

4. Глушко, К. А. Исследование инфильтрации талых вод на осушаемых торфяниках: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / К. А. Глушко; БелНИИМиВХ. – Мн., 1996. – 21 с.
5. Бажин, Н. А. Метод расчета потерь стока весеннего половодья в бассейне р. Сосны с учетом распределения водопроницаемых площадей / Н. А. Бажин // Труды ин-та ГГИ. – 1974. – Вып. 308. – С. 68–81.
6. Бажин, Н. А. Интегральные показатели водопоглотительной способности почв / Н. А. Бажин, К. К. Павлова // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 6. – С. 72–77.
7. Дыгало, В. С. Экспериментальные исследования просачивания воды в почву для оценки потерь талых и дождевых вод по наблюдениям на подмосковной водобалансовой станции : автореф. дис.... канд. тех. наук : Спец 05.23.16. / В. С. Дыгало ; МГУ – М., 1971. – 26 с.
8. Калюжный, И. Л. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажненных земель / И. Л. Калюжный, К. К. Павлова, С. А. Лавров. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 255 с.
9. Калюжный, И. Л. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажненных земель / И. Л. Калюжный, К. К. Павлова, С. А. Лавров. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 260 с.
10. Киселева, А. И. Формирование грунтового и поверхностного стока на бассейнах Полесской низменности / А. И. Киселева, И. А. Чернова // Мелиорация и использование торфяников Полесья : сб. науч. статей. – Минск, 1975. – С. 9–16.
11. Шебеко, В. Ф. Промерзание осушаемых болот / В. Ф. Шебеко, А. И. Киселева // Труды ин-та БелНИИМиВХ. – 1976. – Вып. XXIV – С. 151–161.

УДК 631.675.2

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БАРАБАННО-ШЛАНГОВОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

*Н. Н. Дубенок¹, Д. В. Яланский², Ю. А. Мажайский³,
О. В. Черникова⁴, Ю. Н. Дуброва²*

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия, ndubenok@mail.ru

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь, dimka-045@mail.ru

³Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», Рязань, Россия, director@mntc.pro

⁴Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, Рязань, Россия, chernikova_olga@inbox.ru

Аннотация

В данной работе освещаются возможности применения барабанно-шланговой дождевальной установки (БШДУ) типа Bauer «Rainstar T-61» в конкретных почвенно-мелиоративных и геоморфологических условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь при орошении дождеванием сенокосно-

пастбищной травосмеси. Определены возможности применения БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» в условиях орошения дождеванием с учетом эрозионно-допустимых поливных норм и времени полива без образования луж и поверхностного стока. Представлены результаты усовершенствования конструкции дождевального аппарата для БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» применительно к почвенно-мелиоративному районированию.

Ключевые слова: дождевание, поливная норма, интенсивность дождя, коэффициент впитывания, дождевальный аппарат, реактивная крыльчатка.

THE POSSIBILITIES OF USING A DRUM-HOSE SPRINKLER SYSTEM

*N. N. Dubenok, D. V. Yalansky, Yu. A. Mazhaysky,
O. V. Chernikova, Yu. N. Dubrova*

Abstract

This paper highlights the possibilities of using a drum-hose sprinkler system (BSDU) of the Bauer «Rainstar T-61» type in specific soil-reclamation and geomorphological conditions of the north-eastern zone of the Republic of Belarus for irrigation by sprinkling of a hay-pasture grass mixture. The possibilities of using Bauer «Rainstar T-61» type BSDU in sprinkler irrigation conditions are determined, taking into account erosion-permissible irrigation norms and irrigation time without puddles and surface runoff. The results of the improvement of the design of the sprinkler for the Bauer «Rainstar T-61» type BSHDU in relation to soil reclamation zoning are presented.

Keywords: sprinkling, irrigation rate, rain intensity, absorption coefficient, sprinkler, reactive impeller.

Введение. Анализ величин атмосферных осадков в условиях Республики Беларусь показывает, что в отдельные месяцы и годы они могут значительно отклоняться от средних значений. В летний период в отдельные декады их величины могут уменьшаться в 5 раз или увеличиваться в 2,5 раза по сравнению со среднемноголетними значениями. Количественная оценка показателей естественного увлажнения и теплообеспеченности характерных для минеральных почв Республики Беларусь позволила установить, что в сухой год повторяемостью один раз в пять лет вся территория страны будет находиться в условиях недостаточного увлажнения. Недостаток осадков составляет в среднем 100...250 мм. Поэтому получение в таких климатических условиях высоких и устойчивых по годам урожаев многолетних трав, в том числе сенокосно-пастбищной травосмеси невозможно без применения оросительных мелиораций, что и отражает актуальность выбранного нами направления [1, 2, 3].

