

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон № 190-ФЗ (ред. от 31.12.2014 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 22.01.2015 г.).

3. СанПиН 2.4.1.3049-13. Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций. М. : Минздрав России, 2013. 12 с.

4. Ватин Н. И., Чечевичкин В. Н. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6. С. 67–74.

5. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М. : ВСТ, 2014. 80 с.

УДК 628.1(07)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКА СООРУЖЕНИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

Е. В. Николаенко, М. Ю. Белканова, Н. Е. Репников
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
(г. Челябинск, Россия)

Очистка природной воды коагуляцией приводит к образованию больших объемов осадков, требующих утилизации. Исследованы осадки очистных сооружений водопровода г. Челябинска, образующиеся на трех блоках с различными условиями формирования. Получены значения следующих параметров: масса сухого вещества, влажность осадков и кека, удельное сопротивление фильтрации по сезонам года и для различных сооружений. Для снижения величины удельного сопротивления фильтрации предложен метод кондиционирования осадка флокулянтom и присадочным материалом вермикулитom. В результате лабораторных испытаний подобраны оптимальные условия для реагентной обработки осадков флокулянтom катионного типа на основе полиакриламида в присутствии вермикулита. Показано, что условия формирования осадка в процессе осветления природных вод в значительной степени влияют на его водоотдающую способность и дозы вводимых реагентов для достижения более глубокой степени обезвоживания.

Ключевые слова: осадки природных вод, обезвоживание, водоотдающая способность, замораживание, оттаивание, флокулянт, полиакриламид, вермикулит.

Cleaning of natural water by coagulation leads to the formation of large volumes of sediments that require disposal. We investigated the sediments of the water-supply network treatment facilities of Chelyabinsk city. These sediments are accumulated in three blocks with different conditions of formation. Values of the following parameters were received: the mass of dry matter, humidity of sediments, the specific resistance of a filtration on seasons of year and for various facilities. To reduce the value of specific resistance of filtration proposed method for conditioning the sediment with the flocculant, and a filler material vermiculite. As a result of laboratory tests the optimum conditions for chemical-processing precipitation by flocculant of cationic type based on polyacrylamide in the presence of vermiculite were obtained. It is shown that the conditions of the natural water sediment formation have impact on its ability to give water and the dose of administered reagents to achieve a deeper degree of dewatering.

Keywords: *natural water sediments, dewatering, water yielding capacity, freezing, thawing; flocculant, polyacrylamide vermiculite.*

В процессе очистки природных вод образуется большое количество сильно обводненных осадков, объем которых составляет 1–2 % от полезной производительности станций. Такие осадки являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды, поскольку представляют собой сложную органоминеральную систему. Развитие мощностей водопроводных станций, повышение требований к созданию энергосберегающих технологий и к охране окружающей среды обуславливают необходимость обработки осадков водопроводных станций.

Однако, в настоящее время в отечественной практике не существует готовых типовых решений промышленной обработки осадков природных вод. Выбор оптимальной технологии в каждом случае должен основываться на экспериментальных исследованиях реальных осадков и учитывать существующую технологическую схему обработки воды, условия формирования осадка и другие факторы.

Можно выделить несколько основных способов обработки осадков:

- механическое обезвоживание осадков, обработанных реагентами, на камерных и ленточных фильтрах-прессах, центрифугах и других аппаратах;
- обработка осадка природных вод совместно с осадками сточных вод на станциях очистки сточных вод;
- обработка осадка с одновременной регенерацией коагулянта; естественное замораживание и оттаивание осадка на площадках замораживания в соответствии с климатическими условиями и др.

Наиболее широко применяемым способом обработки осадков за рубежом и отработанным в опытно-промышленных условиях на некоторых российских станциях является их механическое обезвоживание с предварительным кондиционированием различными реагентами: известью, флокулянтами анионного, неионогенного и катионного типов [1].

Исследования эффективности использования предварительного кондиционирования осадка природных вод проводились на реальном объекте – осадках головных очистных сооружений водопровода г. Челябинска.

Доминирующими элементами осадков, как показали исследования, являются углерод (34 %) и кислород (54 %). Присутствие кремния в значительных количествах (1,8–2,5 %) обусловлено массовым развитием диатомовых водорослей в водохранилище [2]. Некоторые элементы, такие как алюминий (6 %) и марганец (0,4 %), поступают в воду в процессе ее обработки на очистных сооружениях и депонируются в осадках.

