УДК 628.113, 628.169.2, 628.169.7

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-1-156-161

© В. А. Лысов, канд. техн. наук, профессор

© V. A. Lysov, PhD in Sci. Tech., Professor

© Д. А. Бутко, канд. техн. наук, доцент

© D. A. Butko, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Донской государственный технический университет)

(Don State Technical University)

E-mail: den_111@mail.ru

E-mail: den_111@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СООРУЖЕНИЯ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА

INTEGRATED USE OF SLUDGE TREATMENT AND DISPOSAL FACILITIES

Рассматривается способ обезвоживания и утилизации осадка станций водоподготовки посредством шламонакопителей. Показано, что шламонакопители не только принимают и обрабатывают осадок, а могут использоваться в качестве предварительного отстойника для осветления мутных вод и аккумуляющей (запасной) емкости в цепочке водоподготовки промышленных предприятий.

Ключевые слова: осадок станций водоподготовки, шламонакопители, предварительный отстойник, запасная емкость.

The paper discusses a method of dehydration and disposal of sludge from water treatment plants using sludge collectors. It is shown that sludge collectors not only receive and process sludge, but can also be used as preliminary settlers for clarification of muddy waters and accumulating (spare) capacity in the water treatment chain of industrial enterprises.

Keywords: sludge of water treatment plants, sludge collectors, preliminary settler, spare capacity.

В интенсивном развитии глобального рынка экологических услуг значительную долю составляют услуги по водоснабжению и очистке сточных вод. Неоднократно на всероссийских форумах^{1,2,3,4}, посвященных проблемам систем водоснабжения и развития сектора экологических услуг по водоснабжению и очистке сточ-

ных вод в России, рассматривались глобальные вопросы водоснабжения в России, однако вопросам охраны окружающей среды, связанным с обработкой и утилизацией водопроводных осадков, полученных при промывке отстойных сооружений, осветлителей, в том числе и сооружений повторного использования, не было уделено соответствующего внимания.

Своевременная обработка большого количества осадка при соблюдении существующих правил охраны поверхностных вод от загрязнения и при ограниченной возможности отвода значительных земельных участков для естественной подсушки осадка является одной из актуальных проблем в технологической обработке воды. Успешное решение этой проблемы требует объединения усилий как научных организаций, так и организаций, эксплуатирующих сооружения водоподготовки. Путем изучения структуры

¹ Резолюция Всероссийского съезда водоканалов. Стратегия развития централизованного водоснабжения в Российской Федерации. Роль водоканалов в обеспечении здоровья нации. URL: <https://raww.ru/assets/files/resources/26/rezolyucziya-sochi.pdf>

² Резолюция Всероссийского съезда водоканалов. Водоканалы XXI века: стандарты качества, техническая политика, природоохранная миссия. (К 120-летию Первого Русского водопроводного съезда). URL: <https://raww.ru/assets/files/resources/26/rezolyucziya-ekaterinburg.pdf>

³ Резолюция III Всероссийского съезда водоканалов. Водоснабжение — основа территориального развития и обеспечения национальной безопасности. URL: <https://raww.ru/events/vserossijskie-sezdyi-vodokanalov/3-conference/novosti/207-itogi-iii-vserossijskogo-sezda-vodokanalov.html>

⁴ Резолюция по итогам Всероссийского водного конгресса 2019. URL: <https://yadi.sk/d/09v19HhHGa3dhA>

и свойств различных осадков, выявления трансформации исходных свойств этих осадков представляется возможным получить сооружения, не только обрабатывающие осадок, но и взаимодействующие с основной схемой очистки. Покажем вариант такого симбиоза на примере очистных сооружений Краснодарского химического завода в городе Белореченске (ООО «ЕвроХим-Белореченские минудобрения»).

В ряде источников [1, 2] описывается рациональная технология очистки для водоснабжения высокомутных вод, в частности, широко известны работы в этом направлении И. С. Бабаева [3]. Однако имеющийся опыт свидетельствует о том, что могут быть и другие варианты такой технологии, в частности использование шламонакопителя не только с целью накопления и обезвреживания осадка, а и для иных функций.

Очистные сооружения этого водопровода (проектировщик ГПИ Ростовский «Водоканал-проект») введены в действие в 1977 г. На них осуществляется очистка воды р. Белой с целью дальнейшего использования ее на станции химической водоочистки завода и для подпитки оборотных циклов. Река Белая относится к источникам с высокомутными водами с периодами высокой мутности воды продолжительностью двое-трое суток. В таблице приводятся данные о среднемесячных и среднегодовых концентрациях взвешенных веществ в воде реки за шесть лет (1983–1988 гг.). В отдельные короткие периоды в р. Белой повышается содержание железа (до 1 мг/л) и алюминия (до 1 мг/л), остальные показатели качества воды не превышают предельно допустимых концентраций для использования их в системах оборотного водоснабжения.