На сегодняшний день наибольшую популярность приобретают дождеватели (как машины, так и установки), относящиеся к разряду мобильных барабанно-шланговых (БШДУ), способных осуществлять передвижение дождевального агрегата посредством намотки шланга на барабан. К огромным эксплуатационным преимуществам данных дождевальных машин относится отсутствие необходимости прокладки подземных трубопроводов, а также их использование в условиях сложного микрорельефа. По режиму забора воды

данные дождеватели могут быть применимы как при заборе воды от гидрантов, так и от открытой сети. Данные установки предполагают их применение на территориях с неправильной конфигурацией [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Целью исследований явилось определение возможностей применения барабанно-шланговой дождевальной установки типа Bauer «Rainstar T-61» в конкретных почвенно-мелиоративных и геоморфологических условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь при орошении дождеванием сенокосно-пастбищной травосмеси.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих задач:

1. Изучить требования сенокосно-пастбищной травосмеси к водному режиму почвы.
2. Выявить закономерности воздействия водного режима на водно-физические свойства дерново-подзолистой суглинистой почвы.
3. Сравнить интенсивность искусственного дождя с впитывающей способностью дерново-подзолистой суглинистой почвы при орошении дождеванием сенокосно-пастбищной травосмеси.

Третья задача исследований была поставлена позже, когда было установлено, что средняя интенсивность искусственного дождя превышает впитывающую способность почвы.

4. Определить эрозионно-допустимые поливные нормы и время полива без образования луж и поверхностного стока при орошении дождеванием на опытном участке.

5. Усовершенствовать конструкцию дождевального аппарата для барабанно-шланговой дождевальной установки (БШДУ) типа Bauer «Rainstar T-61» применительно к почвенно-мелиоративному районированию.

Материалы и методы. Использован системный анализ и общепринятые методики определения водно-физических свойств и впитывающей способности почвы. Лабораторная установка для определения интенсивности искусственного дождя. Полевые и лабораторные опыты проводились с использованием современных научных подходов и апробированных методик. Полученные результаты подтверждены статистической обработкой посредством корреляционного и дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Полевые опыты по программе научных исследований были проведены в течение 2016...2018 гг. В качестве объекта исследований был принят учебно-опытный оросительный комплекс (УООК) «Тушково-1», расположенный у поселка Чарны Горецкого района Могилевской области Республики Беларусь. Опытный участок расположен в средней части склона на местности и имеет уклон $i = 0,002$. Оросительная система УООК «Тушково-1» состоит из водосточника (искусственный пруд с площадью зеркала 12,2 га и полезным объемом 153 тыс.м³), стационарной электрифицированной насосной станции с общим расходом 0,136 м³/с, магистрального и распределительных трубопроводов и семи видов дождевальной техники.

Нами при проведении полевых опытов, была выбрана БШДУ типа Вауер «Rainstar T-61» в силу вышеотмеченных преимуществ над другими видами дождевальной техники. Почвы опытного поля явились дерново-подзолистыми, суглинистыми. На момент закладки опыта агрохимическая характеристика пахотного (0,2...0,25 м) слоя была отмечена удовлетворительной кислотностью (рН = 6,39) с высоким уровнем подвижных форм фосфора (267,6), а также обменного калия (280 мг на 1 кг почвы) [10, 11, 12].

Закладка полевых опытов была произведена в соответствии со следующей схемой:

- 1) контроль (естественное увлажнение);
- 2) нижний предел влажности 70% от НВ;
- 3) нижний предел влажности 80% от НВ.

Для измерения объема поверхностного стока на опытном участке были устроены стоковые площадки размером 2×5 м. Замер стока производили объемным способом. Орошение дождеванием осуществляли поливными нормами 20 и 30 мм БШДУ типа Вауер «Rainstar T-61» со сменными насадками диаметром 16 и 30 мм с интенсивностью дождя 0,25 и 0,35 мм/мин соответственно. Дождевальные насадки были установлены на дальнеструйном дождевальном аппарате типа SR-140. Экспериментальные исследования были проведены в соответствии с методикой [13]. Все результаты систематизированы и представлены на рисунке 1.