Общий объем осадков, образующихся на очистных сооружениях водопровода г. Челябинска, составляет около 2 миллионов кубических метров в год. Осадки образуются на трех блоках очистных сооружений, рабо-

тающих по двухступенчатой реагентной схеме осветления: отстойники – скорые фильтры. Однако условия формирования осадков на блоках различные. На блоке № 1 осадки образуются в двухъярусных отстойниках, на блоках № 2 и № 3 – в горизонтальных отстойниках. Кроме того, на блоке № 3 реализован возврат промывных вод скорых фильтров. Осадки со всех блоков сбрасываются в резервуар-усреднитель и регулярно перекачиваются на городские очистные сооружения канализации без какой-либо предварительной обработки. Однако вследствие техногенного воздействия на источник водоснабжения – Шершневское водохранилище – в нем могут содержаться токсичные металлы и стойкие органические вещества, которые в процессе обработки воды попадут в осадок, который уже не будет соответствовать регламентам приема в городские сети водоотведения. Подобная проблема уже характерна для ряда очистных сооружений и описана в работах [3–5].

Ранее проведенные нами исследования по реагентной обработке осадка позволяют считать наиболее перспективным вариант совместного использования флокулянта и присадочного материала вермикулита [2, 6]. В качестве флокулянта использовали реагент на основе полиакриламида марки К 6841 (Besfloc) с высокой степенью ионного заряда. Влияние реагентной обработки осадка на водоотдающую способность осадка изучали по изменению удельного сопротивления фильтрации, методика определения которого изложена в работе [7].

Свойства осадков, образующихся в одном и том же сооружении, различаются по сезонам года (рис. 1). При сохранении высокой обводненности (96–98 %) удельное сопротивление фильтрации осадков изменяется от $6300 \cdot 10^{10}$ до $3275 \cdot 10^{10}$ м/кг. Такие колебания свойств создают дополнительные трудности и требуют предварительных испытаний для рекомендаций по кондиционированию осадков природных вод.

На рис. 2 представлены характеристики осадков, отобранных в отстойниках блоков № 1–3 в предпагодковый период (март 2016 г.). Усредненные показатели качества природной воды в предшествующий сбору период составили: мутность 3–4 мг/л, цветность 18–20 град. Рабочие дозы реагентов при коагуляции природной воды на блоках № 1 и № 2 в данный период были: 10–14 мг/л коагулянта (сульфат алюминия) и 0,1 мг/л флокулянта (AN-905). На третьем блоке при возврате промывных вод мутность поступающей воды достигала 40–60 мг/л, поэтому дозы коагулянта были увеличены до 20 мг/л.

Из гистограмм (рис. 2) следует, что осадки всех трех блоков относятся к нефилтруемым и требуют предварительного кондиционирования. Высокое содержание сухого вещества в осадке (блок № 3) совокупно с гидроксидной его природой препятствует фильтрации.

Возврат промывных вод приводит к формированию осадков с максимально высоким значением удельного сопротивления фильтрации

($6320 \cdot 10^{10}$ м/кг). Напротив, для осадка блока № 1 отмечено более низкое значение удельного сопротивления фильтрации ($3275 \cdot 10^{10}$ м/кг). По-видимому, в двухъярусных отстойниках создаются условия для предварительного уплотнения осадка и изменению формы связи твердой фазы осадка с водой, что приводит к повышению его водоотдающей способности.