Очистные сооружения, первоначально рассчитанные на производительность 34 тыс. м³/сут, состоят из реагентного хозяйства для приготовления и дозирования растворов сернокислого алюминия, соды и ПАА (полиакриламида геля аммиачного), двух отделений вихревого смесителя и шести горизонтальных отстойников с пристроенными к ним камерами хлопьеобразования вихревого типа. Удаление осадка из отстойников осуществляется напорной гидравлической системой РИСИ (РГСУ) и последующей перекачкой пульпы в шламонакопитель, расположенный около очистных сооружений. Шламонакопитель рассчитан на десятилетний срок службы и представляет собой неправильной формы открытую емкость площадью 10 га, вырытую в земле, объемом 350 тыс. м³ и расчетной глубиной 9,3 м по плоскому дну. Стены емкости выполнены с уклоном 1 : 3 и в верхней части облицованы бетонными плитами по основанию из камня.

С самого начала эксплуатации основных сооружений выяснилось, что они не в состоянии обеспечивать требуемое качество осветления воды (концентрация взвешенных веществ — не более 20 мг/л и в короткие периоды паводка — до 50 мг/л), особенно в периоды высокой мутности воды в р. Белой. В связи с небольшой потребностью завода в технической воде в начальный период эксплуатации (производительность порядка 15 тыс. м³/сут), на основании выполненных исследований, во время паводка было решено использовать шламонакопитель в качестве отстойного сооружения для безреагентного осветления воды. Для этого от подводящих речную воду водоводов были выполнены присоединения из перфорированных асбестоцементных труб длиной 50 м каждая к двум сброс-

Качество воды р. Белая в районе водозабора Краснодарского химического завода

Год	Средние значения величины концентрации взвешенных веществ, мг/л												
	Месяцы												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1983	476	168	70,5	84	220	223	183	117	60	28	240	237	185
1984	101	18	131	262	201	258	158	630	27	265	278	35	200
1985	564	219	390	240	542	775	291	77	256	181	267	121	320,9
1986	262	497	219	120	608	1527	118	100	20	29,6	65,9	262	314
1987	730	728	186	585	1270	1130	789	84	21	20	72,5	278	491
1988	54	294	595	515	367	1240	560	236	225	105	595	420	434

ным линиям шламонакопителя. Забор осветленной воды из шламонакопителя осуществляется через стакан, выполненный из сваренных между собой половинок стальных труб, имеющий вертикальный вырез, перекрытый крупной сеткой на глубину 5,5 м от поверхности. Вода из стакана отводится по трубе диаметром 900 мм в резервуар чистой воды или насосную станцию второго подъема.

В дальнейшем, в связи с увеличением производительности очистных сооружений промышленного водопровода (в 1988 г. их среднесуточная подача на завод составляла 38 400 м³), был запроектирован и в 1986 г. введен в действие второй шламонакопитель полезным объемом 230 тыс. м³, примыкающий к первому, а объем первого накопителя путем наращивания дамбы на 3 м увеличен до 420 тыс. м³ (рисунок).

На основании начального опыта эксплуатации по проекту расширения очистных сооружений эти два накопителя помимо своего прямого назначения (накапливать шлам сбросных вод горизонтальных отстойников), предназначались для приема воды в периоды паводков из р. Белой и безреагентного осветления ее. Далее вода

должна подаваться на очистные сооружения реагентного осветления, дополненные еще тремя горизонтальными отстойниками с камерами хлопьеобразования вихревого типа и вихревым смесителем. В дальнейшем предполагалось построить цех механического обезвоживания осадка горизонтальных отстойников и таким образом полностью использовать существующие шламонакопители только в качестве предварительных отстойников. Подача воды р. Белой в шламонакопители выполнялась рассредоточено, в виде десяти поверхностных впусков, расположенных равномерно по длине одной из торцевых сторон накопителя. Причем предусмотрена возможность как параллельной, так и последовательной эксплуатации двух накопителей. В последнем случае вода подается в торец накопителя А, осветляется в нем, затем собирается сборным лотком 2, расположенным на противоположной стороне накопителя, и через приемный колодец 3 по двум перепускным трубам поступает в накопитель В. Дополнительно осветленная в накопителе В вода поступает в сборный лоток аналогичной конструкции и далее — в насосную станцию второго подъема.

