аппарата.

Устройство для полива углов фирмы «Рейнке»- телескопического типа.

Пролеты водопроводящего пояса на конце машины могут входить один в другой или вытягиваться за счет включения в определенный момент двигателя. Таким образом, дождевальная машина имеет переменную длину и может последовательно удлиняться по мере приближения к диагонали квадрата орошаемого участка и затем уменьшается, давая возможность полностью орошать весь участок.

Американская фирма Valmont Irrigation является ведущей в мире в области разработки и производства дождевальной техники. Фирма известна в России с 60-х годов после приобретения по лицензии дождевальной машины кругового действия Valley. С 1974 года фирма выпускает круговые машины с угловыми системами, т.е. с устройствами для полива углов. Конструкция выглядит как добавление к машине еще одного дополнительного периферийного пролета, при этом такой пролет имеет возможность самостоятельного независимого от машины перемещения, причем кругового, с центром вращения в шарнире предпоследней опорной тележки. Совместно с дождевальной машиной последний дополнительный пролет осуществляет сложное движение: предпоследний пролет – переносное, а последний - относительное. Перемещением углового пролета управляют посредством специального кабеля подземной направляющей системы вручную или автоматически.

Сложное движение требует поворотов колес, и поэтому последняя тележка (рис.1) имеет сложную конструкцию, позволяющую осуществлять такие маневры. Осуществляется также управление и работой дождевальных аппаратов.



Рис. 1- Конструкция последней тележки дождевальной машины кругового действия фирмы Valmont Irrigation (США)

По данным фирмы размещение круговых машин с поливом углов по сравнению с обычными для США орошаемыми участками в 650 га позволяет дополнительно поливать 77га. Окупаемость - за 3 года.

В нашей стране также предлагались технические решения по поливу углов широкозахватными дождевальными машинами кругового действия.

Предложена дождевальная система с устройством для полива углов (рис. 2) [5]. Устройство для полива углов выполнено в виде дополнительных вращающихся напорных трубопроводов с разбрызгивателями, соединенных с подводящей магистралью питающими трубопроводами с гидрозатворами, а средство включения установлено на поворотной части неподвижной опоры и связано с упомянутыми затворами. Средство включения дополнительных напорных трубопроводов выполнено в виде кулачкового переключателя.

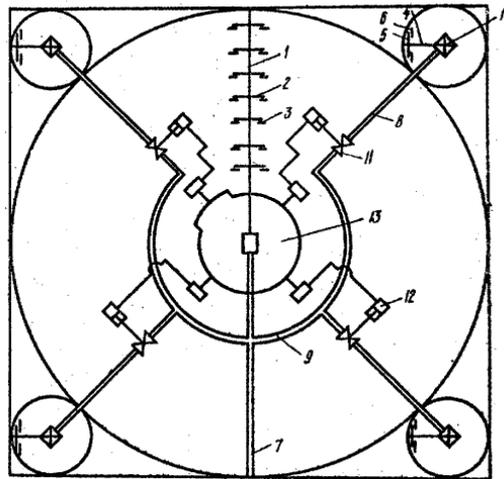


Рис. 2 - Принципиальная схема дождевальной системы

Дождевальная система состоит из основного вращающегося напорного трубопровода 1, который поддерживается опорами 2, на которых смонтированы приводные колеса 3. Дополнительные вращающиеся напорные трубопроводы 4 поддерживаются опорами 5, снабженными приводными колесами 6. Колесо 3 и 6 приводятся во вращение гидравлическими приводами.

Основной вращающийся напорный трубопровод 1 обеспечивает полив круговой части поля. Дополнительные вращающиеся напорные трубопроводы 4, поворачиваясь вокруг опор 10, орошают углы поля.

Система является простой в работе и управлении. Недостатком таких машин является возможность возникновения гидравлических ударов при переключении трубопроводов, что снижает надежность их работы.

УкрНИИГиМом предложено несколько устройств для полива площадей углов круговыми дождевальными машинами. Одна из разработок [6] заключается в том, что дождевальная машина снабжена размещенным на основном трубопроводе в месте шарнирного соединения клапаном с водовоздушным колпаком, причем упомянутый колпак соединен с основным трубопроводом с возможностью поворота и жестко с дополнительным трубопроводом. Для устойчивости машины при движении основной и дополнительный трубопроводы, соответственно, снабжены направляющими устройствами и мембранными фиксаторами, гидравлически связанными с трубопроводами (рис.3).

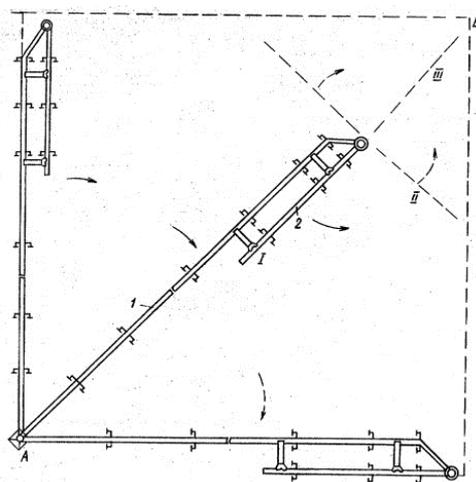


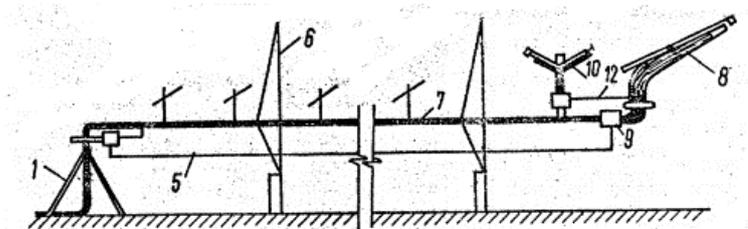
Рис. 3 - Схема дождевальной многоопорной машины кругового действия при движении вокруг опоры А и при остановке угла Б

Основной трубопровод движется вместе с дополнительным вокруг неподвижной опоры и осуществляет полив через дождевальные аппараты.

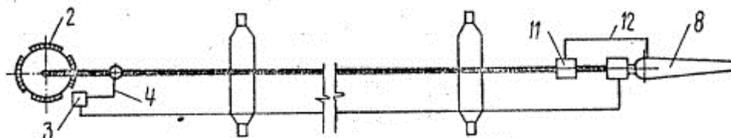
Движение основного и пустого дополнительного трубопроводов происходит до тех пор, пока конец трубопровода не остановится против одного из углов орошаемого поля. Движение дополнительного трубопровода вокруг основного происходит без полива до тех пор, пока он не повернется на угол 90° , затем клапаны открываются и происходит движение машины и полив через дождевальные аппараты. При подходе конца трубопровода к углу орошаемого поля включается дальнеструйный дождевальный аппарат.

УкрНИИГиМом также предложено техническое решение по использованию дополнительного трубопровода с газонаполненной емкостью при поливе площадей углов дождевальными машинами кругового действия. Дождевальная машина включает программное устройство управления поливом углов. Использование предлагаемой машины позволяет снизить металлоемкость и увеличить площадь полива на 5...7%.

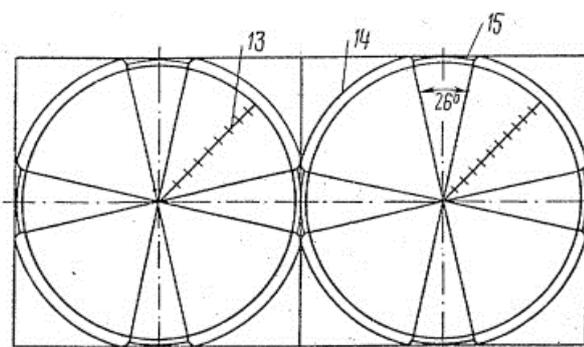
В рамках научно-технического сотрудничества с Болгарией предложено техническое решение полива углов многоопорной дождевальной машиной кругового действия [7]. Машина снабжена дополнительным среднеструйным дождевальным аппаратом с запорным клапаном, установленным на консольной части водопроводящего трубопровода рядом с дальнеструйным дождевальным аппаратом, проточная полость которого гидравлически связана с управляющей полостью запорного клапана дополнительного аппарата (рис.4)



а)



б)



в)

Рис. 4 - Схемы дождевальной машины кругового действия: а) вид сбоку; б) вид сверху; в) полив угловых участков. 1-неподвижная опора; 2,3-клапаны; 4,5-управляющие трубки; 6-самоходные тележки; 7-дождевой пояс; 8-дальнеструйный аппарат; 9-клапан; 10-дополнительный среднеструйный аппарат; 11-клапан; 12-трубка; 13-схема полива угловых участков; 14,15-угловые участки.

Принцип действия машины заключается в следующем.

В момент положения машины в угловом участке, т.е., когда кулачок неподвижной опоры 1 не взаимодействует с клапаном 3 и вода по трубкам 4 и 5 не подходит к клапану 9 и не закрывает его, работает дальнеструйный дождевальный аппарат 8. При этом вода по трубке 12 поступает в клапан 11, закрывает его, и среднеструйный аппарат 10 не работает. Клапаны 9 и 11 под действием пружин постоянно открыты. При подаче давления воды они закрываются, а при его снятии, под воздействием пружин открываются, обеспечивая слив оставшейся в них воды.