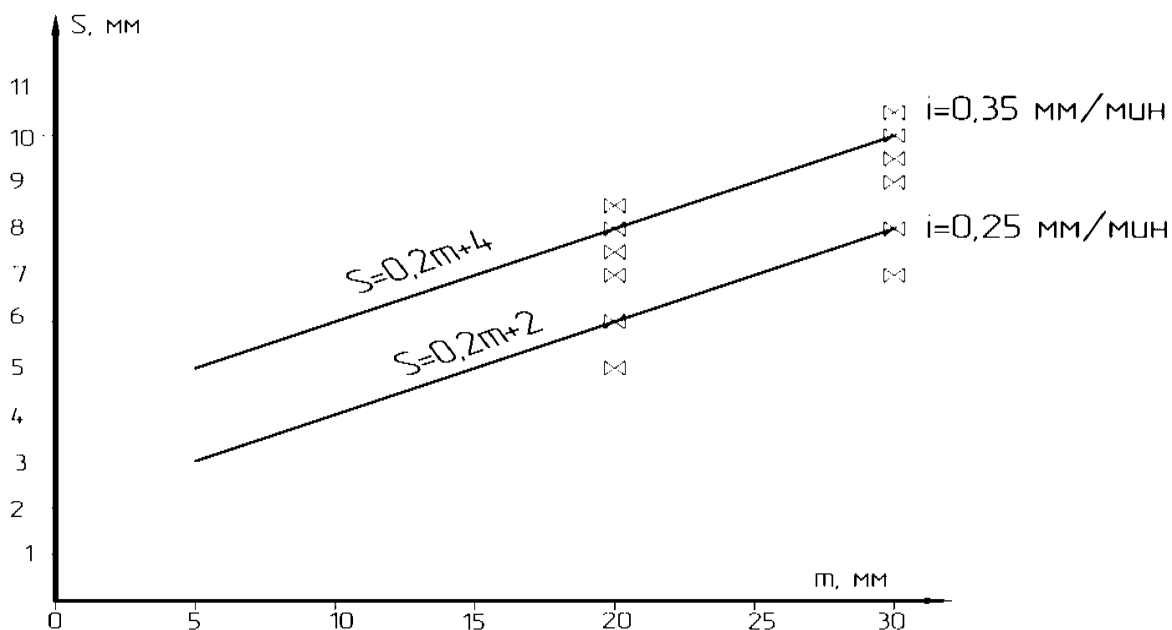


Рисунок 1 – Динамика объема поверхностного стока (S), формирующегося под воздействием различных норм полива (m)

Анализ рисунка 1 позволил установить, что объем поверхностного стока возрастает при повышении интенсивности дождевателя.

Водопроницаемость дерново-подзолистой суглинистой почвы определяли методом заливаемых площадок в соответствии с [14, 15] по формуле

$$k_i = \left(\frac{A}{t} \right)^{\frac{1}{n}} + k_{уст.} \quad (1)$$

где A – показатель, характеризующий скорость впитывания воды почвой в начале опыта; n – параметр, отражающий снижение скорости впитывания во времени; t – время впитывания воды почвой, мин; $k_{уст.}$ – установившаяся скорость впитывания, мм/мин.

Установлено, что за 2016–2018 гг. установившаяся скорость впитывания воды почвой в вариантах с орошением изменялась от 0,24 до 0,20 мм/мин, при этом наблюдалось ее снижение по годам наблюдений.

Для пояснения причины формирования поверхностного стока на опытном участке выполним сопоставление плотности сложения почвы в варианте 70 % от наименьшей влагоемкости (НВ) в среднем за май-октябрь с впитывающей способностью в годы наблюдений (таблица 1).

