

УДК 631.6

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗОБОЛОЧНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ВОДОВОДОВ НА ОСНОВЕ ФИБРОСУБСТРАТА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ**

*Хрулев Захар Александрович, студент 4 курса бакалавриата института мелиорации, водного хозяйства и строительства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, zakhkhru01@yandex.ru*

*Научный руководитель – Каблук Олег Викторович, к.т.н., доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, o.kablukov@rgau-msha.ru*

*Аннотация:* Рассмотрены результаты изучения параметров влагопроводности безоболочных мелиоративных водоводов-влагообменников, созданных на основе каолинового волокна. Исследования показали, что влагосодержание фибросубстрата приобретает постоянное значение при взаимодействии с пористой структурой почвенного слоя, что позволяет переносить необходимый объём воды для полива. Фибросубстрат, обладающий уникальными свойствами капиллярной проводимости, способен эффективно увлажнять почву при внутрипочвенном орошении.

*Ключевые слова:* безоболочные мелиоративные водоводы-влагообменники, влагосодержание, влагоперенос, внутрипочвенное орошение.

## **USE OF SHELL-LESS MELIORATION WATER CONDUITS BASED ON FIBROUS SUBSTRATE FOR SUBSURFACE IRRIGATION**

*Khrulev Zakhar Aleksandrovich, 4th-year bachelor's student of the Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, zakhkhru01@yandex.ru*

*Scientific supervisor – Kablukov Oleg Viktorovich, PhD, Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, o.kablukov@rgau-msha.ru*

*Annotation:* The results of studying the moisture conductivity parameters of shell-free reclamation water pipelines-moisture exchangers created on the basis of kaolin fiber are considered. Studies have shown that the moisture content of the fibrosubstrate acquires a constant value when interacting with the porous structure of the soil layer, which makes it possible to transfer the necessary. The fiber substrate, which has unique properties of capillary conductivity, is able to effectively moisten the soil with intra-soil irrigation.

**Key words:** *shell-less melioration water conduits-moisture exchangers, moisture content, moisture transfer, subsurface irrigation.*

Современные мелиоративные комплексы невозможно представить без водопроводящей сети, отвечающей требованиям экологичности и надежности. Одним из важнейших технологическим элементов сети являются закрытые водоводы, используемые как для отвода избыточных вод на осушительных системах, так для доставки воды на оросительных системах в требуемых объемах. За последние десятилетия этот элемент гидромелиоративных систем существенно модернизировался с развитием научно-технического прогресса, особенно в области использования новых технологичных материалов и способов изготовления трубопроводов фасонных частей и регулирующей арматуры. Независимо от улучшений у имеющихся видов водоводов оставались присущие им недостатки: высокая стоимость и большие затраты на монтаж и укладки в траншеях при строительстве, необходимость и трудоёмкость процесса периодической очистки от наносов, колыматации и зарастания, подверженность коррозии, возможность разрушения от избыточных нагрузок.[1]

Безоболочный водовод способен устранить эти недостатки. Для достижения результата необходимо обеспечить укладку по всей длине полости влагеёмкого, фильтрующего инертного наполнителя, имеющего достаточную плотность, чтобы выдерживать нагрузки от внешнего грунта и не сминаться под его тяжестью. В качестве наполнителя используют фибросубстрат на основе каолинового волокна [2]. Сравнительные водно-физические свойства фильтрующих материалов, возможных для использования безоболочных водоводов представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительные характеристики диффузионного переноса парообразной влаги в пористых материалах**

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость	Диффузионная массопроводимость $\lambda_M$ , мг/(м*ч*Па)	Коэффициент диффузии D, м <sup>2</sup> /ч	Коэффициент сопротивления диффузии $\mu$
Фибросубстрат из каолинового водокна	400	0,80	0,37	$1,5 \cdot 10^{-6}$	2,11
Фильтрующие материалы из песка	600	0,77	0,17	$4,6 \cdot 10^{-6}$	4,65
Минераловатная плита	250	0,88	0,16	-	4,94

Водоводы-влагообменники выполняются из фибросубстрата, образованного из сухой цементной фибросмеси, предварительно затворенной

водой, которая наносится на стенки и полости траншей или кротовин. Фибросубстрат формируется послойно, толщина и размеры поперечного сечения зависят от влагопроницаемости орошаемых почв. Фибросубстрат формируется послойно, толщина и размеры поперечного сечения зависят от влагопроницаемости орошаемых почв. В верхней четверти толщины фибросубстрата укладывается полиэтиленовый шланг с микроводовыпусками, расположенными через определённое расстояние.

Целью исследований являлось изучение параметров влагопроводности безоболочных мелиоративных водоводов-влагообменников и технологии его использования при внутрипочвенном орошении.