Установка в конструкцию консольной части дождевальной машины кругового действия дополнительного среднеструйного дождевального аппарата позволяет наряду с

увеличением площади орошения угловых участков обеспечить улучшение качественных показателей полива.

Имеются предложения фирмы AguaField по техническому усовершенствованию системы орошения углов дождевальными машинами кругового действия [8]. Внедрение предлагаемых фирмой AguaField усовершенствований системы орошения углов позволяет машинам кругового типа эффективно обрабатывать поля любых форм. Актуальной задачей является соответствующее переоборудование дождевальных машин с использованием эффектов самоориентации и самоустановки за счет изменения скорости подвижных опор и работы приводов опорных тележек.

Проведенные ВО «Союзводпроект» исследования по разработке путей повышения уровня продуктивного использования мелиорируемых земель, орошаемых дождевальными машинами кругового действия, показали, что использование для полива углов другой поливной техники сопряжено с большими дополнительными затратами средств и снижает уровень автоматизации процесса полива [9].

С целью полива углов при орошении машинами кругового действия заменой серийного концевого дождевального аппарата, например, ДМ «Фрегат» на дальнеструйный дождевальный аппарат ДД-30 с изменением конструкции подключения концевого аппарата занимались во ВНИИОЗ [10]. Нижние кромки патрубка и трубопровода совмещены, диаметр проходного сечения патрубка увеличен до 105 мм, что позволило сократить объем отложения взвешенных частиц, исключить забивание концевого аппарата растительными остатками. На различных модификациях дождевальных машин «Фрегат» были определены оптимальные размеры сопел для аппарата ДД-30.

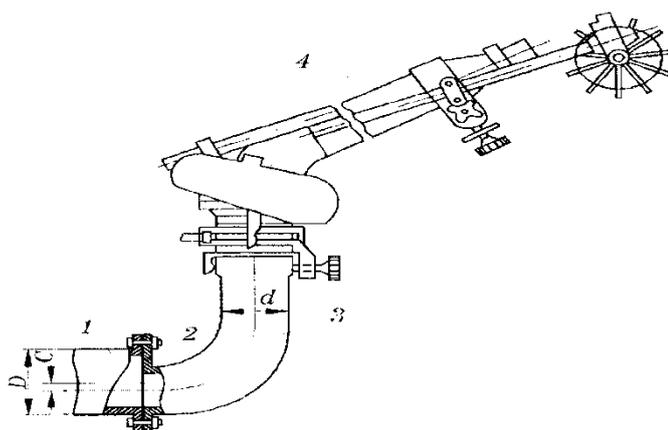


Рис. 5 - Концевой дождевальный аппарат ДД-30 с узлом присоединения к дождевальной машине «Фрегат»: 1 - трубопровод, 2 - концевой фланец, 3 - патрубок, 4 - дождевальный аппарат.

Для полива углов при орошении дождевальными машинами кругового действия использовалось даже внутрпочвенное орошение. В углах поля располагали стационарную сеть внутрпочвенного орошения. В Ростовской области, например, была запроектирована и построена сеть кротово-внутрпочвенного орошения, состоящая из двух оросительных трубопроводов длиной, соответственно, 90 и 115 м и диаметром труб 125...300 мм на участке 23га.

Во ВНИИ «Радуга» совместно с ВО «Союзводпроект» проводились некоторые исследования по разработке устройств для полива угловых участков при орошении дождевальной машиной кругового действия «Кубань-ЛК»[11]. Из всех технических решений минимальные дополнительные капвложения имеет вариант с применением дальнеструйного аппарата и бустерного насоса (рис.6)



Рис. 6 - Бустерный насос на последней опоре дождевальной машины

Основным недостатком в такой технологии орошения является то, что при срабатывании микровыключателя на неподвижной опоре машина останавливается и через 5...6 минут, когда включается насос и концевой аппарат, продолжает движение. Таким образом, при каждой остановке на орошение тратится лишняя вода, что приводит к ее неэкономичному расходованию. Предварительные испытания использования устройства для полива углов были проведены на девятитележечной машине «Кубань ЛК-1 » в агрофирме «Дружба народов» в Крыму. Основными факторами, ограничивающими применение концевых аппаратов различного типа, являются вес аппаратов и мощность электронасоса. Вес аппаратов нельзя увеличивать из-за прочностных характеристик консоли, а при увеличении мощности электронасоса возникает необходимость питать его электроэнергией по отдельному

кабелю, т.е. потребуются переделка схемы электропривода машины. Дальнейшие разработки по этому вопросу были прекращены.

Анализируя целый ряд технических решений по поливу углов при орошении полей широкозахватными дождевальными машинами кругового действия типа «Фрегат» и «Кубань – ЛК-1» следует отметить, что рассматриваемые устройства, полностью не обеспечивают достаточно высокого коэффициента земельного использования.

По ряду причин, таких как высокие капвложения, дополнительная потребность в трубах, трудности при работе разнотипной дождевальной техники, увеличение численности обслуживающего персонала, проблема полива углов, в основном, остается нерешенной.

Встает вопрос о разработке новых технических решений для полива площадей углов полей, способствующих увеличению КЗИ и эффективности использования мелиорированных земель.

Список использованных источников

1. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия. Краснодар: КубГАУ, 2016.-39с.

2. Ольгаренко Г.В., Турапин С.С. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России. М: Коломна, 2020

3. Рязанцев А.И., Агейкин А.В. Техничко- технологические решения для полива углов полей, орошаемых дождевальными машинами кругового действия. Сборник научных трудов ФГБНУ ВНИИ «Радуга» - Коломна, 2017

4. Перевод с английского: Mechanized sprinkler irrigation. FaO irrigation and Drainage Paper № 35, Rome 1982

5. Ценципер М.Л. и др. Дождевальная система. А.с. на изобретение №1014530А, Б.И.№16,1983

6. Гринь Ю.И., Фишер Э.В., Гарник В.К. Многоопорная ДМ кругового действия. А.с. на изобретение № 745443, 1980

7. Рязанцев А.И. и Гаджалска Н.(НРБ) Многоопорная дождевальная машина кругового действия. А.с. на изобретение №1784138А1 ,Б.И.№48,1992

8. Лепетухин К.Ю.О возможности использования дождевальной машины кругового действия для обработки полей сложной формы. //Техника и технологии, №3, 2020.

9. Винокур Е.Я. Технические решения по поливу углов полей на оросительных системах с ДМ «Фрегат» и их технико-экономический анализ. М: Труды ВО «Союзводпроект», №50, 1979.

10. Кузнецов П. И. Орошение углов полей дождевальными машинами кругового перемещения. Сб. науч. тр. - Волгоград: ВНИИОЗ, 1990.

11. Отчет по договорной работе 214.4 Разработать оросительные системы и технологические процессы полива с применением вновь разрабатываемых модификаций МДЭК «Кубань – ЛК» с устройством для полива углов орошаемого поля». Коломна, ВНИИМиТП, 1989.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
МЕЛИОРАТИВНОЙ ОТРАСЛИ АПК РФ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Угрюмова А.А., доктор экономических наук,

Замаховский М.П., кандидат физико-математических наук,

Паутова Л.Е., кандидат психологических наук,

Гришаева О.Ю., кандидат экономических наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.: 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация: в статье представлена концепция научного исследования по вопросу оценки потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли РФ.

Ключевые слова: отраслевая конкурентоспособность, мелиоративная отрасль, потенциал конкурентоспособности, оценка конкурентоспособности, индикаторы, экстенсивные факторы, интенсивные факторы.

В современных геополитических условиях развития отраслей АПК РФ основным принципом государственной аграрной политики является «единство рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, и обеспечение равных условий конкуренции на этом рынке» [1].

В настоящее время проблема конкурентоспособности национальной экономики РФ выходит на передний план [2-5]. Все виды конкурентных стратегий, способных обеспечить прорывное движение страны и сформировать её технологический и экономический суверенитет являются наиболее востребованными в социально-экономическом развитии страны, что во многом объясняется с беспрецедентным в истории ограничением для РФ внешних возможностей экономического роста и реализации собственного экономического потенциала.

Вместе с этим, оценивая специфику формирования конкурентной среды мелиоративной отрасли нельзя упускать из виду пространственную или региональную составляющую [6], которая объективно характеризует и выделяет те территории, в которых применение мелиорации даёт наибольший эффект, связанный с природно-климатическими особенностями местности.

За счёт опережающего развития мелиорации может быть заметно повышена производительность отечественного сельского хозяйства: на мелиорируемых (орошаемых и осушаемых) землях продуктивность увеличивается в 1,5-2 раза, позволяя удвоить получаемую урожайность, а создание орошаемых культурных пастбищ обеспечивает рост их продуктивности в 3-4 раза [7]. Именно такой взгляд позволяет оценивать развитие мелиорации не только через призму конкурентоспособности мелиорируемого земледелия, но и в тесной взаимосвязи с конкурентоспособностью всего национального сельского хозяйства.

Исследование потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ в современных условиях способствует реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [8; 9], так как предусматривает ответы российского общества на большие вызовы с учётом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, а также способствует противодействию техногенным, биогенным, социокультурным угрозам для общества, экономики и государства.