Схема очистного сооружения: А — новый шламонакопитель; В — старый шламонакопитель; О.С. — очистные сооружения; Н.С. — насосная станция II подъема совмещенная с насосной станцией подкачки; Ш.С. — шламовая насосная станция; 1 — система рассредоточенного ввода исходной воды в шламонакопители; 2 — сборные лотки осветленной воды в шламонакопителях; 3 — водоприемные колодцы; 4 — водозаборный оголовок — стакан в шламонакопителе В; 5 — приемный резервуар для воды из шламонакопителей

С 1986 г. исследовалась работа группы шламонакопителей (А и В). В результате исследований по совершенствованию режима обработки воды на очистных сооружениях промышленного водопровода в настоящее время, в зависимости от качества воды в источнике, применяются следующие схемы очистки:

- при концентрации взвешенных веществ в воде реки, устойчиво не превышающих 100–300 мг/л, вся вода насосами первого подъема подается в шламонакопитель А, откуда через сборный лоток и перепускные трубы в шламонакопитель В и затем через старый водозабор в насосную станцию второго подъема и на завод. Таким образом, осуществляется безреагентная очистка подпиточной воды. Концентрация взвешенных веществ в ней, как правило, не превышает в этот период 10–15 мг/л;

- при значительных колебаниях качества речной воды, когда концентрация взвешенных веществ в ней находится в пределах 200–500 мг/л, часть речной воды (до 1200–1400 м³/ч) подвергается реагентной обработке и отстаиванию в горизонтальных отстойниках. Другая часть направляется в шламонакопитель А, затем в шламонакопитель В, откуда через старый водозабор с расходом 400–600 м³/ч поступает в насосную станцию второго подъема и вместе с осветленной в отстойниках водой подается на завод;

- при концентрациях взвешенных веществ в речной воде от 400 до 3000 мг/л подача ее в шламонакопители прекращается, но она еще пропускается через очистные сооружения реагентной обработки воды. Из шламонакопителей вода в это время отбирается за счет их аккумулярующей емкости. Такая схема позволяет обеспечить надежное водоснабжение завода в эти периоды, способствует уменьшению темпов накопления осадка в накопителях и увеличению срока их службы. Для более полного использования аккумулярующей емкости накопителей и повышения надежности системы промышленного водоснабжения завода во время эксплуатации необходимо особое внимание уделять своевременному заполнению шламонакопителей речной водой до максимальной отметки;

- в отдельные дни паводка, когда концентрация взвешенных веществ в речной воде достигает 3000–4000 мг/л и более, а также во время

ремонтных работ на насосной станции первого подъема или на водоводах, подача воды насосной станции первого подъема прекращается и питание завода осуществляется исключительно за счет аккумулярующей емкости обоих шламонакопителей.

Предусмотренная проектом конструкция забора осветленной воды сборным лотком ограничивает использование аккумулярующей емкости, так как уровень водослива в лотке находится всего на 0,5 м ниже максимально возможного уровня воды в накопителе. Поэтому в накопителе В отбор осветленной воды осуществляется через новую [4] конструкцию водозабора.

Исходя из вышесказанного, можно сказать, что работа очистных сооружений с группой шламонакопителей по описанной схеме обеспечила возможность надежного снабжения завода подпиточной водой требуемого качества и в необходимом количестве во все периоды года, даже при условии резкого увеличения концентрации взвешенных веществ в воде р. Белой. Кроме того, имеется возможность обеспечивать подачу подпиточной воды на завод с расходами, значительно превышающими проектную производительность очистных сооружений реагентного осветления воды (40–42 тыс. м³ против 34 тыс. м³). В зависимости от качества воды в р. Белой в течение примерно 5–6 месяцев в году можно осуществлять полностью безреагентное осветление подпиточной воды в группе шламонакопителей, что дает большую экономию в расходовании реагентов, электроэнергии и воды на собственные нужды очистных сооружений.

