DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-3-14>
УДК 628.16.066.7

П.В. Медведь, В.Л. Головин

МЕДВЕДЬ ПОЛИНА ВЛАДИМИРОВНА – аспирант, старший преподаватель,
AuthorID: 927162, SPIN-код: 1124-9230, e-mail: medved.pv@dvfu.ru
ГОЛОВИН ВИКТОР ЛЕОНТЬЕВИЧ – к.т.н., доцент, профессор кафедры,
e-mail: golovin.vl@dvfu.ru
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы
Дальневосточный федеральный университет
Суханова ул., 8, Владивосток, Россия, 690091

Основные требования к зернистым материалам контактной загрузки осветлителей

Аннотация: Обследования действующих контактных осветлителей (КО), а в данной статье – осветлителей с контактной загрузкой, проведенные на станциях водоподготовки Приморского края (Артемовский и Раковский гидроузлы, а также г. Фокино), позволили оценить ряд качественных параметров зернистых материалов, используемых на этих сооружениях. С учетом гидродинамических особенностей работы осветлителей, в которых загрузка на протяжении фильтроцикла находится во взвешенном состоянии, определено, что ее важнейшим показателем является механическая прочность материалов. При достаточно высокой интенсивности постоянное абразивное взаимодействие зерен материала может привести к его измельчению и недопустимым потерям (выбросу с промывной водой) при гидравлической регенерации, что доказано практикой эксплуатации КО. В конечном итоге авторами получены физико-химические характеристики нового фильтрующего материала – кварцевого песка Павловского разреза. Результаты данного исследования могут быть использованы при выборе фильтрующего материала для фильтров и контактных осветлителей, а также при проектировании станций водоподготовки.

Ключевые слова: осветлитель с контактной загрузкой, условия работы, зернистый материал, конструктивные особенности, требования к физико-механическим свойствам, механическая прочность, форма зерна.

Введение

Опыт практического использования КО в Приморском крае насчитывает более 40 лет. Эти сооружения могут обеспечивать достаточно глубокую очистку и обладают повышенной грязеемкостью. Высокий эффект осветления в этих сооружениях достигается за счет контактной коагуляции, основным достоинством которой является то, что агрегация частиц загрязнений и прилипание образовавшихся мельчайших хлопьев к поверхности зерен контактной загрузки происходит быстрее, стабильнее и при меньших дозах реагентов, чем при коагуляции в свободном объеме при седиментационном осветлении.

В зарубежных странах КО с зернистой загрузкой не применяются. В Европе и США, в частности, используются осветлители с взвешенным слоем осадка – «пульсаторы», конструкции которых довольно разнообразны [7, 9, 12, 14, 15]. В связи с этим в других странах КО с зернистым контактным материалом не исследуются и публикации по проблемам этих сооружений отсутствуют.

Следует признать недостаточность изученности вопросов гидродинамики зернистой загрузки КО, что требует отдельного рассмотрения.

Контактные осветлители (КО), а именно осветлители с контактной зернистой загрузкой, разработанные в Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова [13], явились развитием идеи стесненного осаждения взвешенных частиц за счет их коагуляции в контактной среде. По способу удаления грубодисперсных примесей (ГДП) они занимают промежуточное место между седиментационными устройствами, где осуществляется осаждение ГДП в свободном объеме, и осветлительными сооружениями с контактной средой, в которых ГДП коагулируют на частицах этой среды. При этом основным отличием КО от других типов осветлительных устройств является наличие относительно подвижной контактной загрузки, находящейся во взвешенном состоянии под действием восходящего потока очищаемой воды. Степень расширения загрузки по данным замеров составляет не более 10–15% общей мощности. Эта ситуация во многом определяет требования к материалу контактной загрузки. Здесь следует отметить также то, что гидродинамика КО отражает особые условия взаимодействия частиц загрузки и, следовательно, это является одним из важных факторов, определяющих требования к свойствам загрузочного материала.