Тема исследования соответствует Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [10] поскольку, она направлена на выявление условий функционирования отраслей АПК РФ: на формирование конкурентоспособности путем выявления и создания явных преимуществ в научно-технологической, экономической, социальной, образовательной областях; обеспечение прироста объема производства продукции растениеводства на мелиорируемых землях, что, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к конкурентоспособности отрасли. Реализуемые меры государственной поддержки сельского хозяйства и государственного регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия направлены на развитие конкурентной среды на внутреннем рынке» [1] и на упрочнение национальной продовольственной безопасности страны. Реализация данного подхода к формированию конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК, как стратегического ресурса обеспечения продовольственной безопасности, предполагает разработанность нормативно-правового обеспечения и сопровождения на всех уровнях регулирования конкурентных отношений с учетом отраслевой специфики.

Данное научное исследование ориентировано на поиск резервов расширения мелиоративного потенциала страны, и поэтому сопряжено целям, обозначенным в Постановлении Правительства РФ от 14 мая 2021 г. «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» [11]. Всё вышеперечисленное определило необходимость изучения потенциала рабочей силы мелиоративной отрасли как основы

интенсивного, устойчивого и сбалансированного фактора ее конкурентоспособности, что, в свою очередь, соответствует Государственной программе Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» [8].

Научная новизна исследования заключается в обосновании методологии исследования потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли в АПК РФ в современных условиях; выявлении ведущих интенсивных и экстенсивных факторов формирования конкурентоспособности мелиорации по федеральным округам РФ, позволяющих более полно раскрыть потенциальные возможности развития мелиорации.

Цель исследования – изучение факторов формирования потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ в современных условиях экономики.

В качестве задач разработки темы были сформулированы следующие направления:

- определить научно-методологические основы исследования конкурентоспособности мелиорации;
- выявить преимущества и недостатки подходов, методов и методик оценки отраслевой конкурентоспособности в отечественных и зарубежных исследованиях;
- обосновать отраслевые индикаторы потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли, отражающие ее состояние и перспективы;
- разработать программу исследования и оценки потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ;
- сформировать массив данных по индикаторам экстенсивных и интенсивных факторов потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли по федеральным округам;
- проанализировать динамику индикаторов экстенсивного и интенсивного развития мелиоративной отрасли;
- подготовить заключение о перспективах экстенсивного и интенсивного развития мелиоративной отрасли в современных экономических условиях;
- разработать научно-методические рекомендации по повышению потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ.

В исследовании используются такие методы, как теоретический и практический анализ, систематизация информационно-аналитических материалов, логический и ситуационный анализ, маркетинговый анализ, применение статистических методов, в т.ч. пакета программ SPSS (Statistical Package for the Social Science), метод обработки первичных материалов и обобщения результатов.

В рамках настоящего исследования наиболее целесообразным и применимым к оценке потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ авторы считают

функциональный и комплексный методические подходы (рисунок 1).



Рис. 1 – Научно-методическое обеспечение оценки потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ

Источник: составлено авторами по материалам исследования.

Представленные методические особенности оценки потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли (рисунок 1) позволяют:

–учитывать особенности и показатели конкурентоспособности мелиорации как отрасли, не производящей конечную продукцию, а обеспечивающей ее эффективное производство;

–определять совокупность показателей конкурентоспособности, обеспечивающих расчет экстенсивных и интенсивных индикаторов потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли;

–обеспечить возможность использования и развития выявленных отраслевых конкурентных преимуществ и нивелирования или минимизации определённых конкурентных рисков;

– использовать выявленные преимущества конкурентоспособности мелиоративной отрасли в целях формирования стратегии управления мелиорируемым земледелием;

– разработать методику оценки интегрального показателя потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли на основе расчета групповых индикаторов.

Практическая значимость исследования заключается в:

– Разработке методики оценки потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли РФ.

– Формировании информационных баз данных индикаторов интенсивных и экстенсивных факторов потенциала конкурентоспособности мелиорации по федеральным округам РФ. Исследование интенсивных факторов потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ способствует реализации приоритетных направлений ее стратегического развития. Основными движущими силами интенсивного роста потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли являются человеческий капитал, научно-технические, технологические и инновационные ресурсы.

– Обосновании необходимости увеличения инвестиций в обновление и перевооружение мелиоративных фондов, строительство новых гидромелиоративных объектов, улучшение качества мелиоративных земель, кадровую составляющую отрасли способствуют повышению уровня конкурентоспособности мелиорации и увеличению возможностей её развития.

– Конкретизации тенденций изменения потребности в повышении квалификации работников мелиоративной отрасли, что определяет направления профессионального развития отраслевых кадров.

– Разработке научно-методических рекомендаций по повышению потенциала конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ.

Результаты данного научного исследования применимы для оптимизации процессов управления федеральных, региональных и муниципальных органов власти, позволят использовать полученную информацию в интересах водопользователей и отраслевых эксплуатирующих организаций, будут способствовать развитию информационной и методологической базы специализированных учебных курсов в системе профессионального образования.

Список использованных источников

1. О состоянии развития конкуренции в АПК // <https://mex.gov.ru/ministry/departments/departament-ekonomiki-investitsiy-i-regulirovaniya-rynkov/industry-information/info-razvitie-konkurentsii/> (дата обращения: 15.04.2023).

2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности» (в ред. Постановлений Правительства РФ от 12.11.2021 № 1933, от 12.02.2022 N 161). [Электронный ресурс]. URL: [file:///C:/Users/ugryu_000/Downloads/gosrp%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ugryu_000/Downloads/gosrp%20(1).pdf) (дата обращения: 23.03.2023).

3. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 9 июля 2019 г. № 388 «Об утверждении порядка и критериев отбора сельскохозяйственных товаропроизводителей (за исключением сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов), организаций и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих производство, первичную и (или) последующую (промышленную) переработку сельскохозяйственной продукции и ее реализацию, для заключения соглашений о повышении конкурентоспособности, а также формы соглашения о повышении конкурентоспособности». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72497042/> (дата обращения: 10.03.2023).

4. Стратегия развития конкуренции и антимонопольного регулирования в Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. Протоколом Президиума ФАС России от 03.07.2019 № 6) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fas.gov.ru/documents/685792> (дата обращения: 15.04.2023).

5. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». Консультант плюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/. (дата обращения: 10.04.2023).

6. Ресурсы и проблемы безопасности мелиоративной отрасли АПК России на современном этапе / Г. В. Ольгаренко, А. А. Угрюмова, О. Ю. Гришаева [и др.]; Под редакцией Г.В. Ольгаренко, А.А. Угрюмовой. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2023. – 228 с. – ISBN 978-5-466-03525-4. – EDN FREGML.

7. Набиев К. Значение мелиорации в повышении продуктивности земель – [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/78/511/27440.php> (дата обращения 15.06.2023).

8. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>. (дата обращения: 12.04.2023).

9. Государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72216664/>. (дата обращения: 15.04.2023).

10. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (с изменениями на 02 апреля 2022 г. согласно постановлению Правительства РФ от 02.04.2022 № 573). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70210644/>. (дата обращения: 15.04.2023)

11. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400773886/>. (дата обращения: 11.04.2023).

**НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭРОЗИИ
ПРИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ**

Булгакова Т.В., младший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.: 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются работы, посвященные исследованию эрозии при мелиорации. Рассматриваются численные способы прогноза факторов эрозии почв.

Ключевые слова: мелиорация, эрозия, научно-аналитический обзор.

Проблема охраны почв от эрозии с каждым годом становится все более актуальной. Это связано, во-первых, с осознанием выдающейся роли почвы в жизни биосферы, во-вторых, с признанием того факта, что почвенный покров России находится сейчас в критическом состоянии [1].

Большинство землепользователей в погоне за лучшими показателями урожайности не задумываются над процессами деградации почв, выбирая тот или иной способ агротехники растений. Между тем, значительные площади ежегодно исключаются из сельскохозяйственного оборота в результате нерационального использования земель и их деградации. Так, по состоянию на 2010 год в России более 67 % сельхозугодий подвержены эрозии. Причем ведущая роль принадлежит ирригационной эрозии [2, 3].

Водная эрозия подразделяется на многие виды: овражная (линейная) [58], ирригационная, капельная [4] и др. Прогноз эрозии требуется в мелиоративных изысканиях и является важным звеном в обосновании эффективности агротехнологических мероприятий при разработке проектов мелиорации и сохранении водных ресурсов [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Некоторые авторы указывают на целесообразность использования технологий цифровизации при проектировании этих мероприятий [12, 13, 14, 15, 16]. Особую важность приобретает прогноз эрозии в связи с исследованием вопросов, связанных с урожайностью культур на орошаемых землях [17, 18, 19, 20, 21, 22].

По степени проявления различают эрозию нормальную (естественную) и ускоренную (антропогенную). Первый процесс, как правило, протекает относительно медленно и не влечет значительного снижения плодородия почвы. Ускорение этого процесса связано с деятельностью человека и включает ирригационную эрозию, развивающуюся даже на пологих

агроландшафтах. Этот вид эрозии можно условно разделить на подвиды в зависимости от способа полива сельскохозяйственных культур.

Согласно классификации Ц. Е. Мирцхулавы возможны две формы смыва почвенных агрегатов: плоскостная и глубинная [23, 24, 25]. В соответствии с этой классификацией при плоскостной форме эрозии сам процесс и разрушение почвенных агрегатов, а также распространение продуктов разрушения происходит на некоторой площади. Глубинная формируется под действием движущегося потока воды, например, в руслах.