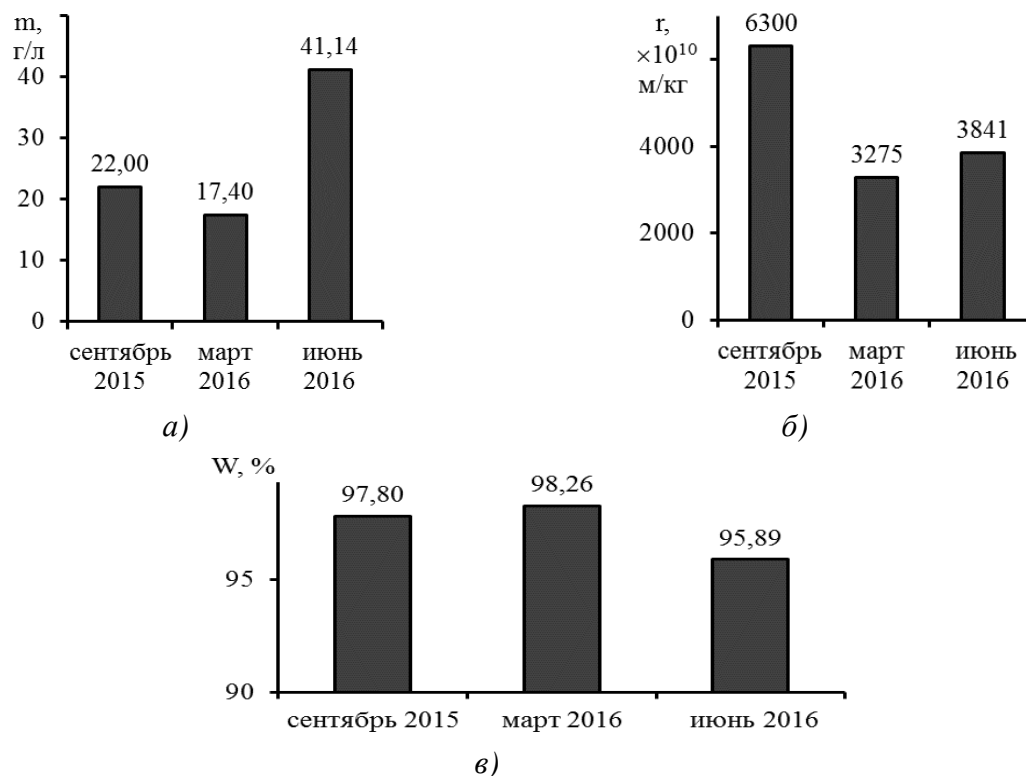


Рис. 1. Параметры осадков для блока № 1 по сезонам года:
 а) масса сухого вещества осадка; б) удельное сопротивление фильтрации;
 в) влажность натурального осадка

Для осадков блоков № 1–3 подобраны оптимальные условия реагентной обработки. Дозы реагентов и значения удельного сопротивления фильтрации после их введения представлены в табл. 1. Отмечено, что для эффективной обработки осадка блока № 1 требуются повышенные дозы реагентов (1 % флокулянта и 2 % вермикулита). Вероятно, пребывание осадка в двухъярусном отстойнике создает условия для упрочнения структуры осадка и затрудняет его водоотдачу.

Использование присадочного материала вермикулита позволяет снизить дозу флокулянта для осадка блока № 2 с 0,5 до 0,3 % (по сухому веществу). При фиксированной дозе флокулянта (0,2 % для блока № 2) применение вермикулита улучшает водоотдающую способность осадка. Осадок блока № 3, несмотря на максимальное значение удельного сопротивления фильтрации натурального осадка, лучше поддается кондиционированию: уже при дозе флокулянта 0,2 % наблюдается снижение удельного сопротивления фильтрации до значений, приемлемых для механического обезвоживания осадков на фильтр-прессах.

