ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-26

THE STUDY OF LOADING DEPOSITION MODES USING A HYDRAULIC INSTALLATION

V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University», Volgograd, Russia*

Received 17.12.2019

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents an experimental hydraulic installation for studying the deposition mode and the degree of heterogeneity of the filter load. Tests of the installation were carried out using the hydraulic method, which can control the duration of the deposition of loading grains. Investigated loading modes showed that the most effective mode is upstream, while the filtering duration is increased by 2 times.

Abstract

Relevance. The article presents an experimental hydraulic installation for studying the deposition mode and the degree of heterogeneity of the filter load. Studies of the possibility of using wastewater from poultry enterprises for irrigation of light chestnut soils of the Volgograd region showed that wastewater needs preliminary preparation. One of the most important and urgent tasks in the present time is water purification and improvement of existing methods, as well as the development of the latest, effective ways to control the characteristics and quality indicators of porous-granular loading. This method allows you to determine the most effective water flow to accelerate the deposition of grains of the filter load. **Object.** The object of study is the wastewater of a poultry farm. **Materials and methods.** Consider the selectively averaged load in comparison with charcoal. To justify the choice of filter material, we propose a Comparative assessment of expanded clay and gravel sand. Filter loading is one of the main elements of water treatment facilities. The optimal selection of filter media for the correct operation of the filter is an important component when choosing a water treatment. The cost, as well as the availability of loading material, is one of the determining factors when choosing it. The experiment was carried out with a flow of contaminated water from the bottom up by such flows as descending, ascending and spontaneous. As a result of studies of the deposition of charcoal loading by means of subsequent water washing, the efficiency of charcoal filters increases. **Results and conclusion.** The distribution of grains according to the particle size distribution in the thickness of the filter layer has a significant effect on the load protective layer the pressure of filtered water through the layers decreases and the rate of formation of accumulated sediment during water treatment. The studied loading modes showed that the most effective mode is upstream, while the filtering duration is increased by 2 times. Saving water for washing spontaneously precipitated load compared to existing filtering of the same load will reduce the number of filter washes after each filter by 1 washing.

Key words : *hydraulic installation, deposition, modes, degree of heterogeneity, charcoal loading, filtering.*

Citation. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. The study of loading deposition modes using a hydraulic installation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 260-267 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-26.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 628.16.067.1:628.345

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ОСАЖДЕНИЯ ЗАГРУЗКИ С ПОМОЩЬЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор
О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
М. А. Денисова, ассистент

О. В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

«Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. В статье представлена экспериментальная гидравлическая установка для исследования режима осаждения и степени неоднородности фильтрующей загрузки. Исследования возможности использования сточных вод птицеводческих предприятий для орошения светло-каштановых почв Волгоградской области показали, что сточные воды нуждаются в предварительной подготовке. Одна из самых главных и актуальных в настоящее время задач водоочистки – совершенствование существующих методов, а также разработка новейших, эффективных способов управления характеристиками и качественными показателями пористо-зернистой загрузки. Данный метод позволяет определить наиболее эффективный поток воды для ускорения осаждения зерен фильтрующей загрузки. **Объект.** Объектом исследований являются сточные воды птицеводческого предприятия. **Материалы и методы.** Рассмотрим отборно-осредненную характеристику загрузок в сопоставлении с древесно-угольной. Для обоснования выбора фильтрующего материала нами предлагается сравнительная оценка по керамзиту и гравийному песку. Фильтрующая загрузка является одним из основных элементов сооружений водоподготовки. Оптимальный подбор фильтрующей загрузки для корректной работы фильтра является важной составляющей при выборе очистки воды. Стоимость, а также доступность материала загрузки – определяющие факторы при ее выборе. Эксперимент проводился с подачей загрязненной воды снизу вверх такими потоками, как нисходящий, восходящий и спонтанный. В результате исследований режимов осаждения древесно-угольной загрузки посредством последующей водяной промывки эффективность древесно-угольных фильтров повышается. **Результаты и выводы.** На время защитного слоя загрузки существенное влияние оказывает распределение зерен по гранулометрическому составу в толще фильтрующего слоя, происходит уменьшение напора фильтруемой воды через слои и скорости образования накапливаемого осадка при очистке воды. Исследуемые режимы загрузки показали, что наиболее эффективным является режим с восходящим потоком, при этом продолжительность фильтрования увеличивается в 2 раза. Экономия воды на промывку спонтанно-осажденной загрузки по сравнению с существующим фильтрованием той же загрузки позволит сократить количество промывок фильтра после каждого фильтрования на 1 промывку.

Ключевые слова: гидравлические установки, фильтрующие загрузки, древесно-угольная загрузка, сточные воды птицеводческих предприятий.