Таблица 1 – Сопоставление плотности сложения почвы и установившихся скоростей впитывания воды для варианта 70 % от НВ в годы наблюдений

Глубина отбора образца, см	Плотность сложения почвы по годам, г/см ³			Установившаяся скорость впитывания воды по годам, мм/мин		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
0-10	1,36	1,42	1,46	0,24	0,22	0,21
10-20	1,41	1,45	1,45			
20-30	1,41	1,38	1,47			
30-40	1,48	1,53	1,54			
40-60	1,45	1,46	1,47			
60-80	1,56	1,60	1,56			
80-100	1,59	1,65	1,58			
0-30	1,39	1,42	1,46			
0-40	1,42	1,45	1,48			
0-100	1,46	1,49	1,50			

Анализ таблицы 1 показал, что плотность сложения увеличивается по годам наблюдений в слоях почвенного профиля, при этом ее увеличение сопровождается снижением впитывающей способности почвы. Представленные сведения послужили причиной несоответствия средней интенсивности дождя (0,25 и 0,35 мм/мин), создаваемого БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» и установившихся скоростей впитывания воды (0,24...0,20 мм/мин) что и привело к появлению поверхностного стока.

Таким образом, были определены эрозионно-допустимые поливные нормы и время полива без образования луж и поверхностного стока. Орошение дождеванием осуществлялось в вариантах 70 и 80 % от НВ непрерывно, а также с перерывами, т.е. при делении поливной нормы по тактам в соответствии с методикой [13]. Все результаты опытов приведем в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты непрерывного дождевания и полива по тактам

Варианты проведения полива	Фактическая норма полива, мм	Предполивная влажность, % от НВ	Время полива до появления стока, мин	Норма полива до появления стока
Непрерывный	-	70 % от НВ	68	17,8
	-	80 % от НВ	60	15,6
Полив по тактам: 5+10+5 мм	20	70 % от НВ	Стока не было	
Полив по тактам: 5+10+15 мм	30		Стока не было	
Полив по тактам: 5+10+5 мм	20	80 % от НВ	Стока не было	
Полив по тактам: 5+10+15 мм	30		Стока не было	

Анализ таблицы 2 позволил отметить, что при непрерывном дождевании сенокосно-пастбищной травсмеси на дерново-подзолистых суглинистых почвах эрозионно-допустимые поливные нормы в вариантах 70 и 80 % от НВ были равны 17,8 и 15,6 мм, а время полива до появления поверхностного стока – 68 и 60 мин соответственно. При реализации прерывистого дождевания, т.е. при делении поливной нормы по тактам было установлено, что при поливных нормах 20 и 30 мм в вариантах опыта стока не возникало.

Однако превышение средней интенсивности искусственного дождя (0,25 и 0,35 мм/мин), создаваемого БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» при непрерывном дождевании над установившимися скоростями впитывания воды, изменяющимися за годы наблюдений в вариантах с орошением в диапазоне от 0,24 до 0,20 мм/мин явилось основанием для усовершенствования конструкции дождевального аппарата БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» применительно к почвенно-мелиоративному районированию [16].

Схему взаимодействия воды с реактивной крыльчаткой в виде турбины усовершенствованной конструкции дождевального аппарата для БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» приведем на рисунке 2.

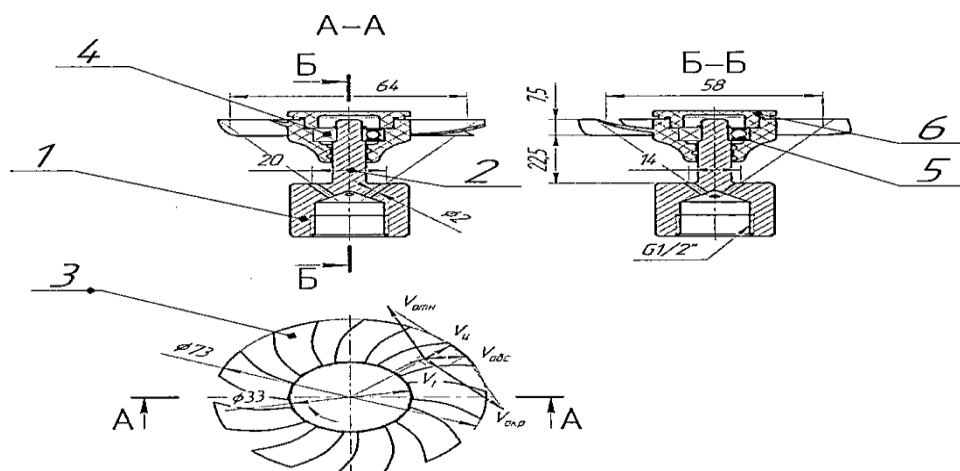


Рисунок 2 – Схема взаимодействия воды с реактивной крыльчаткой дождевального аппарата турбинного типа 1 – пробка, 2 – ось, 3 – крыльчатка, 4 – подшипник, 5 – уплотнитель, 6 – крышка

Интенсивность искусственного дождя определялась при соотношении напора к диаметру поливных канавок $(H/d_{отв.}) = 2000 - 8000$ соответствующие напору перед аппаратом от 5,0 до 20 м при $d_{отв.} = 2,5$ мм (0,0025 м). Все результаты приведем на рисунке 3.

