

УДК 628.33

**Н. П. ОМЕЛЬЧЕНКО <sup>а</sup>, Л. И. КОВАЛЕНКО <sup>б</sup>**

<sup>а</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, <sup>б</sup> Донецкий национальный технический университет

## **КОНТАКТНЫЕ КАМЕРЫ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ С ВОЛОКНИСТОЙ НАСАДКОЙ**

Рассмотрено предложение по использованию волокнистой насадки из синтетических волокон в качестве контактной среды для процесса хлопьеобразования при осветлении мутных природных вод поверхностных водоисточников отстаиванием. Внедрение новой технологии позволяет получать качественные хлопья при низких температурах и щелочности воды, предотвращает заиливание контактных камер хлопьеобразования и отличается низким гидравлическим сопротивлением даже в заиленном состоянии. Проведены исследования процесса хлопьеобразования в волокнистой контактной среде, определены оптимальные параметры процесса.

**обработка воды коагулянтами, контактная коагуляция, камера хлопьеобразования, волокнистая насадка, синтетическое волокно**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В практике подготовки питьевой воды из поверхностных источников в реагентных схемах обработки широкое применение нашли камеры хлопьеобразования объемного типа. Они используют принцип объемной коагуляции: при перемешивании воды с убывающим градиентом скорости микрохлопья из смесительных устройств укрупняются вследствие слипания в макрохлопья. Последние выносятся потоком воды в отстойники (горизонтальные, вертикальные или наклонные) и выпадают в них в осадок.

Процесс объемной коагуляции имеет ряд существенных недостатков. Его протекание зависит от щелочности и температуры воды – при низких значениях этих показателей хлопьеобразование тормозится, образуются рыхлые мелкие хлопья, выносимые из отстойников и увеличивающих грязевую нагрузку на скорые фильтры. Аналогичные проблемы возникают при очистке маломутных цветных вод. В частности, такая ситуация имеет место в зимнее время года, когда оба фактора достигают минимальных значений. Кроме того, объемные камеры хлопьеобразования – громоздкие сооружения, требующие значительных капитальных затрат.

Этих недостатков в значительной степени лишены контактные камеры хлопьеобразования, использующие принцип контактной коагуляции. При этом коллоидные частицы коагулянта и грубодисперсные примеси воды прилипают к твердым поверхностям контактной среды, накапливаются в порах, а затем выносятся в виде крупных агрегатов в отстойники и осаждаются. Такой процесс протекает при низких температурах воды, не требует щелочного резерва, требует меньших доз коагулянта. В отличие от объемной коагуляции, требующей для образования крупных хлопьев длительного времени (от 5 до 30 минут), контактная коагуляция протекает мгновенно, поэтому контактные камеры хлопьеобразования имеют существенно меньший строительный объем по сравнению с объемными камерами реакции.

Однако конструктивное решение традиционных контактных камер хлопьеобразования в виде щебеночно-гравийной загрузки имеет недостаток, связанный с заиливанием пор, увеличением гидравлического сопротивления загрузки и необходимостью периодической трудоемкой операции по очистке при загрузке. Вследствие этого недостатка такие камеры не нашли широкого применения на практике.

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

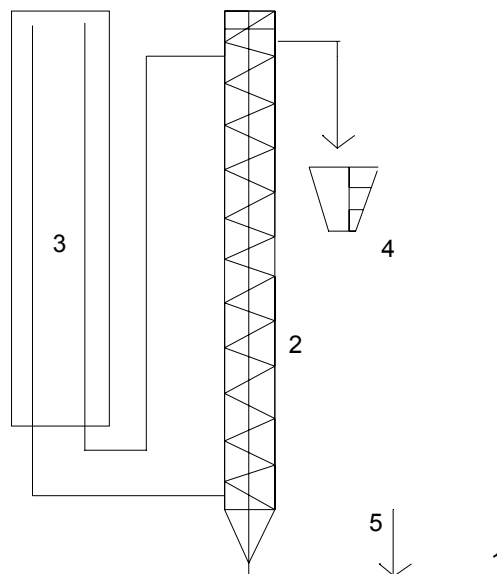
Нашими предшествующими исследованиями накоплен опыт использования синтетических волокон в форме ершей как фильтрующей среды для осветления природных и шахтных вод [1, 2, 3]. Особенности волокнистой среды являются высокая удельная поверхность (суммарная площадь поверхностей всех волокон в единице объема насадки достигает величины  $300...600 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) и высокая пористость, достигающая величины, превышающей 99 % (в гравийных камерах – до 35 %) [4]. Вследствие высокой пористости среды ее гидравлическое сопротивление даже в заиленном состоянии на 2...3 порядка меньше по сравнению с сопротивлением гравийной среды. В исследованиях получены результаты, свидетельствующие о высокой эффективности инновационной технологии. В указанных работах приведены рекомендации по устройству волокнистой фильтрующей среды из синтетических волокон в форме ершей. Подобные результаты получены зарубежными исследователями [5].