Как известно, КО предназначены для очистки маломутных (не более 120–150 мг/дм³) и малоцветных (до 120° платинокобальтовой шкалы) природных вод в одну ступень без предварительного их отстаивания [6, 10, 11]. Следует отметить, что диапазон дисперсности водных примесей, которые должны выводиться из воды в КО гораздо шире, чем, например, в скорых фильтрах, которые очищают воду после седиментационного осветления. При этом на фильтры подается вода из отстойников, перед которыми вводится коагулянт, обеспечивающий снижение дзета-потенциала грубодисперсных примесей (ГДП). На КО вода поступает из водоисточника и содержит ГДП как крупных, так и мелких фракций (мутность), а также коллоидные примеси (цветность), некоторая часть которых (до 60%) находится в растворенном состоянии. Дозирование в исходную воду коагулянтов и флокулянтов проводится для осуществления прямоочной коагуляции (без стадии хлопьеобразования), а сам процесс коагуляции при этом реализуется уже в контактной загрузке. В определенной степени эти особенности также влияют на свойства контактного материала и должны учитываться при его выборе. Таким образом, вопросы исследования свойств материалов контактной загрузки достаточно актуальны.

Основные технологические свойства контактных материалов

Как известно, к свойствам зернистых загрузок скорых фильтров и фильтрующих материалов фильтров с плавающими загрузками [3, 7, 12], а также к контактным загрузкам осветлителей предъявляются некоторые общие требования. К основным относятся механическая прочность, истираемость и химическая стойкость. При этом прочность определяет интенсивность разрушения материала при абразивном взаимодействии частиц загрузки. В том случае, если прочность оказывается недостаточной, это в конечном итоге приводит к потерям материала при его измельчении и вымыванию в момент гидравлической регенерации. Физико-химические свойства зернистых фильтрующих материалов определяются их механической прочностью и химической стойкостью. Химически стойкими являются материалы, прирост сухого остатка которых в различных водных средах не превышает 20 мг/дм³, а прирост окисляемости меньше 10 мг/дм³. Следовательно, химическая стойкость определяет свойство материала существенно не изменять химический состав очищаемой воды, в которую вводятся некоторые достаточно агрессивные компоненты (реагенты, известь, хлор и др.).

Контактной средой в осветлителях рассматриваемого типа является зернистый материал – обычно из природного песка или дробленых горных пород (гранодиорит, клинопеллолит). Непосредственно в контактной загрузке осветлителей обеспечивается задержание (за счет контактной коагуляции) содержащихся в очищаемой воде грубодисперсных примесей (ГДП).

Восходящий поток очищаемой в осветлителях воды, как отмечено, обеспечивает самосортировку материала загрузки с убывающей в направлении движения крупностью. При этом в нижней ее части оказывается наибольший объем пространства между частицами и, следовательно, наибольшая грязеемкость [6, 8–10], что выгодно отличает эти устройства, например, от скорых фильтров традиционной конструкции. В таких условиях очистку воды в осветлителях с зернистой контактной загрузкой допустимо рассматривать как физико-химический процесс, протекающий во всей ее толще, что характерно для адгезионных процессов, когда коагуляция проходит практически во всей толще загрузки.

Таким образом, во взвешенном слое загрузки ее частицы имеют возможность некоторого перемещения относительно друг друга, т.е. находятся в постоянном, достаточно активном движении и взаимодействуют между собой. Эти условия следует считать крайне неблагоприятными в отношении самой контактной загрузки, поскольку они предопределяют абразивное разрушение ее частиц – их измельчение. Например, в сравнении с условиями, которые характерны для неподвижной зернистой загрузки скорых (песчаных) фильтров, где интенсивное абразивное взаимодействие частиц возникает только в период гидравлической регенерации – промывки.

В этой связи к материалам контактной загрузки осветлителей должны предъявляться повышенные требования, особенно по показателям механической прочности, поскольку в этих сооружениях активное взаимодействие частиц загрузки проходит не только при гидравлической регенерации, но и на протяжении всего фильтроцикла. Следовательно, к свойствам прочности зернистого материала КО требования должны быть выше, что, однако, не нормируется и не оговаривается даже рекомендательно.

Цель работы: на основе проведенных авторами исследований и анализа условий работы КО обосновать дополнительные технологические требования к контактной зернистой загрузке осветлителей.