Г. И. Швобс виды водной эрозии систематизировал следующим образом: поверхностный смыв; струйная; овражная, русловая; селевая (образуется при движении селевых потоков); подземная (проявляется в деформации трещин и ходов в почвогрунтах и горных породах под действием потока); эрозия разбрызгивания (во время дождя) [26].

Плоскостная форма эрозии или плоскостной смыв на землях сельскохозяйственного назначения получили наибольшее распространение [27, 28, 29, 30, 31].

В нашей стране эрозию почвы изучали ученые В. В. Докучаев, В. Р. Вильямс и А. Н. Костяков. Ими было отмечено, что эрозия интенсивнее всего протекает на почвах, лишенных растительного покрова, с плохой водопроницаемостью и низким содержанием гумуса. Поэтому они предложили для борьбы и предотвращения эрозии улучшать физические свойства почвы и обогащать ее органическим веществом.

В. В. Докучаев пришел к выводу о том, что из-за многообразия факторов, которые обуславливают эрозию почвы, мероприятия по предупреждению и борьбе с этим явлением должны быть «систематичными и последовательными, как сама природа» [32, 33].

Академику В. Р. Вильямсу принадлежит учение о травопольной системе земледелия. В своем труде в качестве главной причины эрозии он указывает на бесструктурность пахотных почв [34].

А. Н. Костяков отмечает, что при увеличении крупности капель дождя усиливается удар, уменьшается поглощение воды и сильно возрастает размыв почвы. При этом потеря питательных веществ с 1 га орошаемого массива может быть выше, чем вынос их урожаем сельскохозяйственных культур. А чем лучше развиты растения, тем лучше они защищают почву [35].

Для расчета силы удара F капли дождя В. В. Састихин использовал следующую формулу:

$$F = 0,385\sqrt{d_d}d_d^3v, \quad (1)$$

где d_d – диаметр капли, см; v – начальная скорость капли, см/с.

А. П. Исаев для расчета силы удара о поверхность почвы использовал следующую зависимость:

$$F = \nu d_d^2, \quad (2)$$

где d_d – диаметр капли, см; ν – начальная скорость капли, см/с [36].

В. М. Московкин и В. Ф. Гахов так же исследовали расчетные зависимости для определения силы удара капли о почву. Было установлено, что чем большей конечной скоростью обладает капля, тем большее воздействие она оказывает на почву. Причем это воздействие больше у капель большего диаметра. Ими предложена формула:

$$F = \frac{\pi}{6} \rho_d d_d^3 \nu^2, \quad (3)$$

где ρ_d – плотность капли, г/см³ [37].

В. М. Московкиным получена формула для определения силы удара капель о почву, которая имеет следующий вид:

$$F = \frac{0,5 d_d^3 \rho_d \nu}{t}, \quad (4)$$

где t – время взаимодействия капли с почвой, г/см³ [37].

Н. М. Шевцов исследовал орошаемый дождеванием чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый. Им было установлено, что воздействию дождя подвергается 2...3 см слой почвы. Именно в этом слое наблюдалось интенсивное разрушение структурных агрегатов и образование корочки на поверхности почвы [38]. Такие же результаты получены К. К. Битюковым и А. М. Поспеловым [39, 40].

Оценке давлений и силы удара капель искусственного дождя, создаваемых дождевальными аппаратами, также посвящены работы Зверькова М.С. В работе [41] предложена формула для определения вертикального эффективного давления капель дождя при известном спектре дождевых капель.

Однако отдельными исследованиями установлено, что чем меньше содержится влаги в почве до полива, тем агрегаты при быстром воздействии на нее разрушаются быстрее и интенсивнее. А с повышением предшествующей влажности при высыхании почва агрегируется и структура становится более водопрочной [42, 43, 44]. Нужно отметить, что управление физическими свойствами почвы, например, применение почвенных кондиционеров – широко известный способ предупреждения эрозии почв при мелиорации [45, 46], а изучение свойств почв при эрозии – важный этап исследования [47, 48].

По данным А. И. Голованов слабоэродлируемыми можно считать почвы при ежегодной величине смыве $W_{\text{эп}}$ на уровне 3 т/(га·год), среднеэродлируемыми – до 10; сильноэродлированными – более 20 т/(га·год) [49]. Количество вымытого гумуса при эрозии можно оценить по формуле:

$$G_{\text{эп}} = W_{\text{эп}}G/(10^4 \gamma h), \quad (24)$$

где $W_{\text{эп}}$ – ежегодная величина смыва, т/(га·год); G – содержания гумуса, т/га; h – мощность слоя; γ – плотность почвы, т/м³;

Получили распространение расчетные способы оценки количества разбрызганной почвы. Большинство из этих зависимостей являются эмпирическими и полученными для конкретных почвенно-климатических условий.

Р. Р. С. Morgan предложил формулу для определения массы разбрызганной почвы в зависимости от кинетической энергии дождя:

$$D = K_d K E^b, \quad (25)$$

где D – масса оторванных ударным действием капель дождя частиц почвы, мг; K_d – коэффициент сопротивления, зависящий от типа почвы, мг/мДж^b; KE – кинетическая энергия капель, мДж; b – безразмерный показатель степени, зависящий от гранулометрического состава почвы [50]. Показатель b изменяется в пределах от <1 для крупнозернистых песков и >2 для глин и суглинков [51].

А. О. Гаврилица предложил эмпирическую зависимость для определения массы разбрызганной почвы:

$$D = 0,01mK(5,5i_{\text{mg}} - 66), \quad (28)$$

где D – масса разбрызганной почвы, т/га; m – поливная норма, мм; K – коэффициент, учитывающий тип дождевальной машины; i_{mg} – мгновенная интенсивность дождя, мм/мин [52].

Х. З. Низар определял массу разбрызганной почвы при орошении разными дождевальными машинами путем расстановки дождемеров на исследуемой площадке. Это позволило установить, что при одинаковой крупности дождя (диаметр капель 1,2 мм) при поливе машиной «Днепр» ДФ–120Б – 05 количество разбрызганной почвы в два раза больше, чем при поливе машиной «Кубань-ЛК1». В то же время интенсивность дождя i_m у «Днепра» (0,16 мм/мин) меньше, чем у «Кубани» (0,23 мм/мин) [53]. Также Х. З. Низар капельную эрозию характеризовал и величиной (толщиной) почвенной корки, образующейся после полива. Дождевальная машина «Днепр» формировала корку толщиной 5...6 мм, а машина «Кубань-ЛК1» – 0,5...1 мм. При этом дождевальная машина «Днепр» вызывала уплотнение почвы на 0,1 г/см³, а машина «Кубань-ЛК1» – не вызывала уплотнения.

В работах Зверькова М.С. также рассматриваются вопросы каплевой эрозии почв. Так в работе [54] приводятся результаты лабораторных исследований каплевой эрозии на различных почвенных образцах, отобранных в орошаемых хозяйствах Коломенского района Московской области. Также существуют и используются различные технические средства для оценки эрозионного действия дождя [55, 56, 57].

Выводы. Приведен научно-аналитический обзор литературы по вопросам эрозии почв. Рассмотрены аспекты возникновения ирригационной эрозии почв. Рассматриваются численные способы прогноза факторов эрозии почв.

Список использованных источников

1. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.
2. Ирригационная эрозия почв при поверхностных способах полива: научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ»/ составители: С. М. Васильев, М. А. Субботина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Фиошин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 44 с.
3. Романенков Г.А. и др. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России // М.: Росинформагротех, 2008. – 67с.
4. Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – Т. 3 (П-Я). – 440 с.
5. Костоварова И.А., Костоваров С.К. Современные тенденции к использованию средств защиты для орошаемого земледелия // Экология и строительство. – 2022. – № 2.
6. Комплекс мелиоративных изысканий при подготовке длительно не используемого участка для введения в сельскохозяйственный оборот / В.Е. Кижяева, В.О. Пешкова // Экология и строительство. – 2022. – № 1.
7. Эффективное управление водными ресурсами при орошении соевых агроценозов в Поволжье / В.А. Шадских, В.Е. Кижяева, В.О. Пешкова// Экология и строительство. – 2022. – № 2.
8. Костоварова И.А., Костоваров С.К. Основные агротехнические мероприятия по защите растений при возделывании огурца скороспелых сортов в современных теплицах // Экология и строительство. – 2022. – № 3.
9. Mammadov M.I. Morphogenetic diagnostics of dry subtropical zone soils of Azerbaijan and effect of grape plant on change of fertility parameters // Экология и строительство. 2023. № 3.
10. Mirsalahova L.M. The importance of fertigation-injection irrigation system in saving irrigation water // Экология и строительство. 2023. № 2.