## ЦЕЛИ

Требуется доказать возможность получения крупных и прочных хлопьев после обработки воды коагулянтами в волокнистой контактной среде для последующего ее осветления в отстойниках.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Были проведены исследования по изучению волокнистой камеры хлопьеобразования в лабораторных условиях на пилотной установке, представленной на рис. 1.



**Рисунок 1** – Пилотная установка с волокнистой насадкой: 1 – подвод исходной воды; 2 – колонка с волокнистым ершом; 3 – пьезометрический щит; 4 – мерный сосуд; 5 – ввод раствора коагулянта.

Основным элементом установки являлась прозрачная колонка круглого сечения из оргстекла 2 внутренним диаметром 50 мм и длиной 1,4 м с двумя прободборниками для сообщения с пьезометрическими трубками. По центру колонки натянут синтетический ерш из полиэфирных (лавсановых) волокон диаметром 50 мм (то есть ерш занимает все сечение воронки). Исходная вода подавалась на колонку из водопровода. Ввод раствора коагулянта производился через воронку (на схеме не показана), куда раствор поступал через трубку с регулирующим зажимом от сосуда Мариотта. Измерение расхода воды производилось с помощью мерной кружки 4.

Скорость фильтрования определялась делением расхода воды через колонку на площадь ее сечения. Расход воды устанавливался объемным способом с помощью мерного сосуда и секундомера. Ввод раствора коагулянта производился через воронку (на схеме не показана), куда раствор поступал через трубку с регулирующим зажимом от сосуда Мариотта. В качестве коагулянта исследовался неочищенный сернокислый глинозем концентрацией 0,5...1,0 %. Доза коагулянта величиной  $30 \text{ мг/дм}^3$  в опыте поддерживалась постоянной.

В течение фильтроцикла через каждые 0,5 часа отбирались пробы фильтрата, фиксировалась величина потерь напора в насадке и корректировались скорости фильтрования и расход коагулянта.

В пробах фильтрата отмечался момент поступления взвешенных веществ – частиц гидроксида алюминия, выносимых из колонки. В опытах концентрация взвесей определялась на фотоэлектрориметре. Фильтрат с гидроксидом алюминия подвергался седиментационному анализу на торзионных весах.

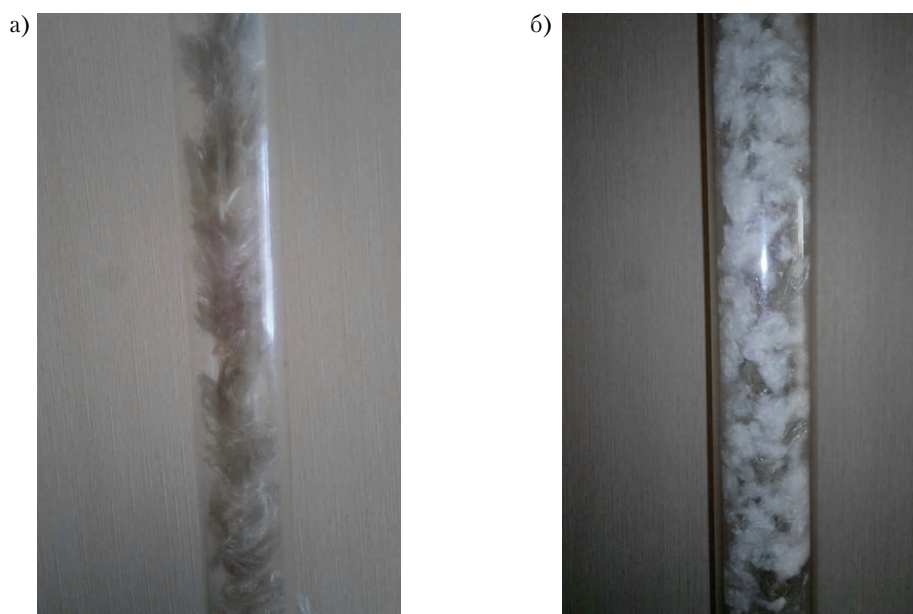
В опытах требовалось определить достаточное время накопления осадка в порах волокнистой насадки в зависимости от скорости фильтрования и крупности хлопьев, выносимых из насадки. Результаты представлены в табл.