Основные характеристики технической стойкости контактной загрузки

В разное время на Штыковских очистных сооружениях, обеспечивающих водой г. Владивосток, использовались различные материалы контактной загрузки осветлителей [2]. Волгоградский песок мелких фракций из-за больших потерь был заменен на *клиноптилолит* Чугуевского месторождения (Приморский край). Это один из самых распространённых природных цеолитов, который входит в состав осадочных пород вулканогенного происхождения. Он содержит микропористую композицию из тетраэдров диоксида кремния и оксида алюминия с удельным весом 2000–2200 кг/м³ (рис. 1,а).

Клиноптилолит

а

Гранодиорит

б

Рис. 1. Дробленые породы, используемые в качестве материала контактной загрузки осветлителей Штыковской станции очистки воды.

В качестве контактной загрузки продолжительное время использовался *гранодиорит* Корфовского месторождения (Хабаровский край), который представляет собой интрузивную

кислую горную породу, промежуточную по составу между гранитом и диоритом (рис. 1,б). В состав гранодиорита входят кварц (10–35%), пироксен, роговая обманка, полевой шпат (20–40%), средний плагиоклаз (25–45%) и другие компоненты. Плотность породы составляет 2640–2750 кг/м³.

Общепринято механическую прочность оценивать двумя показателями: истираемостью (вследствие трения зерен друг о друга) и измельчаемостью (вследствие растрескивания зерен).

При последней реконструкции Штыковских очистных сооружений (2014 г.) по рекомендациям авторов статьи материал контактной загрузки был заменен на *кварцевый песок* Павловского угольного разреза (Приморский край). В состав этого материала входят диоксид кремния (SiO₂) 81,95%, оксид алюминия (Al₂O₃) 7,76% и некоторые другие составляющие (рис. 2).

Рис. 2. Кварцевый песок Павловского угольного разреза.

При оценке технической стойкости характеристики фильтрующих материалов, как известно, нормированы именно для скорых фильтров (по ГОСТ Р 51641-2000 Материалы зернистые фильтрующие). В данном же случае, как отмечено выше, следует иметь в виду, что требования по прочности и истираемости к материалу загрузки контактных осветлителей должны быть существенно выше, чем для фильтрующего материала скорых фильтров. Удовлетворительный с точки зрения механической прочности материал контактной загрузки должен иметь измельчаемость существенно меньше 4%, а процент истираемости должен быть не более 0,5.

Показатели истираемости и измельчаемости за пределами допустимых требований определяют не только существенные потери материала контактной загрузки при выносе мелких фракций до 0,2 мм с промывной водой, но и существенно изменяют гранулометрический состав.

Исходя из данных, представленных в табл. 1, следует, что кварцевый песок Павловского угольного разреза несколько меньше требований ГОСТа по истираемости на 0,04%, при этом сама разница от нормируемого показателя составляет 8%, что находится в пределах точности определения. Волгоградский песок по справочным данным имеет существенно меньшую прочность по истираемости, отличающуюся от требований на 0,13%.

Данные по прочности гранодиорита, вероятнее всего, обусловлены некорректностью данных поставщика этого материала (в табл. 1 представлены результаты исследований поставщика). При этом предполагается, что форма частиц загрузки также имеет значение: она, как и механическая прочность, определяет потери гранодиоритовой загрузки по фактическим данным. Причины замены определены и другими показателями, в частности химической стойкостью, что представлено далее.

Таким образом, показатели кварцевого песка Павловского угольного разреза вполне удовлетворительные, что и послужило важным доводом замены гранодиорита в осветлителях при их реконструкции на этот материал.

Таблица 1

Оценка механической прочности материалов контактной загрузки

Материал контактной загрузки	Механическая прочность, %	
	истираемость	измельчаемость
Клиноптилолит Чугуевского месторождения (Приморский край)	0,38	3,24
Гранодиорит Корфовского месторождения (Хабаровский край)	0,37	2,82
Кварцевый песок Павловского угольного разреза (Приморский край)	0,54	3,46
Кварцевый песок (Волгоградское месторождение)	0,63	3,31

Считается, что оптимальный диаметр частиц в верхнем слое загрузки в осветлителях должен быть в пределах 0,7–2 мм. Определение грансостава контактного материала с целью оценки его качественных изменений проведено в осветлителе № 25 Штыковского водоочистного комплекса. В качестве загрузки в осветлителе использовался гранодиорит Корфовского месторождения. Анализ результатов такого исследования позволяет заключить, что в пределах указанного диапазона крупности частиц на глубине 0,5 м изначально их количество составляло 67% и более. После 8 месяцев работы на той же глубине содержание таких частиц составляло уже 26–43%. При этом в верхнем слое на глубине 10–15 см и непосредственно на поверхности загрузки количество мелких фракций (меньше 0,7 мм) увеличилось до 75–90%.