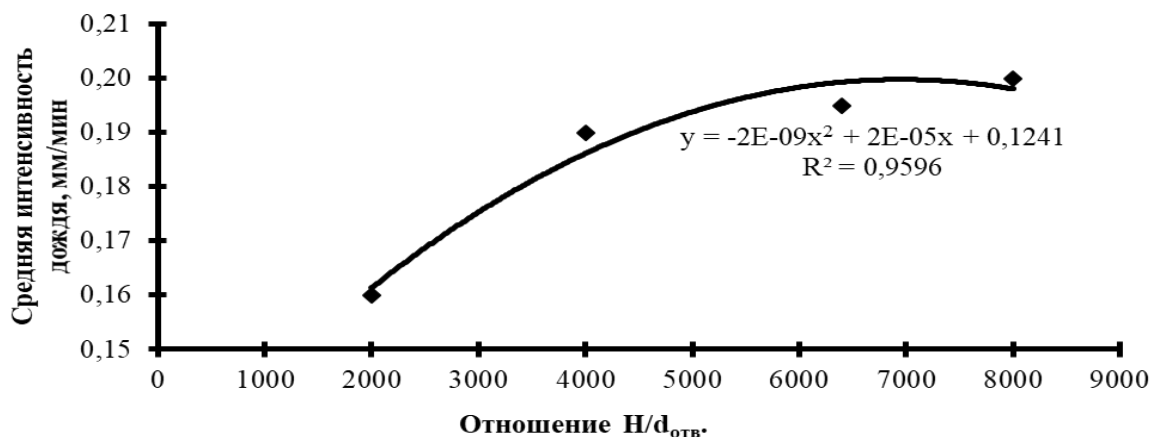


Рисунок 3 – Зависимость средней интенсивности искусственного дождя дождевальным аппаратом турбинного типа

Анализ рисунка 3 позволил установить, что при различных величинах напора в диапазоне от 5 до 20 м и диаметре отверстий $d_{отв.} = 2,5$ мм (0,0025 м) средняя интенсивность дождя согласно проведенных лабораторных испытаний изменяется от 0,16 до 0,20 мм/мин.

Заключение. 1. Установлены диапазоны оптимального увлажнения дерново-подзолистой суглинистой почвы, изменяющиеся в пределах 70...80 % НВ. 2. При орошении дождеванием наблюдается увеличение плотности сложения почвы по годам исследований, что предопределяет негативную динамику водно-физических свойств почвы на опытном участке. 3. Превышение интенсивности искусственного дождя (0,25 и 0,35 мм/мин), создаваемого БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» над установившимися скоростями впитывания воды почвой (0,24...0,20 мм/мин) привело к появлению поверхностного стока. 4. Установлено, что при непрерывном дождевании сенокосно-пастбищной травосмеси на дерново-подзолистых суглинистых почвах эрозионно-допустимые поливные нормы в вариантах 70 и 80 % от НВ были равны 17,8 и 15,6 мм, а время полива до появления поверхностного стока – 68 и 60 мин соответственно. 5. Результаты лабораторных испытаний усовершенствованной конструкции дождевального аппарата для БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61» позволили отметить хорошее согласование средней интенсивности искусственного дождя (0,16...0,20 мм/мин) с установившейся скоростью впитывания воды почвой (0,24...0,20 мм/мин), что предопределило целесообразность предложенного нами конструкторского решения.

Список цитированных источников

1. Голченко, М. Г. Потребность и эффективность орошения сельскохозяйственных угодий в условиях Могилевской области / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1. – С. 73–78.