Цитирование. Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Изучение режимов осаждения загрузки с помощью гидравлической установки. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 260-267. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-26.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интенсификация производства в сельскохозяйственном секторе наряду с нарастанием темпов роста потребления чистой питьевой воды сельским населением Волгоградской области, в том числе остро стоящая проблема природоохраны, – факторы [4, 7, 8], обуславливающие необходимость проведения опытных исследований по определению эффективных способов очистки воды с применением мобильных фильтров [5, 9] и экологически безопасных загрузок [1, 3, 6]. В дальнейшей перспективе необходимо внедрение новых очистных мобильных сооружений, очищающих воду и

работающих с естественными открытыми источниками [2, 10] для обеспечения сельскохозяйственных потребителей, и в частности для получения очищенной воды и применения ее для орошения сельскохозяйственных культур различными способами (дождевание, капельное или внутривпочвенное).

Одна из самых главных и актуальных в настоящем времени задач водоочистки – совершенствование существующих методов, а также разработка новейших, эффективных способов управления характеристиками и качественными показателями пористой загрузки.

Материалы и методы. Исследования осаждения угольных и прочих подобных фильтров природного происхождения, что касается нисходящего и восходящего фильтрования, крайне важны с позиции улучшения и совершенствования очистки воды.

Целью исследовательской работы является изучение повышения эффективности древесно-угольных фильтров посредством осаждения неоднородной фильтрующей загрузки при условии последующей водяной промывки.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработка фильтровальной установки с функцией управления осаждением зерен расширенной загрузки;
- определение в тестовых режимах влияния осаждения зерен древесного активированного угля на характеристики фильтрующих слоев.

Мы предлагаем управление грязеемкостью загрузки гидравлическим способом. Его суть кроется в обеспечении некоторых режимов промывки загрузки, в том числе на стадии завершения.

Применение продуктивных режимов в данном контексте дает возможность увеличения продолжительности межпромывочного режима работы фильтра в 2,5 раза; снизить потребление воды на очистку фильтрующей загрузки на 5-20 % ежегодно.

Результаты и обсуждение. Очищенная вода, обладающая высоким качеством, может быть рекомендована к использованию для орошения сельскохозяйственных культур, а также для хозяйственных и питьевых нужд.

Один из факторов, сопровождающих промывку во взвешенном слое, – гидравлическая сортировка зерен загрузки. Она протекает и в однослойных, и в многослойных фильтрах. На всех стадиях промывки в псевдооживленном слое одновременно протекают следующие процессы: сортировка, перемешивание частиц активированного угля. Так, при условии, что пористость взвешенного слоя не превышает значения $m=0,5$, обнаруживается преобладание сортировки частиц при $m = 0,5-0,7$ – перемешивание; при $m > 0,7$ – сортировка.

Важно учесть, что происходящая разбивка частиц на группы во время промывки не прекращается и в период осаждения. Такая остаточная сортировка может стать значительно эффективнее по сравнению с периодом промывки, что обусловлено снижением влияния факторов, способствующих перемешиванию.

Объект исследования – характеристики используемых фильтрующих загрузок, обоснование целесообразности выбора древесного угля.

Рассмотрим отборно-осредненную характеристику загрузок в сопоставлении с древесно-угольной. Для обоснования выбора фильтрующего материала нами предлагается сравнительная оценка по керамзиту и гравийному песку.

Фильтрующая загрузка является одним из основных элементов сооружений водоподготовки. Оптимальный подбор фильтрующей загрузки для корректной работы фильтра является важной составляющей при выборе очистки воды. Стоимость, а также доступность материала загрузки – одни из определяющих факторов при ее выборе. В

соответствии с требованиями технического регламента следует так же внимательно относиться к соблюдению следующих требований:

1. Состав фракций загрузки.
2. Пористость зерен загрузки.
3. Способность противостоять разрушению.
4. Химическая стойкость.

Правильная работа фильтра зависит от основных параметров фильтрующей загрузки, таких как однородность зерен и фракционный состав. Литературный анализ показал, что неправильный подбор диаметров загружаемого материала приводит к нарушению работы фильтра вплоть до его поломки. Использование фильтрующих материалов, не соответствующих техническим требованиям, предусмотренным в нормативной литературе, может стать причиной снижения качества осветления воды, фильтроцикла, повышения расхода воды на промывку, как следствие – к повышению стоимости очистки.

Применение неоднородных фильтрующих материалов негативно сказывается на качестве пропитки. При условии этой пропитки снизу-вверх начинается вымывание мелких фракций раньше, чем приходит в движение основная масса загрузки. Поскольку промывка фильтров должна осуществляться без выноса фильтрующего материала, необходимо снижать интенсивность; это приводит к тому, что значительная часть фильтрующего слоя очищается недостаточно хорошо.