Химическая стойкость материала КО в условиях относительно подвижной контактной загрузки, находящейся во взвешенном состоянии под действием восходящего потока очищаемой воды, что определяет более активное перемешивание двухфазной жидкости в присутствии агрессивных реагентов, также имеет важное значение и должна быть выше требований, предъявляемым к загрузке фильтровальных установок. Это обстоятельство также следует учитывать при выборе материала, и поскольку нормируемые требования для КО также отсутствуют, необходимо проведение достаточно тщательных обоснований на основе экспериментальных исследований.

При этом проведенные исследования химической стойкости материалов, используемых в осветлителях Штыковского водоочистного комплекса [2], показали, что песчаный материал Павловского угольного разреза по приросту окисляемости и приросту концентрации кремниевой кислоты обладает повышенной устойчивостью к разрушению, и указанные показатели почти в 10 раз превосходят допустимые нормы для скорых песчаных фильтров. По приросту сухого остатка химическая стойкость этого песка также соответствует нормируемым допускам. По приросту оксидов алюминия и железа для испытуемого материала показатели более чем в два раза лучше нормативных, что также определяет его повышенную химическую устойчивость. При этом гранодиориты и клиноптилолиты, не являющиеся монокристаллическими породами, не могут характеризоваться достаточной устойчивостью к химическому разрушению. По указанным показателям их характеристики близки к нормам для фильтров или несколько хуже требуемых.

По результатам определения содержания загрязнителей (токсичных элементов) в водной вытяжке при исследовании песка Павловского угольного разреза также оказалось, что он вполне соответствует условиям безопасности применения в качестве контактного материала загрузки осветлительных сооружений, поскольку нормируемые гигиенические требования существенно превышают фактическую концентрацию примесей.

По существующим представлениям, извлечение примесей из воды и их закрепление на зернах контактной загрузки происходит под действием сил адгезии [1, 6, 11]. Гидродинамические условия в КО, как уже отмечалось, характеризуются достаточно активным взаимодействием частиц. При этом осадок, накапливающийся в загрузке, обычно имеет непрочную структуру. В соответствии с этим велика вероятность отрыва сорбированных загрязнений

с поверхности гранул контактного материала под влиянием гидродинамических сил восходящего потока. Разрушающаяся часть осадка, отрываясь от зерен загрузки, в виде мелких хлопьев переносится в верхние слои загрузки (суффозия), где вновь задерживается. Осветление воды в контактной загрузке следует рассматривать как суммарный результат двух противоположных процессов: процесса адгезии и процесса суффозии. Осветление воды в каждом элементарном слое загрузки происходит до тех пор, пока интенсивность прилипания частиц превышает интенсивность их отрыва.

Аналогичные процессы, как принято считать [1, 4–6], происходят и при фильтровании в неподвижной загрузке, в частности в скорых фильтрах. При этом в зернистых фильтрах традиционной конструкции и нисходящем движении очищаемой воды основная часть загрязнений задерживается только в верхнем слое. В этом случае процесс фильтрования нельзя считать адгезионным. В осветлителях с контактной загрузкой при обеспечении самосортировки контактного материала по фракциям с уменьшением крупности в направлении потока очищаемой воды процесс фильтрования допустимо считать адгезионным, при котором задержание загрязнений происходит по толщине всего слоя.

Следует отметить и некоторые требования к материалу контактной загрузки осветлительных установок, который должен обладать малой водопоглощаемостью, хорошо отмываться от сорбированных на его поверхности грубодисперсных примесей и обеспечивать высокий эффект очистки воды. Эти характеристики в значительной степени зависят от удельной поверхности гранул, от их структуры, объема межзернового пространства контактного материала. Они в основном и определяют адгезионные свойства материала загрузки.