Фибросубстрат - твёрдое пористое тело плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>, имеющее в своей структуре капилляры достаточно малых размеров, диаметром 0,5-10 мкм, которое в соответствии с законом Кельвина согласно известной формуле

$$\frac{P_r}{P_0} = \exp \left[ \frac{M}{RT(\rho_{ж} - \rho_c)} * \frac{2\sigma_2}{r} \right] (1),$$

при контакте с влажной средой увлажняются за счёт капиллярного впитывания. Со временем влагосодержание материала приобретает некоторое постоянное значение, называемое равновесным. При расчёте увлажнительного эффекта фибросубстрата, работающего в контакте с массивом влажного грунта, следует принимать значения равновесного влагосодержания.

Динамика влагонасыщения за счёт диффузии оросительной влаги из пористой структуры фибросубстрата при контакте с массивом влажного грунта определяется по закону изотермической диффузии влаги  $q_m = -D \text{grad} UV$  (2), обусловленной градиентом концентрации влаги в материале

В качестве расчётной схемы рассматривается уравнение изотермического влагопереноса:

$$\frac{\partial U_v}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 U_v}{\partial x^2} \quad (3)$$

Расчёт влагонасыщения почвы из водовода-фибросубстрата производился при значениях массообменного критерия Фурье с использованием коэффициента диффузии влаги

$$F_{om} = \frac{D\tau_{увл}}{\sigma^2} \quad (4)$$

Полученные данные приведены в таблице 2

Таблица 3

**Равновесное влагосодержание фибросубстрата U кг/кг, в контакте с влажным грунтом**

Материал	Грунт														
	песчаный					супесь					глина				
	Влагосодержание грунта, кг/кг														
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
	5	0	0	0	5	5	0	0	0	5	5	0	5	0	5
Фибросубстрат	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	4	7	0	8	2	7	2	5	4	0	1	3	4	6	0
Волокни	0,3	0,4	0,8	1,1	1,2	0,0	0,1	0,4	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

стый	2	8	0	2	0	8	7	8		4	08	16	4	8	2
------	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	----	----	---	---	---

Исследования показывают, что фибросубстрат способен переносить требуемые объёмы воды, в соответствии с режимом водопотребности растений. В условиях дефицита влажности корнеобитаемого слоя почвы, необходимые для развития сельскохозяйственных культур объёмы воды доставляются непосредственно в активную зону влагообмена при использовании разработанной системы внутрипочвенного орошения [3].

В 2022 и 2023 году на базе ООО «СЕВ-07» с. Приволжье, Приволжского района, Самарской области была построена система внутрипочвенного орошения на площади 28 га. В качестве эксперимента оценивались результаты внутрипочвенного орошения сои, кукурузы и пшеницы в сравнении с поверхностным орошением - дождеванием.

Как показали результаты исследования, по сравнению с другими видами орошения, внутрипочвенное орошение, несмотря на множество его технических недостатков по неравномерному влагообеспечению, показало существенный эффект по экономии воды на тонну продукции – на 77% по сравнению с дождеванием и, соответственно, в меньшем водопотреблении на 1 га на 101%. Безоболочные водоводы на основе фибросубстрата благодаря своей структуре способны устранить неравномерное распределение влаги внутри почвы, что в конечном итоге способствует увеличению урожая при существенно низком водопотреблении по сравнению с дождеванием [4].

Фибросубстрат, обладающий уникальными свойствами капиллярной проводимости, способен эффективно увлажнять почву при внутрипочвенном орошении. Исследования показывают, что этот материал может переносить необходимые объёмы воды, что особенно актуально в условиях дефицита водных ресурсов для растениеводства в зоне неустойчивого увлажнения. Полученные результаты могут быть полезными для разработки современных эффективных водосберегающих оросительных систем в засушливых регионах Российской Федерации.

### **Библиографический список**

1. Дубенок, Н.Н., Каблуков, О.В., Пчелкин, В.В., Семенова, К.С. ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Гидромелиорация» / Издательство: Российский государственный аграрный университет, Москва, 2023, 383 с.

2. Каблуков, О.В. СПОСОБ СОЗДАНИЯ БЕЗОБОЛОЧНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ВОДОВОДОВ-ВЛАГООБМЕННИКОВ. Патент на изобретение RUS 2762404. Заявка № 2021101196 от 21.01.2021.

3. Каблуков, О.В. СИСТЕМА ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ. Патент на изобретение RU 2779071 С1, 31.08.2022. Заявка № 2021134653 от 26.11.2021.

4. Письмо Исх. № 14 от 14.06.2024 Зернового Соевого Союза ПФО и Инжиниринговой компании ООО «ЮГПОЛИВ КОРОЛЕВ АГРО».