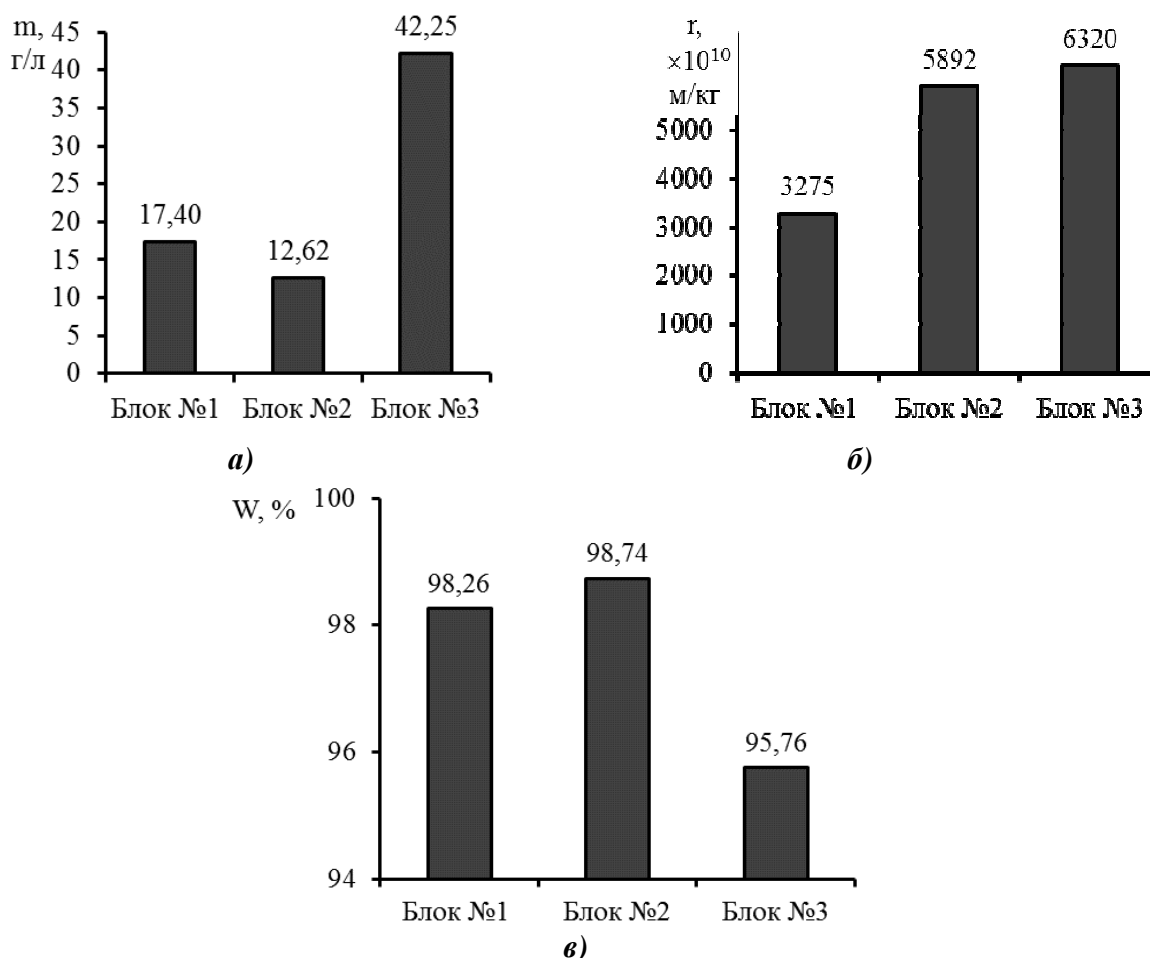


Рис. 2. Параметры осадков для трех блоков сооружений:
 а) масса сухого вещества осадка; б) удельное сопротивление фильтрации;
 в) влажность натурального осадка

Таблица 1

Оптимальные условия реагентной обработки осадков,
 полученных в марте 2016 г.

Точка отбора осадка	Удельное сопротивление фильтрации, ×10 ¹⁰ м/кг		Оптимальные условия обработки, % от сухого вещества осадка	
	Натуральный осадок	Обработанный осадок	Флокулянт	Вермикулит
Блок № 1	3275	507	1	2
Блок № 2	5892	335	0,3	0,6
		165	0,5	–
Блок № 3	6320	508	0,2	–
		321	0,2	2

В табл. 2 представлены результаты изучения осадков летнего периода блоков № 2 и 3. Такие осадки отличаются более низкими значениями

удельного сопротивления фильтрации по сравнению с осадками этих же сооружений, отобранными в марте (табл. 1).

Таблица 2

Оптимальные условия реагентной обработки осадков,
полученных в июне 2016 г.

Точка отбора осадка	Удельное сопротивление фильтрации, $\times 10^{10}$ м/кг		Оптимальные условия обработки, % от сухого вещества осадка	
	Натуральный осадок	Обработанный осадок	Флокулянт	Вермикулит
Блок № 2	3841	80	0,5	–
		41	0,5	0,6
Блок № 3	1972	149	0,3	1
		86	0,5	1

По-видимому, при формировании осадков в июне преобладает органическая составляющая природных вод, что повышает эффективность кондиционирования. Предварительная обработка таких осадков флокулянтами приводит к агрегации частиц дисперсной фазы осадка, сокращению активной удельной площади поверхности частиц, увеличению размера пор и сокращению их протяженности, перераспределению форм связи влаги в сторону увеличения количества свободной и сокращению связанной воды. Доза флокулянта, равная 0,5 % от массы сухого вещества осадка, позволяет снизить удельное сопротивление фильтрации осадка блока № 2 до $80 \cdot 10^{10}$ м/кг, а применение вермикулита – до $41 \cdot 10^{10}$ м/кг.