11. Алиев З. Г. Методы заключительного полевого опыта в исследовании ирригационной эрозии на склоновых землях Азербайджана // Экология и строительство. 2017. № 3. С. 30–34. doi: 10.35688/2413-8452-2017-03-005
12. Касьянов А.Е. Маркерные участки цифровой мелиорации сельскохозяйственных земель // Экология и строительство. 2020. № 3. С. 21– 24. doi: 10.35688/2413-8452-2020-03-003.
13. Зверьков М.С., Смелова С.С. Анализ состояния участка осушительной мелиоративной системы по ортофотоплану и геоботаническим описаниям // International agricultural journal. 2022. № 2, 1-13
14. Зверьков М.С., Брыль С.В. Аналитический обзор подходов к оценке технического уровня гидромелиоративных систем // Экология и строительство. 2020. № 3.
15. Зверьков М.С., Брыль С.В. Исследования экологического состояния гидромелиоративных систем с помощью дистанционного мониторинга // Экология и строительство. 2020. № 4.
16. Зверьков М.С., Смелова С.С., Булгакова Т.Г. Создание «цифрового двойника» и ретроспективный анализ динамики состояния гидромелиоративной системы на эксплуатационном этапе ее жизненного цикла с использованием геоинформационных систем // Природообустройство. 2023. № 5
17. Чикалова Л.С. Эрозия почвы как фактор, оказывающий влияние на урожайность продукции сельского хозяйства // Экология и строительство. 2023. № 3.
18. Смелова, С. С. Закономерности влияния экологических факторов на урожайность сельскохозяйственных культур при мелиорации / С. С. Смелова // Вестник мелиоративной науки. – 2023. – № 1. – С. 16-20. – EDN MXEMIA.
19. Зверьков М.С., Смелова С.С. Научно-аналитический обзор методов прогноза урожайности сельскохозяйственных культур // Экология и строительство. 2023. № 2.
20. Смелова, С. С. Геосистемный подход в мелиорации / С. С. Смелова // Вестник мелиоративной науки. – 2022. – № 2. – С. 11-15. – EDN IYYOES.
21. Брыль, С. В. Экономические риски последствий эрозии как элемент оценки технического уровня гидромелиоративных систем / С. В. Брыль, М. С. Зверьков // Экология и строительство. – 2019. – № 2. – С. 43-49. – DOI 10.35688/2413-8452-2019-02-006. – EDN PGNKNT.
22. Zverkov, M. Environmental and economic costs of soil erosion on rural areas / M. Zverkov, S. Bryl, N. Murzak // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Albena, 18–24 августа 2020 года. Vol. 5.2. – Sofia: Общество с ограниченной ответственностью СТЕФ92 Технолоджи, 2020. – P. 227-234. – DOI 10.5593/sgem2020/5.2/s21.027. – EDN NESAZC.

23. Мирцхулава Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 239 с.
24. Дзядевич И. А. Предотвращение водной эрозии и борьба с нею на орошаемых землях // Гидротехника и мелиорация. – 1970. – № 9. – С. 26–30.
25. Кузьманенко Н. Е. Ирригационная эрозия почв и пути ее предупреждения // Гидротехника и мелиорация. – 1973. – № 7. – С. 44–48.
26. Железняков Г. В., Овчаров Е. Е. Инженерная гидрология и регулирование стока. – М.: Колос, 1993. – 464 с.
27. Ирригационная эрозия почв при поверхностных способах полива: научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ»/ составители: С. М. Васильев, М. А. Субботина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Финошин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 44 с.
28. Мирцхулава Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 239 с.
29. Господинов Б. Причины заболачивания и эрозии почв при орошении // Земледелие, агрохимия, мелиорация. – 1970. – № 11. – С. 22–27.
30. Мирцхулава Ц. Е., Лашкарашвили С. А. Установление допустимых скоростей при поверхностном поливе в условиях значительных уклонов площадей // Труды ГрузНИИГим. – Вып. 23. – Тбилиси, 1965. – С. 10–17.
31. Алиев З. Г., Хокума Каримова. Оценка состояния водно-земельных ресурсов Азербайджана // Экология и строительство. 2016. № 3. С. 23-26. doi: 10.35688/2413-8452-2016-03-004
32. Докучаев В. В. Избранные сочинения. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949. – Т. 2. – 425 с.
33. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 117 с.
34. Вильямс В. Р. Почвоведение. – М.: Сельхозиздат, 1951. – 471 с.
35. Костяков А. Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1951. – 750 с.
36. Исаев А. П. Оценка технологических возможностей дождевальной техники на основе определения допустимых норм полива: Улучшение эксплуатации оросительных систем и планировка орошаемых земель. – М.: Колос, 1982. – С. 67–78.
37. Московкин В. М. Оценка капельно-ударных характеристик искусственного дождя // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 3. – С. 39–41.
38. Шевцов Н. М. Определение структурного и агрегатного состояния почвы и ее плотности при дождевании: Дождевание сельскохозяйственных культур: сб. научн. трудов ВНИИМ и ТП. – Коломна: ВНИИМ и ТП, 1973. – Ч. 4. – С. 90–95.
39. Лебедев Б. М. Дождевальные машины. – М.: Машиностроение, 1977. – 222 с.

40. Поспелов А. М. Структура дождя при искусственном дождевании сельскохозяйственных культур: Дождевание – М.: 1940. – Т. 3. – С. 117–187.
41. Зверьков, М. С. Исследование давления капель искусственного дождя, создаваемого дождевальными аппаратами, на почву / М. С. Зверьков // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 73-77. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10820. – EDN VAGMLH.
42. Качинский Н. А. Структура почвы. – М.: МГУ, 1963. – 100 с.
43. Бекаревич Н. Е. Изменение водопроницаемости в связи с различной начальной скоростью увлажнения почвы // Почвоведение. 1949. № 11.
44. Поспелов А. М. Структура дождя при искусственном дождевании сельскохозяйственных культур: Дождевание – М.: 1940. – Т. 3. – С. 117–187.
45. Zverkov, M. S. Erosion control by application of soil conditioners: scientific review / M. S. Zverkov, M. A. Komissarov, Sh. I. Ogura // Экология и строительство. – 2020. – No. 2. – P. 41-48. – DOI 10.35688/2413-8452-2020-02-006. – EDN PAQLCH.
46. Касьянов, А. Е. Влияние полиакриламида на разбрызгивание почвы / А. Е. Касьянов, М. С. Зверьков // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 30-34. – EDN UFEYBP.
47. Сулейманов А.О. Агрофизическая оценка эродированных почв юго-восточной части Малого Кавказа и пути их регулирования // Экология и строительство. 2021. № 1. С. 20–29. doi: 10.35688/2413-8452-2021-01-003.
48. Гафарбайли К.А. Некоторые экологические аспекты оценки почв южного склона Большого Кавказа на примере Гахского района Азербайджана // Экология и строительство. 2021. № 2. С. 36–40. doi: 10.35688/2413-8452-2021-02-004.
49. Голованов А. И. Динамика запасов гумуса при мелиорации земель // Природообустройство. – 2014. – № 3. – С. 7–11.
50. Morgan R. P. C. Establishment of plant cover parameters for modelling splash detachment // Soil Erosion and Conservation. – 1985. – P. 377–383.
51. Sharma P. P., Gupta S. C., Rawls W. J. Sand detachment by single raindrops of varying kinetic energy // Soil Science Society of America Journal. – 1991. – V. 55. – P. 301–307.
52. Гаврилица А. О. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации // Почвоведение. – 1993. – № 1. – С. 77–84.
53. Низар Х. З. Влияние дождевания мелкодисперсного орошения на свойства почвы и на развитие кукурузы. Дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1993.
54. Зверьков, М. С. Исследование капельной эрозии почв / М. С. Зверьков // Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации: Материалы VI-ой международной (10-ой Всероссийской) конференции молодых ученых и специалистов, Коломна, 28 июня 2013 года. – Коломна: ООО "Риза Пресс", 2013. – С. 65-66. – EDN YONOBA.

55. Зверьков, М. С. Акустические маркеры крупности капель искусственного дождя / М. С. Зверьков // Природообустройство. – 2014. – № 5. – С. 19-21. – EDN TEXSRN.

56. Зверьков, М. С. Акустическая диагностика капельной эрозии почв / М. С. Зверьков // Природообустройство. – 2014. – № 3. – С. 38-42. – EDN STHXCF.

57. Патент на полезную модель № 155056 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/00, G01N 17/00, G01N 33/24. устройство для измерения динамического действия дождя на почву: № 2015107899/13: заявл. 05.03.2015: опубл. 20.09.2015 / М. С. Зверьков, А. Е. Касьянов. – EDN ZVUIAH.

58. Гурбанов, Э. А. Интенсивность овражной эрозии в аридных условиях на третичном плато Азербайджанской республики / Э. А. Гурбанов, С. Б. Вердиев, П. Ч. Газиева // Экология и строительство. – 2017. – № 4. – С. 8-15. – EDN XZTNBR.

**К РАЗВИТИЮ ТЕХНОЛОГИЙ МОСТОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

Мищенко Н.А. – *Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*

Рязанцев А.И. – *доктор технических наук, профессор*

Козлова Л.К. – *старший научный сотрудник*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.; 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы негативные последствия в растениеводстве от побочных воздействий ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву. Рассмотрен принцип действия агроустовых комплексов и их преимущества. Освещены вопросы развития мостовых агрегатов и новых технологий земледелия, в том числе на основе использования широкозахватных дождевальными машин.

Ключевые слова: уплотнение почвы, технология мостового земледелия, мостовые агрегаты, мелиорируемые земли, широкозахватные дождевальными машины.