В результате происходит возрастание взмучиваемого слоя, приводящее к неправильной работе фильтра и частой замене фильтрующей загрузки. Качество процесса фильтрования снижается за счет неоднородности фракционного состава материала и отрицательно влияет на промывку фильтра, приводя к более частому его проведению. Гидравлическая сортировка по величине зерен загрузки приводит к концентрации в верхнем слое фильтра мелких частиц, в том числе на этапе осаждения. Мелкая угольная пыль образует тонкую пленку на поверхности воды. Возникающее сопротивление фильтрующего слоя приводит к увеличению количества промывок.

При выборе материала загрузки фильтра мы опирались на качественные показатели с точки зрения традиционного применения в водоочистных фильтрах, использование гидравлической раскладки зерен по глубине фильтрующего слоя позволяет снизить неоднородность загрузки по глубине, значительно увеличив осветительную возможность, экологические свойства. Он обладает высокой механической прочностью (в отношении сравниваемых керамзита и гравийного песка).

Приведем описание схемы гидравлической установки и автоматического водоочистного фильтра, дадим методологические основы проведения экспериментальной работы. Методические основы исследований во многом определили раскрытие количественно-качественных характеристик механизма сортировки зерен угольной загрузки по глубине фильтрующего слоя при условии различного осаждения, что касается также влияния осаждения на последующие стадии процесса фильтрования.

Гидравлические и технологические исследования осуществлялись нами в лабораторных условиях, на опытной гидравлической установке из-за сложной математической обработки. Опытные испытания проходили на загрузках с гидравлическими диаметрами (D_r) и с коэффициентами неоднородности (K_n) (таблица 1).

Таблица 1 – Гидравлические диаметры и коэффициенты неоднородности исследуемых загрузок

Table 1 – Hydraulic diameters and heterogeneity coefficients of the studied loads

Диаметр, мм /Diameter, mm			K_n
D_r	D_{min}	D_{max}	

0,26	0,15	0,64	2,35
0,416	0,26	1,5	1,93
1,3	0,75	2,5	1,56
1,71	0,65	3,0	1,76

Загрузка состояла из больших и малых фракций древесного угля в процентном содержании от общего объема не более 3 %. При завершении промывки фильтруемого слоя визуально наблюдалось распределение фракций загрузки по высоте фильтра. Интервалы промывки фракций древесного угля задавались в зависимости от крупности гидравлического диаметра в следующих пределах (таблица 2).

Таблица 2 – Пределы фракций древесно-угольной загрузки

Table 2 – The limits of fractions of wood-coal loading

Диаметр, мм / Diameter, mm		
D_r	D_{min}	D_{max}
0,26	0,1-0,15	1
0,416	0,15-0,26	1
1,3	0,5-0,65	3
1,71	0,55-0,65	3

Проводимые нами опыты по определению фильтрационных характеристик (межзерновая пористость, диаметр пор, коэффициент фильтрации) древесно-угольной загрузки при гидравлическом диаметре 0,26 миллиметров, коэффициенте неоднородности 2,35 в трех исследуемых режимах осаждения зерен: восходящем, нисходящем и спонтанном при высоте слоя не более одного метра.

Исследования проводились на установке гидравлической. Промывка загрузки (активированный уголь) проводилась с помощью насоса в течение 20 минут. Фильтрационные параметры определялись при помощи подачи сверху вниз с постоянной скоростью 1,5 м/ч водой. Показания потерь напора снимались с помощью пьезометров, установленных на корпусе фильтра (рисунок 1).

Рисунок 1 – Установка гидравлическая (схема): 1 – вход загрязненной воды; 2 – насос; 3 – бак

очищенной воды; 4 – вход промывной воды; 5 – автоматический фильтр;
6 – древесно-угольная загрузка; 7 – поршень; 8 – выход промывной воды;
9 – бак для фильтрующей воды; 10 – пьезометры

Figure 1 – Hydraulic installation (diagram): 1 – input of contaminated water;
2 – pump; 3 – tank of purified water; 4 – inlet of washing water; 5 – automatic filter;
6 – charcoal loading; 7 – a piston; 8 – output of washing water; 9 – tank for filtering water;
10 – piezometers

Таблица 3 – Режимы осаждения фильтрующей загрузки

Table 3 – The deposition modes of the filter load

Режим осаждения / Mode depositions	Эффект укрупнения / The effect of consolidation	Степень неоднородности / Degree of heterogeneity
Осаждение загрузки в восходящем потоке воды / Loading deposition in the upstream water flow		
1	37,87 %	1,283
2	31,13 %	1,445
3	22,23 %	1,643
Осаждение загрузки нисходящим потоком воды / Sedimentation of loading by a downdraft of water		
1	17,64 %	1,739
2	13,63 %	1,667
3	9,47 %	1,602
Осаждение загрузки спонтанным потоком воды / Deposition of loading by spontaneous water flow		
1	32,8 %	1,491
2	26,47 %	1,338
3	18,9 %	1,453

Анализ таблицы 3 показал, что при режиме 3 (восходящий поток) прослеживается гидравлическая сортировка частиц с равномерным увеличением в нижерасположенных слоях загрузки. Наиболее оптимальное распределение частиц загрузки наблюдалось во 2 варианте, эффект укрупнения составил 31,13 %.