Проведенные исследования показали, что условия формирования осадка в процессе осветления природных вод в значительной степени влияют на водоотдающую способность осадка и дозы вводимых реагентов для достижения более глубокой степени их обезвоживания.

Список литературы

1. Методические рекомендации по обеспечению выполнения требований санитарных правил и норм СанПиН «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения». М. : Госстрой РФ, 2000.
2. Белканова М. Ю., Николаенко Е. В. Способы повышения водоотдающей способности осадков природных вод // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей [Электронный ресурс] / под ред. М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, А. К. Стрелкова ; СГАСУ. Электронные текстовые и графические данные (11,7 Мбайт). Самара, 2016. Научное электронное издание комбинированного распространения: 1 CD. Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; 2-скоростной дисковод CD-ROM; Adobe Reader 6.0. samgasu.ru. С. 296–301.
3. Шевцов М. Н., Носенко М.О. Совершенствование технологической схемы обработки осадков водопроводных станций // Вестник ТОГУ. 2008. № 1 (8). С. 53–60.
4. Рыльцева Ю. А., Бутко Д. А. Изучение качества надосадочной воды, выделенной при уплотнении осадка станций водоподготовки г. Ростова-на-Дону // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 4. С. 59–66.

5. Кузнецов В. Н. Возврат промывной воды и обработка осадков Западной фильтровальной станции Екатеринбурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 11. С. 28–33.

6. Николаенко Е. В., Белканова М. Ю. Методы повышения водоотдающей способности осадков природных вод // Водосбережение, мелиорация и гидротехнические сооружения как основа формирования агрокультурных кластеров России в XXI веке : сборник докладов XVIII Международной научно-практической конференции : в 3 т. Тюмень : РИО ТюмГАСУ, 2016. Т. 1. С. 122–126.

7. Туровский И. С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание. М. : ДеЛи принт, 2008. 376 с.

УДК 628.16

СПОСОБ ПОДАЧИ ВОДЫ В МЕМБРАННЫЙ АППАРАТ

А. Э. Усынина

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (Россия)

Многолетний опыт эксплуатации мембранных аппаратов показывает, что одним из главных факторов, оказывающим значительное влияние на интенсивность баромембранных процессов, выступает концентрационная поляризация (концентрации тяжелого слоя (концентрата)) на поверхности мембраны, значительно снижающая скорость фильтрования. В связи с этим возникает необходимость в новом подходе изучения процесса мембранного разделения на примере движения потока жидкости с турбулентными пульсациями при переменном давлении, способном увеличить скорость фильтрования.

В данной статье для достижения высокотехнологичных параметров процесса мембранной подготовки воды предложен метод создания импульсного режима потока жидкости перед мембранными аппаратами с помощью регулирования работы плунжерного или поршневого насосов. За счет созданного импульсного режима течения время при пульсирующем движении жидкости, отведенное на отключение для промывки поверхности мембран, будет сводиться к нулю. При переменном давлении поступающего потока жидкости в аппарат возможно увеличение скорости фильтрования, исключив паузы для удаления осадка, создание в нем благоприятных гидродинамических условий разделения, снижающих вероятность возникновения застойных зон и предотвращающих выпадения осадка на поверхности мембраны.

Ключевые слова: мембрана, аппарат, насос, фильтроцикл, импульс, давление, скорость, фильтрование, поляризация, концентрат.

The long-term operating experience of membrane devices shows that one of the main factors, exerting the considerable impact on intensity the baromembrannykh of processes, the concentration polarization (concentration of a heavy layer (concentrate)) on a diaphragm surface considerably reducing filtering speed appears. In this regard there is a need for new approach of a study of process of membrane division on the example of movement of a flow of liquid with turbulent pulsations in case of the live pressure capable to increase filtering speed.

In this article for achievement of hi-tech parameters of process of membrane preparation of water the method of creation of a pulsed mode of a flow of liquid in front of membrane devices by means of regulation of operation of plunger or piston pumps is offered. At the ex-