Последствия воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву являются одной из основных технических проблем земледелия и растениеводства. Уплотнение почвы оказывает вредное влияние на водный, воздушный и питательный режим в почве за счет того, что уплотненная почва сильнее испаряет влагу, а, следовательно, является концентратом, к которому идет естественный приток влаги и растворенных в ней питательных веществ. Согласно технологическим процессам возделывания сельскохозяйственных культур, за сезон в поле выполняются от 5 до 30 операций. Следы от тракторов, сельскохозяйственных машин и транспортных средств занимают 20...50% обрабатываемой площади, поэтому при выполнении определенных операций происходит вынужденное уплотнение почвы, разрушение ее структуры, усугубляются процессы эрозии.

Для нормального развития сельскохозяйственных культур плотность почвы должна быть 1050...1400 кг/м³. При ранневесенней культивации на обыкновенных черноземах плотность почвы в слоях 0...0,1 и 0,1...0,2 м составляет, соответственно, 1310 и 1440 кг/м³, в колее трактора после прохода агрегата ДТ-75 с культиватором КПС-4 – 960 и 1060 кг/м³.

Современными почвообрабатывающими орудиями трудно довести переуплотненную почву повышенной или пониженной влажности до оптимального сложения. Обычно в

результате обработки такой почвы образуются глыбы и пылеватые частицы. В результате плодородие почвы сильно снижается.

С точки зрения экологии одной из проблем остается использование в сельскохозяйственных мобильных агрегатах двигателей внутреннего сгорания, установленных на тракторах, комбайнах, автомобилях и другой мобильной сельскохозяйственной технике. Более 30% жидкого топлива, произведенного в стране из нефти, потребляется сельскохозяйственными агрегатами. Мобильные производственные процессы по энергетическим затратам составляют более 60% всего объема работ в сельскохозяйственном производстве. Избежать вышеназванных недостатков позволит использование в растениеводстве мостовых агрегатов, качественно нового этапа в земледелии. Современные достижения науки и техники позволяют найти различные технические решения для создания агромоств, основанных на широком применении электроэнергии в мобильных процессах мостового земледелия, что дает возможность резко уменьшить уплотнение почвы и постепенно восстановить ее плодородие. Достигнуть снижения энергоемкости ВВП невозможно без внедрения новых, пусть даже необычных технологий.

Специалисты в области механизации и электрификации сельского хозяйства у нас в стране и за рубежом, рассматривая перспективы развития энергетических средств сельского хозяйства, высказывают мнение о том, что трактор потеряет свое значение как тяговое средство. Вместо него будут использоваться устройства, непосредственно приводящие в движение рабочие органы. Техника мостового земледелия будет отличаться от тракторного земледелия. Предварительные исследования показывают высокую эффективность применения мостовой технологии, которая содержит необходимые предпосылки для сохранения и умножения плодородия почвы при одновременном существенном повышении производительности труда.

Один мостовой агрегат может выполнять все необходимые операции: лущение, дискование, боронование, прикатывание, посев, культивацию, внесение удобрений, пестицидов, полив и ряд других, близких по энергоемкости операций.

Преимуществами мостовых агрегатов над тракторами являются:

- почва не подвергается воздействию со стороны ходовой части моста, тем самым не наносится ущерб плодородию;
- создается возможность автоматизации всех технологических процессов по возделыванию сельскохозяйственных культур;
- значительно увеличивается производительность за счет увеличения ширины захвата, скорости движения, возможности круглосуточной работы, осуществления прямолинейного или кругового движения;

- использование электроэнергии вместо ДВС;
- создание условий для эффективного внедрения системы программирования урожая.

Основным недостатком мостовых систем является их большая материалоемкость.

Рассматривая историю развития мостового земледелия, отмечаем, что его родоначальником считается английский инженер Халкотт, который еще в 1861 году предложил проект первого моста. Металлическую ферму своего необычного моста он установил на две опоры, но опоры не в виде свай или столбов, а использовал два паровоза. Английская патентная служба выдала изобретателю патент на чудо-мост, а сам процесс его использования стали называть мостовым земледелием.

Вслед за Халкоттом, к идее мостового земледелия самостоятельно выходили несколько изобретателей различных мостовых устройств, на которые они получали патенты.

В довоенный и послевоенный периоды идея мостового земледелия не получила развития. В последующие годы все попытки создания агромостов оставались на любительском уровне.

В 1931 году проект моста, устанавливаемого на поле, предложил учитель из Подмосковья М.А.Правоторов, назвав свой мост «Мостовым станом» [1]. Над своим проектом он работал несколько десятилетий, многократно пытаясь его внедрить, но патента так и не получил. Построить свой мостовой стан даже в виде опытного экземпляра М.А.Правоторову не удалось.

В 80-х годах инженер В.Д. Тимонин предложил конструкцию агромоста, подобного разработке М.А.Правоторова, но и она была отвергнута из-за большой металлоемкости [2].

Анализ научно-технической и патентной литературы свидетельствует о том, что специалисты начали возвращаться к проблеме мостового земледелия в 80-е и 90-е годы. Патентный поиск по СССР, например, показывает, что в 60-70-х годах абсолютно отсутствуют авторские свидетельства на изобретения, а с 1980 до 1990 г. имеется примерно 40 изобретений на мостовые устройства для сельскохозяйственных работ. Наибольшее их количество приходится на 1987-1990 гг. Этими вопросами занимались такие организации, как ВНИИГиМ, ВИЭСХ, ВИСХОМ, МГМИ, ВИМ, ВНИИ "Радуга".

За рубежом активность в области разработки мостовых агрегатов отмечается уже в 70-е годы, что подтверждается патентами США, Великобритании, ФРГ, Нидерландов, Китая, Японии, Австралии, Чехословакии. Впервые мостовое земледелие стали применять и применяют до сих пор в Юго-Восточной Азии и Японии при возделывании риса. Мостовое земледелие уже более 20 лет активно используют в Европе и США, а настоящий «бум» оно переживает в Южной Америке, в частности, в Бразилии.

Бурное развитие современной техники определило новый виток в разработке мостового земледелия и мостовых агрегатов. Работы наиболее активировались в период 2000...2020г.г. Оформлен ряд патентов на способ и агрегаты мостового земледелия, изданы статьи и монографии по этому вопросу [1]. Опыт создания мостовых систем показывает, что их разработка идет в различных направлениях. Предлагаемые конструкции мостовых агрегатов колеблются от малых машин, обслуживающих участки площадью несколько десятых долей гектара, так называемых "микромостов" до крупных агротехнических комплексов и автоматизированных агрозаводов-гигантов [3]. В качестве крупного агротехнического комплекса инженер из Сибири Ю. Н. Жуков предложил свой проект моста для поля, который назвал «АМАК-системой» – (автоматизированный мостовой агротехнический комплекс). Работая в современном университете в непосредственной близости к последним достижениям электротехники, электроники и автоматики, Жуков буквально напичкал свой мост этими устройствами. Мост превратился в завод, но в завод полевой, динамический, самоходный. По сути, он предложил первый в мире проект завода-автомата для земледелия. Главное достоинство «АМАК-системы» заключается в том, что колёса технических средств не касаются поверхности активного угодья, на котором произрастают возделываемые растения. Это значит, что поверхность активного угодья не утрамбовывается, не переуплотняется, и в ней обеспечивается нормальный водный и воздушный режимы, благоприятные для растений и полезных микроорганизмов. Автор «АМАК-системы» до настоящего времени пытается внедрить разработку в производство.

Анализ отечественных и зарубежных мостовых агрегатов позволил классифицировать их по основным элементам конструкции и технологии работы (рис.1) [2]. Различные варианты мостовых агрегатов для растениеводства могут значительно отличаться друг от друга по конструкции и технологии работы. Каждый вариант имеет свои преимущества и недостатки.