2. Лихацевич, А. П. Развитие оросительных мелиораций в Республике Беларусь / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко // Мелиорация и актуальные проблемы инновационного развития АПК: материалы межд. научн.-практ. конф. – Минск, 2013. – С. 84–86.
3. Голченко, М. Г. Научно – практические и экологические аспекты орошения сельскохозяйственных угодий на минеральных почвах Беларуси / М. Г. Голченко, В. И. Желязко // Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: материалы межд. науч.-практ. конф. – М., 2010. – Ч. 1. – С. 103–112.
4. Васильев, В. В. Оценка эксплуатационной надежности современной дождевальной техники / В. В. Васильев, О. А. Шавлинский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 87–91.
5. Храбров, М. Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / М. Ю. Храбров. – М., 2008. – 46 с.
6. Шомахов, Л. А. Многоцелевое использование мелкодисперсной дождевальной установки для ухода за кронами плодовых деревьев / Л. А. Шомахов, Л. М. Хажметов, А. С. Сасиков / Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии: сб. науч. докл. межд. науч.-практ. конф. – М., 2003. – С. 124–127.
7. Ромащенко, М. И. Совершенствование технологии и технических средств микроорошения сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / М. И. Ромащенко. – М., 1995. – 60 с.
8. Икромов, И. И. Совершенствование технологии и техники микроорошения сельскохозяйственных культур для условий аридной зоны: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / И. И. Икромов. – М., 2006. – 46 с.
9. Акпасов, А. П. Повышение эффективности дождеобразования с обоснованием конструктивных параметров дефлекторных насадок кругового действия: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / А. П. Акпасов. – Саратов, 2018. – 153 с.
10. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 3 с.
11. ГОСТ 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – М. : Стандартинформ, 2019. – 12 с.
12. Лапа, В. В. Справочник агрохимика / В. В. Лапа. – Мн. : НАН Беларуси, Ин-т почвовед. и агрохимии, 2007. – 390 с.
13. Завалин, А. А. Влияние водного режима и минеральных удобрений на водно-физические свойства почвы / А. А. Завалин, В. В. Пчелкин // Проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности в 21 веке: материалы науч.-практ. конф. – М., 2002. – Вып. 3. – С. 81–82.
14. Ерхов, Н. С. Методика экспериментальных исследований безнапорного впитывания воды при поливе дождеванием / Н. С. Ерхов // Труды ВНИИГиМ. – 1972. – Том 51. – С. 79–90.

15. Печенина, В. С. Требования к защите почв от водной эрозии на осушаемых склоновых слабопроницаемых почвах в ЦНЗ РФ / В. С. Печенина, Е. В. Носова, А. П. Соломина // Вопросы мелиорации. – 2003. – № 12. – С. 36–44.
16. Патент № 2759221 Российская Федерация. Дождевальная установка турбинного типа / Н. Н. Дубенок, Д. В. Яланский, Ю. А. Мажайский, Ф. Икроми, М. И. Голубенко; опубл. 11.11.2021, Бюл. № 32.

УДК 663.18

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ СТОЙКИЕ ПРИМЕСИ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Б. Н. Житенёв, Е. С. Рыбак

УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,
gitenev@tut.by

Аннотация

Работа посвящена разработке технологий обесцвечивания и обезжелезивания вод, содержащих стойкие примеси природного происхождения: гуминовых, фульвовых кислот, металорганических соединений: гуматов и фульватов железа. Показано, что присутствие органических примесей в подземных водах затрудняет процессы обесцвечивания и обезжелезивания их традиционными методами. На основании выполненных экспериментальных исследований предлагаются технологии электрохимического обесцвечивания и обезжелезивания воды.

Ключевые слова: стойкие примеси природного происхождения, железо, цветность, гуматы, фульваты железа, электрокоагуляция, вода питьевого качества.

ELECTROCHEMICAL PURIFICATION OF NATURAL WATERS CONTAINING PERSISTENT IMPURITIES OF NATURAL ORIGIN

B. N. Zhitenev, E. S. Rybak

Abstract

The work is devoted to the development of technologies for bleaching and iron removal of waters containing persistent impurities of natural origin: humic, fulvic acids, organometallic compounds: iron humates and fulvates. It is shown that the presence of organic impurities in groundwater makes it difficult to decolorize and remove iron by traditional methods. On the basis of the performed experimental studies, technologies for electrochemical decolorization and deferrization of water are proposed.

Key words: persistent impurities of natural origin, iron, color, humates, iron fulvates, electrocoagulation, drinking water.