Именно по этой причине адгезионные свойства контактной загрузки осветлителей во многих случаях являются определяющими – как и в фильтровальных устройствах [7], они характеризуются свойствами поверхности каждой гранулы и загрузки в целом. Эти свойства отражаются коэффициентом формы зерен. Указанный коэффициент представляет собой отношение поверхности зерна к поверхности равновеликого по объему шара. С одной стороны, лучшими адгезионными свойствами обладают материалы, гранулы которых имеют достаточно высокий коэффициент формы зерен и более высокую удельную поверхность. С другой стороны, высокий коэффициент формы является причиной быстрой истираемости контактного материала. Последний эффект, очевидно, имел место при эксплуатации гранодиорита Корфовского месторождения и является причиной малого срока эксплуатации клиноптилолита Чугуевского месторождения. В практике водоочистки контактный материал обычно выбирают эмпирически, без учёта этих свойств и без оценки удельной поверхности, что приводит к проблемам в эксплуатации как фильтров, так и контактных осветлителей.

Таким образом, коэффициент формы зерен контактного материала КО может быть достаточно высоким, если при этом он отвечает требованиям истираемости и долговечности (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент формы зерна материалов контактной загрузки

Материал контактной загрузки	Коэффициент формы зерна
Клиноптилолит Чугуевского месторождения	2,24
Гранодиорит Корфовского месторождения	1,72
Кварцевый песок Павловского угольного разреза	1,17
Кварцевый песок (Волгоградское месторождение)	1,18

По проведенным авторами исследованиям, зерна материала загрузки из дробленого гранодиорита до 20% от общего объема имеют чечевицеобразную плоскую форму (рис. 3). При этом, по данным производителя (Корфовский карьер), коэффициент формы зерна составляет 1,4–1,8. Коэффициент формы плоских гранул контактного материала существенно выше минимально допустимой величины ($K_{кз} < 1,1$).

Рис. 3. Зерна контактной загрузки из гранодиорита чечевицеобразной формы в КО Штыковского водоочистного комплекса (г. Владивосток).

Однако в первый период работы осветлителя зерна более активно взаимодействуют с восходящим потоком. При этом они будут интенсивно и хаотично перемещаться, поскольку имеют большую площадь поверхности контакта и одновременно тонкое ребро при смещенном центре тяжести. Последнее обуславливает отсутствие положения устойчивого равновесия в восходящем потоке. В дальнейшем такие гранулы, имея плоскую форму, будут разрушаться более интенсивно в сравнении с объемными частицами загрузки, увеличивая потери материала. Многолетний опыт эксплуатации фильтровальных сооружений с дроблеными материалами показал, что в первый год эксплуатации загрузка действительно имеет повышенную измельчаемость, связанную с разрушением острых граней зерен при промывке, постепенно в процессе работы показатель измельчаемости снижается.

Одним из особых свойств дробленых пород, таких как гранодиорит, является повышенная сорбционная активность. Указанное свойство определяется не только специфичным составом пород и электростатическим зарядом поверхности зерен дробленого материала, но и развитой поверхностью, которая определяется также и внутренней составляющей открытых микропор. При этом удельная площадь поверхности контакта дробленых пород может на порядок превышать этот показатель для окатанных частиц (речного песка) того же объема.

Однако по мере накопления сорбата (поглощаемого загрязнения) в порах дробленых пород их сорбционные свойства заметно снижаются и полностью не восстанавливаются при гидравлической регенерации фильтрующего материала при простой промывке его обратным током воды. Это связано прежде всего с тем, что загрязнения непосредственно на контакте с развитой поверхностью частиц дробленой породы и в микропорах удерживаются более прочно, чем на окатанной поверхности песка. Как показывает практика очистки природных вод, особенно прочные связи при такой развитой поверхности фильтрующей загрузки возникают с сорбатом, представленным комплексорганическими соединениями. Следовательно, при применении клиноптилолита или гранодиорита фильтрационная способность загрузки при гидравлической регенерации полностью не восстанавливается и существует вероятность остаточной коагуляции. Таким образом, использование в качестве загрузки дробленых материалов в контактных осветлителях достаточно проблематично и требует, как минимум, специального обоснования на базе специальных исследований.

Выводы

В отношении гидродинамических условий в КО определяющим является сам принцип работы осветлителей в связи с тем, что контактная загрузка в восходящем потоке очищаемой воды находится во взвешенном состоянии. Особенно повышенная подвижность частиц наблюдается в верхнем слое взвешенной загрузки, что предопределяет условия активного абразивного взаимодействия частиц зернистой загрузки КО.