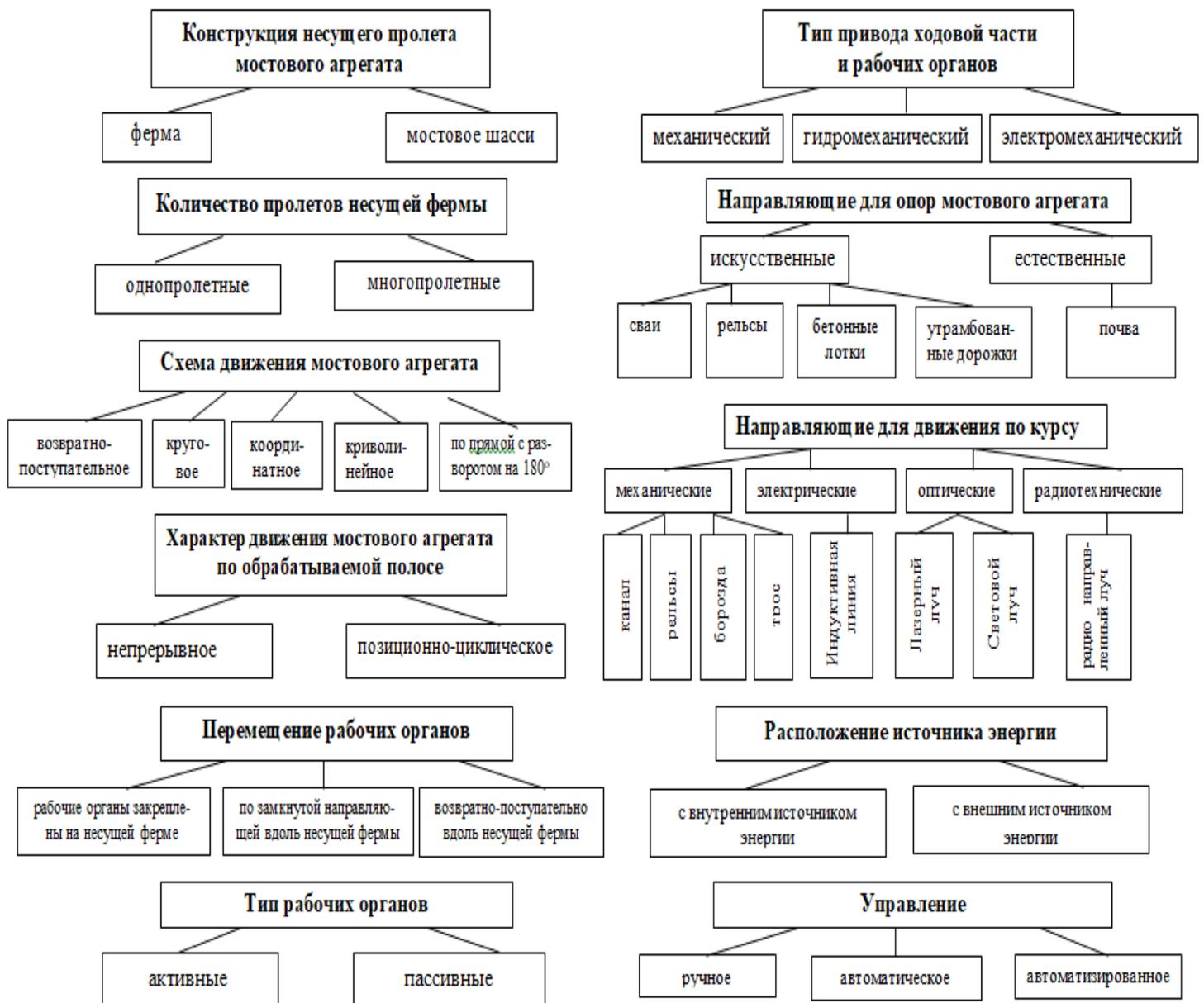


Рис. 1 – Классификация мостовых агрегатов

Приведенная классификация помогает упорядочить многообразие различных типов мостовых агрегатов, выбрать наиболее рациональные технические решения, разрабатывать модульные и перспективные агрегаты мостового типа [2].

В настоящее время у нас в стране широко применяются широкозахватные самоходные многоопорные дождевальные машины с фермами мостового типа. Их можно рассматривать как конструкции мостового типа, рассчитанные на малые тяговые нагрузки. Наиболее перспективными из них являются дождевальные машины типа "Кубань-ЛК1", имеющие централизованное электроснабжение, опорные тележки с электроприводом, фермы, системы орошения и автоматического управления. Ширина их колеи достигает 52,2м. На той же конструктивной основе, возможно организовать производство агромоств с колеей 15...20 м,

с несущей фермой из спаренных водоводных труб. При земледелии на участках площадью от 0,5 до 20 га можно создать модульные мостовые агрегаты на базе ферм, опорных тележек и других элементов указанных машин. Как показывает практика и расчеты ряда авторов, длина модульного агрегата не должна превышать 50...100 м.

Орошение может осуществляться различными поливными нормами. Имеется опыт внесения этими машинами с поливной водой питательных веществ, средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, химмелиорантов для улучшения структуры почвы.

Во ВНИИ «Радуга» проводились работы по использованию широкозахватных дождевальных машин в качестве мостовых агрегатов и разработке новой технологии земледелия. Новая технология основана на естественно протекающих процессах формирования плодородия почвы, нарастания и отмирания растительной массы. Агроприемы этой технологии ориентированы на копирование естественно протекающих в природе процессов и создание оптимальных условий формирования плодородия почв и произрастания растений.

Основные элементы мостовых агрегатов во многом схожи с элементами широкозахватных дождевальных машин типа «Кубань – ЛК1». Фермовый пролет с опорной тележкой принимался за отдельный модуль (рис.2).

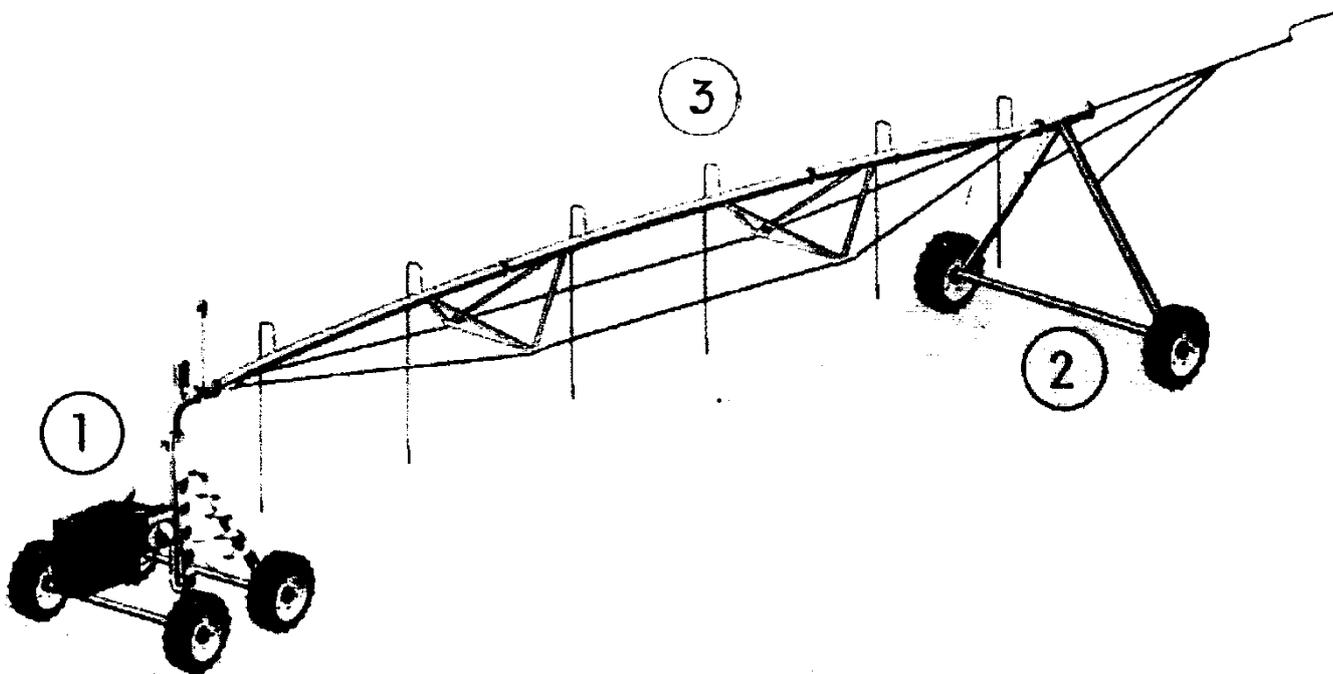


Рис. 2 – Типовой фермовый пролет для мостового земледелия

- 1 – неподвижная опора,
- 2 – самоходная тележка,
- 3 – фермовый пролет

Установлено, что электрифицированная дождевальная машина типа «Кубань – ЛК1» при доработке ее ходовых и дождеобразующих систем может служить базой и использоваться при создании мостовых агрегатов с незначительной конструктивной доработкой [4].

Большое разнообразие предложений по мостовым агрегатам для возделывания различных сельскохозяйственных культур свидетельствует об их актуальности и перспективности.

Работы по развитию мостового земледелия у нас в стране находятся на лабораторной стадии и остаются делом энтузиастов. За рубежом же, особенно в последние годы, реализация мостового земледелия в некоторых странах вышла на стадию производственной проверки.

Развитие мостового земледелия позволит придать сельскохозяйственному производству характер промышленного с механизацией, автоматизацией и компьютеризацией работ. Внедрение мостовых машин решит многие проблемы растениеводства, прежде всего, обеспечит энергосбережение и сохранение плодородия почв.

Научные исследования при создании мостовых агрегатов на базе широкозахватных дождевальных машин расширяют их функциональные возможности с целью выполнения всего комплекса экологически безопасных технологических операций и существенно сократят срок их внедрения.

Список использованных источников

1. Улексин В.А. Мостовое земледелие. Монография. Днепропетровск: Пороги, 2008.- 224с
2. Городничев В.И., Козлов Е.А. Агрегаты и системы мостового земледелия. М.:ЦБНТИ «Водстрой».1992.
3. Жуков Ю.Н. Автоматизированный мостовой агротехнический комплекс – АМАК. «Сеятели и хранители». Книга Ю.Н. Жуков – М.: Современник, 1992.
4. Турапин С.С., Рязанцев А.И. и др. Обоснование мостовых агросистем на базе многоопорных дождевальных машин. М.: Вестник сельскохозяйственной науки.2020.№6

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ САДОВЫХ КУЛЬТУР

Мищенко Н.А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»

(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), г.о. Коломна, Россия

тел.; 8 (496) 617-04-74, e-mail: prraduga@yandex.ru

Аннотация: рассмотрены вопросы изменения поливной нормы в зависимости от возраста садовых деревьев с привязкой к соотношению размеров корневой системы и кроны таких деревьев. Предложен комплект для полива садовых культур отвечающий агроэкологическим требованиям.