**Таблица** – Оценка накопления осадка в порах волокнистой насадки

Скорость фильтрования, м/час	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Время накопления осадка, часов	5,7	4,0	2,8	2,0	1,5

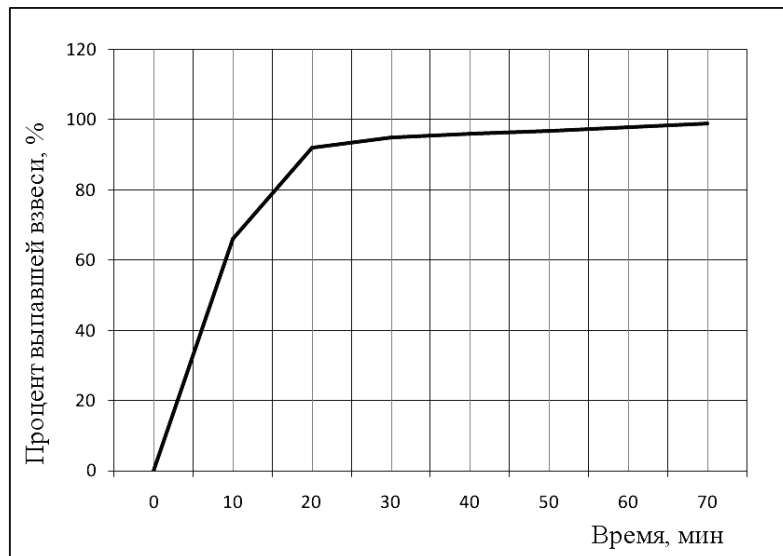
Время накопления осадка оценивалось как период времени между началом опыта и моментом проскока взвеси в фильтрат. В начале каждого опыта гидроксид алюминия, образующийся в результате гидролиза коагулянта сернокислого алюминия в виде коллоидных частиц и мелких хлопьев, прикреплялся к волокнам насадки и заполнял ее поровое пространство. После критического заиливания пор начинался вынос крупных хлопьев из насадки потоком фильтруемой воды.

На рис. 2 представлен вид колонки с ершом в двух состояниях: в начале и в конце опыта. Наглядно видно заиливание порового пространства насадки осадком из гидроксида алюминия.



**Рисунок 2** – Вид фильтровальной колонки с лавсановым ершом: а – в исходном состоянии, б – в заиленном состоянии.

Для оценки седиментационных свойств фильтрата с хлопьями он отбирался сразу в мерный цилиндр емкостью 1 л. На рис. 3 представлена седиментационная кривая осаждения для фильтрата, полученного при скорости фильтрования 1,0 м/час через 4 часа после начала опыта. Вид кривой свидетельствует о высоких седиментационных свойствах взвеси, полученной в волокнистой контактной камере хлопьеобразования. 90%-ный эффект осаждения достигается в течение 18 минут. При визуальной оценке размер хлопьев достигал 2...3 мм.



**Рисунок 3** – Седиментационная кривая фильтрата с хлопьями.

Параллельно оценивались потери напора в чистой и заиленной насадке. В незаиленной насадке в начале фильтроцикла потери напора составляли от 4 мм при скорости фильтрования 5 м/ч до 20 мм при скорости 20 м/ч. В конце фильтроцикла потери напора достигали 17 мм при скорости 5 м/ч и 43 мм при скорости 20 м/ч.

Для практического применения технологии рекомендуется заполнять волокнистой насадкой толщиной не менее 1 м пространство на выходе из существующих камер хлопьеобразования традиционных конструкций или устраивать новые камеры вертикального типа с восходящим потоком воды при новом строительстве. Гидравлическая нагрузка для рекомендуемых камер хлопьеобразования (важный расчетный параметр) может достигать 2,5 м<sup>3</sup>/ч на один м<sup>2</sup>. Этот параметр требует уточнения при технологических исследованиях процесса для конкретной воды. Следует иметь в виду, что для запуска в работу сооружения после строительства или ремонта потребуется до 6 часов. Может также потребоваться периодическая чистка волокнистой насадки от накопившихся загрязнений пузырьками сжатого воздуха по разработанной нами технологии [2]. В этом случае под волокнистой насадкой потребуется устроить распределительную систему сжатого воздуха из дырчатых труб. Возможно упрощение технологии чистки насадки. Поскольку эта операция в отличие от волокнистых фильтров потребуется значительно реже (предположительно дважды в год), она может выполняться параллельно с чисткой отстойников от осадка путем промывки волокнистой насадки струями воды из брандспойта.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что контактная среда из синтетических волокон может служить эффективным генератором крупных хлопьев с большой гидравлической крупностью. Результаты исследований подтверждают возможность устройства контактных камер хлопьеобразования с волокнистой насадкой перед отстойниками при осветлении природных вод.