Отмечено: в связи с тем что загрузка находится во взвешенном состоянии и степень ее расширения составляет около 10–15%, показатель измельчаемости для КО должен быть существенно меньше 4%. Этот показатель определяет то, что материал загрузки КО при указанных условиях будет иметь большую механическую прочность, чем та, которая на данный момент нормируется для всех фильтрующих материалов. Предполагается, что в ГОСТ Р 51641-2000 этот нюанс, отличающий КО от фильтров, не учитывается, что и определяет одну из задач авторов – в дальнейшем продолжить исследования в этом направлении. Мы полагаем, что в конечном итоге получим основания предъявлять более жесткие требования к прочностным свойствам загрузки КО.

Итак, в ходе проведения исследования были получены физико-химические характеристики нового фильтрующего материала. Сравнительный анализ фильтрующих материалов, предлагаемых в настоящее время в России различными поставщиками, показал некоторые преимущества песка Павловского угольного разреза при его использовании в качестве контактной загрузки для гидродинамических условий работы в КО. При этом важнейшими из них являются показатели механической прочности материалов контактной загрузки и ее сорбционные свойства.

Результаты данного исследования могут быть использованы при выборе фильтрующего материала для фильтров и контактных осветлителей, а также при проектировании станций водоподготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войтов Е.Л., Сколубович Ю.Л., Сколубович А.Ю., Кармалов А.И. Осветление и утилизация промывных вод фильтровальных сооружений станции водоподготовки // III Всерос. науч.-техн. конф. / Сибстрин. Новосибирск: Изд-во Сибстрин, 2010. С. 207–209.
2. Головин В.Л. Седиментационное осветление природных вод // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке России: сб. науч. тр. Вып. 16 / ДальНИИГиМ. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. С. 168–184.
3. ГОСТ Р 51641-2000. Материалы зернистые фильтрующие. М.: Изд-во стандартов, 2000. 14 с.
4. Гриднева М.А., Ананьева М.В., Гавриленко Е.И. Исследование процесса раздельной водовоздушной промывки на предмет износа фильтрующих материалов // Вода Magazine. 2017. № 2. С. 42–43. URL: <https://watermagazine.ru/> (дата обращения: 28.04.2019).
5. Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Салмин С.М. Закономерности изменения гидравлического сопротивления крупнозернистой контактной загрузки при фильтровании водной суспензии // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 121–127.
6. Гришин Б.М., Шеин А.И., Салмин С.М. Экспериментальные исследования очистки воды с применением контактной коагуляции на крупнозернистой загрузке // Водоочистка. 2015. № 4. С. 22–26.
7. Журба М.Г. Фильтры с плавающей загрузкой для сельхозводоснабжения. М.: Колос, 1978. 119 с.
8. Кургаев Е.Ф. Осветлители воды. М.: Стройиздат, 1977. 192 с.
9. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л.: Стройиздат, 1978. 424 с.
10. Максимова С.В., Салмин С.М., Осипова Е.Ю., Бокиев Б.Р. Оценка эффективности процесса коагуляции примесей воды при использовании крупнозернистой контактной загрузки // Вестник Томского гос. архитектурно-строит. ун-та. 2018. № 6. С. 167–178.
11. Салмин С.М. Коагуляция примесей природных вод с использованием крупнозернистой контактной загрузки: дис. ...канд. техн. наук. Пенза, 2015. 149 с.
12. Сколубович Ю.Л., Соппа М.С., Синеева Н.В. Моделирование нестационарных характеристик движения частиц контактной массы в реакторе-осветлителе // Изв. вузов. Строительство. 2015. № 7. С. 38–43.
13. Технические указания на проектирование, строительство и эксплуатацию контактных осветлителей / НИИ КВОВ АКХ. М.: Изд-во АКХ им. К.Д. Памфилова, 1977. 38 с.
14. Bagwell T., Ettlich B. Handbook of public water systems HDR Engineering, Inc. New York, John Wiley & Sons, 2001, 1136 p.
15. Water Treatment. (Principles and practices of Water supply operations series). American Water Works Association. 3rd ed., 2003. 552 p.

DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-3-14>

Medved P., Golovin V.

POLINA MEDVED, Postgraduate Student, Senior Lecturer, e-mail: medved.pv@dvfu.ru
 VICTOR GOLOVIN Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor,
 e-mail: golovin.vl@dvfu.ru
 Department of Construction Engineering Systems
Far Eastern Federal University
 8 Sukhanova St., Vladivostok, Russia, 690091

Primary requirements to granular materials used for the contact loading of clarifiers

Abstract: Surveys of existing clarifiers with contact loading, carried out at water treatment stations of the Primorsky Territory (Artyomovsky and Rakovsky reservoir hydrosystems, including the one in city of Fokino) made it possible to assess a number of qualitative parameters of granular materials used in these systems. Taking into account the hydrodynamic peculiarities of the clarifiers' performance, in which the load during the filter cycle is in a fluidized bed, it was determined that the mechanical strength of contact load materials is the most important indicator. At a sufficiently high intensity, the constant abrasive interaction of the grains of the material can lead to its crushing and unacceptable losses during hydraulic regeneration. Ultimately, the authors obtained the physicochemical characteristics of the new filter material. The results of this study can be used in the selection of a filter material for filters and contact clarifiers, as well as in the design of water treatment plants.

Keywords: contact loading clarifier, working conditions, granular material, design features, requirements for physical and mechanical properties, mechanical strength, grain form.

REFERENCES

1. Voitov E.L., Skolubovich Yu.L., Skolubovich A.Yu., Karmalov A.I. Clarification and utilization of wash water from water treatment plant filtration facilities. III All-Russian Scientific and Technical, Proceedings. Sibstrin. Novosibirsk, Sibstrin Publishing House, 2010, p. 207–209
2. Golovin V.L. Sedimentation clarification of natural waters. Problems of land reclamation and water management in the Far East of Russia. Vol. 16. DalNIIGiM. Vladivostok, Publishing House Dal'nevost. Univ., 2009, p. 168–184.
3. GOST R 51641-2000 Grain filtering materials. M., Standards Publishing House, 2000, 14 p.
4. Gridneva M.A., Ananyeva M.V., Gavrilenko E.I. Investigation of the process of separate water-air washing for wear of filter materials. Water Magazine. 2017;2:42–43. URL: <https://watermagazine.ru/> – 28.04.2019.
5. Grishin B.M., Andreev S.Yu., Salmin S.M. Patterns of changes in the hydraulic resistance of coarse-grained contact load during filtration of aqueous suspensions. Regional architecture and construction. 2013;3:121–127.
6. Grishin B.M., Shein A.I., Salmin S.M. Experimental studies of water treatment with the use of contact coagulation on a coarse load. Water Treatment. 2015;4:22–26.
7. Zhurba M.G. Filters with floating loading for agricultural water supply. M., Kolos, 1978, 119 p.
8. Kurgaev E.F. Water clarifiers. M., Stroyizdat, 1977, 192 p.
9. Kurganov A.M., Fedorov N.F. Handbook of hydraulic calculations of water supply and sanitation. L., Stroyizdat, 1978, 424 p.

10. Maksimova S.V., Salmin S.M., Osipova E.Yu., Bokiev B.R. Evaluation of the efficiency of the process of coagulation of water impurities using coarse-grained contact loading. Bulletin of Tomsk State Architecturally Builds. Univ. 2018;6:167–178.
11. Salmin S.M. Coagulation of impurities of natural waters using coarse-grained contact loading. dis. Cand. Tech. Sciences. Penza, 2015, 149 p.
12. Skolubovich Yu.L., Sopka M.S., Sineeva N.V. Simulation of non-stationary characteristics of the motion of particles of a contact mass in a clarifier reactor. . Izv. Univ. Construction. 2015;7:38–43.
13. Technical instructions for the design, construction and operation of contact clarifiers. M., Publishing House of the AKH named after K.D. Pamfilov, 1977, 38 p.
14. Bagwell T., Ettlich B. Handbook of public water systems HDR Engineering, Inc. New York, John Wiley & Sons, 2001, 1136 p.
15. Water Treatment. (Principles and practices of Water supply operations series). American Water Works Association. 3rd ed., 2003. 552 p.