Выводы. В настоящее время применяющиеся для водоснабжения и орошения фильтры с древесно-угольной загрузкой имеют недостаток, заключающийся в уплотнении фильтрационной загрузки, что приводит к снижению производительности. С помощью гидравлического метода можно управлять продолжительностью осаждения зерен загрузки. Исследуемые режимы загрузки показали, что наиболее эффективным является режим с восходящим потоком, при этом продолжительность фильтрования увеличивается в 2 раза.

Библиографический список

1. Денисова М. А., Бочарников В. С. Каскадный способ фильтрования сточных вод с использованием ферритовых реагентов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. №4. С. 20-23.
2. Кружилин И. П., Козинская О. В. Оценка состояния поля и агрономелиоративных приемов на качество полива дождевальными машинами // Плодородие. 2011. № 2. С. 52.
3. Москалев Е. В., Кудряшов А. Ф., Рабин А. В. Применение графенового сорбента в фильтрах для очистки поверхностных вод и горячей воды // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 12. С. 18-23.
4. Назаров В. Д., Назаров М. В. Электрохимические фильтры для очистки природных и сточных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 5 (113). С. 16-24.
5. Чертков М. П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод // Российский инженер. 2017. №1. С. 44-49.
6. Юрков А. К., Козлова И. А., Бирюлин С. В. Исследование возможности применения угольных фильтров для очистки радоносодержащей воды // Уральский геофизический вестник. 2018. № 2 (32). С. 67-70.
7. Brasoveanu F., Petru A., Brezeanu L. European policy concerning the protection of the

quality of the environmental factor-water // Challenges of the Knowledge Society. 2012. V. 2. P. 1058-1063.

8. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / O. Rybalova, S. Artemiev, M. Sarapina, B. Tsymbal, A. Bakhareva, O. Shestopalov, O. Filenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V.2 (10-92). P. 4-17.

9. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20), P. 19-22.

10. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Open access. 2018. V.13. P. 4181-4184.

Conclusions. Currently used for water supply and irrigation filters with charcoal loading have the disadvantage of compacting the filter load, which leads to a decrease in performance. Using the hydraulic method, you can control the duration of the deposition of loading grains. Investigated loading modes showed that the most effective mode is upstream, while the duration of the filtering increases by 2 times.

References

1. Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Kaskadnyj sposob fil'trovaniya stochnyh vod s ispol'zovaniem ferritovyh reagentov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2019. №4. P. 20-23.

2. Kruzhilin I. P., Kozinskaya O. V. Ocenka sostoyaniya polya i agromeliorativnyh priemov na kachestvo poliva dozhddeva'nymi mashinami // Plodorodie. 2011. № 2. P. 52.

3. Moskaev E. V., Kudryashov A. F., Rabin A. V. Primenenie grafenovogo sorbenta v fil'trah dlya ochistki poverhnostnyh vod i goryachej vody // Jkologiya i promyshlennost' Rossii. 2017. T. 21. № 12. P. 18-23.

4. Nazarov V. D., Nazarov M. V. Jelektrohimicheskie fil'try dlya ochistki prirodnyh i stochnyh vod // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2017. № 5 (113). P. 16-24.

5. Chertkov M. P. Primenenie biologicheskikh metodov ochistki vody pri vodopodgotovke i ochistke stochnyh vod // Rossijskij inzhener. 2017. №1. P. 44-49.

6. Yurkov A. K., Kozlova I. A., Biryulin S. V. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya ugol'nyh fil'trov dlya ochistki radonosoderzhashej vody // Ural'skij geofizicheskij vestnik. 2018. № 2 (32). P. 67-70.

7. Brasoveanu F., Petru A., Brezeanu L. European policy concerning the protection of the quality of the environmental factor-water // Challenges of the Knowledge Society. 2012. Vol. 2. P. 1058-1063.

8. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / O. Rybalova, S. Artemiev, M. Sarapina, B. Tsymbal, A. Bakhareva, O. Shestopalov, O. Filenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2 (10-92). P. 4-17.

9. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. Vol. 1 (20), P. 19-22.

10. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Open access. 2018. Vol. 13. P. 4181-4184.

Authors Information

Bocharnikov Victor Sergeevich, professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26), doctor of technical sciences, professor, tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Ph.D., Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: kozinska1977@mail.ru.

Denisova Maria Alekseevna, Assistant of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, assistant tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: kozinska1977@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ассистент тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.