Волокнистые камеры хлопьеобразования создают малое гидравлическое сопротивление движению осветляемой воды, что упрощает высотную компоновку очистных сооружений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Омельченко, Н. П. Новые технологии осветления шахтных вод с целью их повторного использования [Текст] / Н. П. Омельченко, Л. И. Коваленко // Проблемы экологии. – Донецк : ДонНТУ, 2008. – № 1–2. – С. 8–12.
2. Омельченко, Н. П. Реконструкция шахтных отстойников для увеличения эффекта осветления [Текст] / Н. П. Омельченко, В. Р. Пудвиль // Проблемы экологии. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – № 2. – С. 24–29.
3. Омельченко, Н. П. Новые технологии осветления шахтных вод с использованием волокнистых насадок [Текст] / Н. П. Омельченко, А. Ю. Сытник // Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях : сб. науч. докл. / Моск. гос. строит. ун-т. – М. : МГСУ, 2009. – С. 158–159.

- 4 Омельченко, Н. П. Волокнистые насадки для систем очистки воды [Текст] / Н. П. Омельченко, Л. И. Коваленко // Проблемы экологии. – Донецк : ДонНТУ, 2011. – № 1-2. – С. 12–17.
5. Neel, J. Fibrous filter [Текст] / J. Neel // V-th World Filtration Congress. – Nice, France : Water Publishing, 1990. – Vol. 1. – P. 420.

Получено 04.09.2014

М. П. ОМЕЛЬЧЕНКО <sup>a</sup>, Л. І. КОВАЛЕНКО <sup>b</sup>  
КОНТАКТНІ КАМЕРИ УТВОРЕННЯ ПЛАСТИВЦІВ З ВОЛОКНИСТОЮ  
НАСАДКОЮ

<sup>a</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури, <sup>b</sup> Донецький національний технічний університет

Розглянуто пропозицію щодо використання волокнистої насадки із синтетичних волокон як контактне середовище для процесу утворення пластівців при висвітленні каламутних природних вод поверхневих джерел відстоюванням. Впровадження нової технології дозволяє одержувати якісні пластівці при низьких температурах і лужності води, запобігає замулюванню контактних камер утворення пластівців і відрізняється низьким гідравлічним опором навіть у замуленому стані. Проведено дослідження процесу утворення пластівців у волокнистому контактному середовищі, визначено оптимальні параметри процесу.

**оброблення води коагулянтами, контактна коагуляція, камера утворення пластівців, волокниста насадка, синтетичне волокно**

MYKOLA OMEL'CHENKO <sup>a</sup>, LIUDMYLA KOVALENKO <sup>b</sup>  
CONTACT FLOCCULATION CHAMBER PACKED WITH FIBER

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>b</sup> Donetsk National Technical University

Proposals for the use of the fiber tip from synthetic fibers as a contact environment for the process of flocculation at clarification of turbid natural water from surface sources with sedimentation method have been considered. Introduction of new technology allows you to receive high-quality flakes at low temperatures and alkalinity of water, prevents clogging of the pores of contact flocculation chambers and has a low flow resistance, even in muddy condition. The researches of the process of flocculation in fiber coupling environment have been carried out, the optimal process parameters have been determined.

**water treatment coagulants, contact coagulation, flocculation chamber, fibrous cap, synthetic fiber**

**Омельченко Микола Павлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: технології освітлення природних і промислових стічних вод.

**Коваленко Людмила Іванівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри природоохоронної діяльності Донецького національного технічного університету. Наукові інтереси: природоохоронні технології.

**Омельченко Николай Павлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: технологии очистки природных и промышленных сточных вод.

**Коваленко Людмила Ивановна** – кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранной деятельности Донецкого национального технического университета. Научные интересы: природоохранные технологии.

**Omel'chenko Mykola** – PhD (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technologies of natural water and industrial sewage clarification.

**Kovalenko Liudmyla** – PhD (Eng.), Assistant Professor, Environment Protection Activity Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: environment protection technologies.