Ключевые слова: поливная норма садовых культур, подкрановое орошение садов, корневая система, быстроразборный комплект орошения.

Для поддержания оптимального водного режима в плодовых насаждениях необходимо знать какой объем активного корнеобитаемого слоя почвы необходимо промочить, как в горизонтальном направлении, так и в вертикальном. Определяющей задачей проектирования систем орошения древесных растений является установление параметров (площади) искусственно увлажняемой зоны и глубины увлажнения почвенного слоя при поливе. Известны рекомендации по назначению минимальной глубины увлажнения почвы (минимальной глубины контура увлажнения или увлажняемого почвенного слоя) которая составляет: для саженцев и (3-4)-летних плодовых древесных и кустарниковых растений - (0,5-0,6) метра, для плодоносящих кустарниковых - (0,6-0,7) метра, а для плодоносящих древесных косточковых - (0,6-0,8) метра, для семечковых - (1,0-1,5) метра и (1,0-1,5) для ореховых древесных растений. [1]

Методика определения формы, размеров и площади зоны увлажнения при капельном поливе имеет очевидные недостатки. Недостаток в привязке увлажняемой площади к площади питания растения, поэтому была выдвинута альтернативная ей концепция (гипотеза), суть которой заключается в определении необходимой площади увлажнения через площадь основной части корней корневой системы основной «массы». Выдвинутая концепция (подход) к определению необходимой площади увлажнения древесного растения предусматривает определение геометрических (линейных, площадных и объемных) параметров, формы и расположения зоны увлажнения.

Так в Московской области основная масса корней горизонтального направления расположена у яблони на глубине до 75 см, у груши - до 50 см, у вишни - до 40 см, у сливы до 30 см. По результатам исследований, проведенных В.А. Колесниковым и др. [2 с. 94-95] установлено, что в садах Московской области у 7-летних яблонь корневая система разрастается в стороны по диаметру на 3,5м, у 14-летних – на 5м, у 20-летних – на 8-9м. Следовательно, при 8-метровом междурядье свободное от корней пространство на 7-летних посадках будет 4,5м, на 14-летних – 3м, на 20-летних посадках корни заполняют все междурядье и выходят в другое междурядье на 0,5 м (рисунок 1). В то же время даже к 20-22 годам разные сорта яблони сохраняют свободное пространство до 1-3 м между кронами деревьев соседних рядов [2].

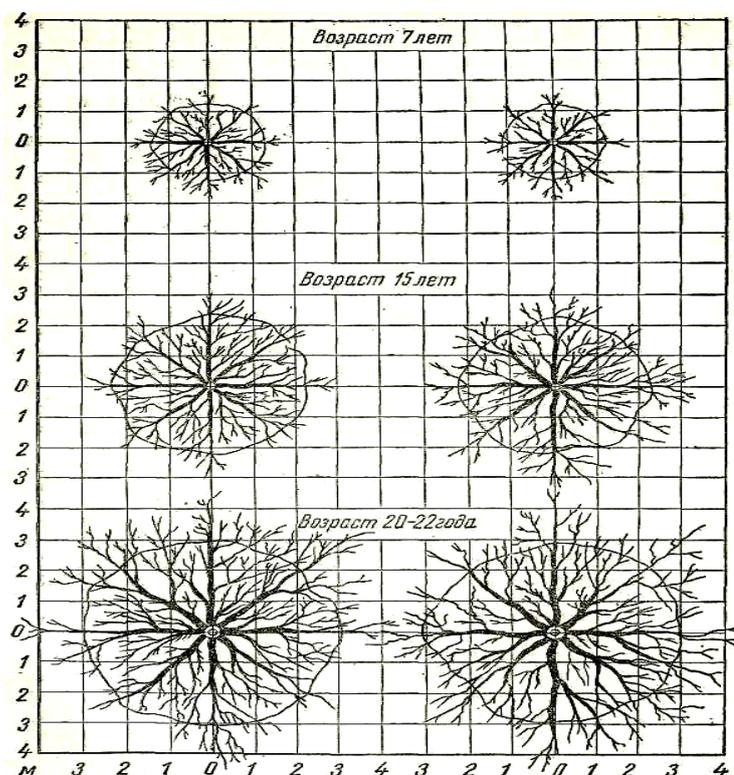


Рис. 1 – Соотношение крон и корневых систем яблони в зависимости от возраста

Известно, что схему посадки садовых культур выбирают из соображений полного заполнения корневой системой растения отведенной площади питания в течение жизненного цикла растения. Так при разрастании корневой системы садовых культур площадь развития основной массы корневой системы, а соответственно и площадь, требующая увлажнения изменяется в течение всего жизненного цикла растения. Для определения площади полива под садовыми древесными культурами, по результатам многочисленных исследований, в том числе опираясь на исследования В.А. Колесникова [3] была составлена таблица показателей развития основной массы корневой системы плодовых древесных культур.

Таблица 1 – Показатели площади основной массы корневой системы растения в зависимости от жизненных циклов плодовых древесных культур.

Показатель	Значение показателя
Для 7-10 летних растений	
Площадь основной массы корневой системы растения, м ²	4
Процент площади основной массы корневой системы растения от общей площади питания, %	23
Необходимая (расчетная) глубина увлажнения основной массы корневой системы, м	0,25
Объём сэкономленной воды, м ³	222
Поливная норма с учётом площади, л/дерево	44,9
Для 10-15 летних растений	
Площадь основной массы корневой системы растения, м ²	14
Процент площади основной массы корневой системы растения от общей площади питания, %	36
Необходимая (расчетная) глубина увлажнения основной массы корневой системы, м	0,4
Объём сэкономленной воды, м ³	48
Поливная норма с учётом площади, л/дерево	330
Для 20-22 летних растений	
Площадь основной массы корневой системы растения, м ²	36
Процент площади основной массы корневой системы растения от общей площади питания, %	75
Необходимая (расчетная) глубина увлажнения основной массы корневой системы, м	0,6
Объём сэкономленной воды, м ³	14
Поливная норма с учётом площади, л/дерево	876

Проведенный анализ позволил обосновать размеры кольцевых незамкнутых отводов, в конструкциях мобильных ирригационных комплектах, которые состоят из:

1. Кольцевых незамкнутых отводов диаметром 1 м с десятью 3мм отверстиями (4 отверстия на внутренней стороне и 6 отверстий с наружной стороны) для садов возрастом 7 лет, размеры кольцевого незамкнутого отвода для садов 15-ти летнего возраста и 20-22-х, были приняты диаметром 2 м и 3 м соответственно, что обеспечивает равномерное увлажнение основной массы корневой системы растения.

2. Кольцевых незамкнутых отводов с дефлекторными насадками секторного действия, диаметр которого принимается в зависимости от средней толщины ствола дерева и принимается в 1,5 раза больше него, а равномерность полива обеспечивается подбором количества дефлекторных насадок на кольцо и их радиусом полива.

Полученные результаты позволили дифференцировать величину поливной нормы на одно дерево с учетом жизненных циклов развития плодовых культур и фактической влажности почвы, так как общая поливная норма м³/га будет уменьшаться на процент пропорциональный площади питания основной массы корневой системы плодовых древесных культур. Так при расчетной поливной норме в 250м³/га при поливе сада возрастом 10-15 лет со схемой посадки 6х4м. будет поливаться только 36% от общей площади равной одному гектару, соответственно объём воды на полив всех деревьев с поливной нормой 250м³/га расположенных на одном гектаре будет снижен на 48м³. При недостатке влаги в почве

усвоение питательных веществ корневой системой растений затрудняется, растение в меньшем количестве усваивает питательные вещества, слабее развивается и дает меньший урожай. Сроки поливов садов следует приурочить к фазам вегетации, в которые растения особенно сильно страдают от недостатка влаги в почве

Для орошения таких деревьев предлагается использовать разработанный ВНИИ "Радуга" быстроразборный комплект, позволяющий адаптироваться к участку орошения под любую его конфигурацию и площадь. Предлагаемый комплект имеет высокую эффективность и новизну, подтвержденную патентом на полезную модель Рос. Федерации: МКП А01G 25/09 [4].

Список использованных источников

1. Мищенко Н.А. Технология и технические средства подкоронового микроорошения садовых культур: дисс. канд. техн. наук: 06.01.02 / Н.А. Мищенко. – Москва, 2014. – 180 с.

2. Мищенко Н.А. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В МЕЛИОРАЦИИ Сборник научных докладов IX международной (13 Всероссийской) конференции молодых ученых и специалистов. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга". 2016

3. Будаговский, А.И. Водопотребление растений и его связь с гидроклиматическими факторами / А.И. Будаговский // Гидроклиматический режим лесостепной и степной зон СССР в засушливые и влажные годы. М.: Изд. акад. наук СССР. 1960. - С. 525.

4. Понамарев, А.Г. Ирригационный комплект для подкоронового орошения садов, питомников и агроландшафтов: патент на полезную модель Рос. Федерации: МКП А01G 25/09, / А.Г. Понамарев, Н.А. Мищенко, А.А. Алдошкин; Заявитель и патентообладатель ВНИИ "Радуга" - №112596; Заяв. 23.12.2010; опубл. 20.01.2012, Бюл. №2.

Ответственные за выпуск: Мазурова И.С.

ФГБНУ ВНИИ «Радуга»

Коломна

2023