Наряду с исследованием сооружений промышленного водоснабжения в течение более десяти лет эксплуатации регулярно проводили исследования кинетики накопления осадка в шламонакопителе В и в течение двух лет — в шламонакопителе А. Для этого поверхность шламонакопителей была разбита на продольные и поперечные створы с расстоянием между ними 25 и 50 м. В точках пересечения створов раз в год в одно и то же время при помощи специальных плавсредств и приборов замерялся уровень осадка на дне накопителя и анализировалось его размещение по дну, а в отдельных створах специально сконструированным пробоотборником отбирались пробы осадка, в которых определя-

лась его влажность. В результате исследований установлено, что распределение осадка в шламонакопителе В идет более или менее равномерно по площади дна, имея максимум в районе сброса промывных вод отстойников. Средняя толщина слоя осадка по площади дна на момент окончания исследований составляла 1,2 м, причем за последний год при средней производительности промышленного водопровода 38 400 м³/сут средний прирост слоя осадка равнялся 0,091 м. В шламонакопителе А формирование слоя осадка находится в начальной стадии; за два года средняя величина его слоя на дне составила 0,136 м.

Отмечается весьма неравномерная влажность осадка по глубине его слоя в шламонакопителе В. Если в верхней части слоя влажность свежего осадка колеблется в пределах 70–75 %, то на глубине 0,5 м и более она достигает 55–60 %. Такое низкое значение влажности осадка в шламонакопителе может быть объяснено тем, что значительная его часть образована некоагулированной взвесью, состоящей преимущественно из частиц минерального происхождения (содержание органики во взвеси воды р. Белой не превышает 10–15 %).

Сброс промывных вод горизонтальных отстойников осуществляется по первоначальному проекту в придонную зону накопителя В, что способствует быстрому разделению сбросного потока на осадок на дне и отделившуюся воду и не вызывает серьезного ухудшения процесса осветления в шламонакопителе. Кроме того, подача в накопитель А только речной некоагулированной воды способствует образованию в нем осадка высокой плотности, имеющего малый объем. Проведены сравнительные исследования поверхностного и глубинного впуска речной воды в шламонакопитель с целью ее эффективного осветления. Для этого в шламонакопитель А в течение одного года осуществлялся впуск воды через поверхностные устройства. При этом изучался эффект осветления воды за время прохождения ее через накопитель и определялся ее коэффициент объемного использования накопителя, который оказался близким к 0,5. Основываясь на результатах более длительного срока эксплуатации шламонакопителя в качестве отстойника, конструкцию впуска воды в шламонакопитель А изменили путем наращивания впуск-

ных патрубков пластмассовыми трубами длиной 20 м каждая и прокладки их по откосу дна с выходом воды на глубине 6,2 м от поверхности. При этом эффект осветления воды в шламонакопителе А при прочих равных условиях улучшился и был более или менее стабильным во все периоды года.

В результате внедрения разработанной технологии осветления высокомутных вод р. Белой на промышленном водопроводе Краснодарского химического завода (ООО «ЕвроХим-Белореченские минудобрения») обеспечено бесперебойное снабжение завода технической водой в необходимом количестве и должного качества. Таким образом, экономический эффект от внедрения составил 1 648 700 руб./год в ценах 2000 года.

Выводы

1. Применение на станциях водоподготовки шламонакопителей позволяет не только обрабатывать осадок, но и успешно улучшать основной процесс водоподготовки.
2. Шламонакопитель необходимых размеров может использоваться как резервуар-накопитель воды, тем самым повышая надежность работы станции.
3. Динамика накопления осадка и степень снижения его влажности в процессе уплотнения в шламонакопителе обеспечивают длительность эксплуатации сооружений, измеряемую десятилетиями.
4. Заполненную емкость после полного наполнения можно использовать под зеленые площадки, спортивные площадки или иные нужды станции водоподготовки.

Библиографический список

1. Михайлов В. А., Лысов В. А., Ананко П. Д., Абасов Т. А. Предварительное отстаивание высокомутных вод с реагентной обработкой и технико-экономические предпосылки его применения // Водоснабжение и санитарная техника. 1980. № 2. С. 7–9.
2. Лысов В. А., Михайлов В. А., Бутко А. В., Нечаева Л. И., Баринев М. Ю. Использование шламонакопителей в качестве отстойных сооружений высокомутных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1990. № 2. С. 21–23.
3. Бабаев И. С. Безреагентные методы очистки высокомутных вод. М.: Стройиздат, 1978. 80 с.

4. А. с. 1710095 СССР, МПК В01Д 21/24, С02F 1/52, С02F 103/02. Отстойник-шламоотделитель / В. А. Лысов, Л. И. Нечаева, Е. Ф. Кургаев, В. А. Михайлов, А. В. Бутко; Ростовский инженерно-строительный институт. № 4790455; заявл. 13.02.1990; опубл. 07.02.1992.

References

1. Mikhaylov V. A., Lysov V. A., Ananko P. D., Abasov T. A. *Predvaritel'noe otstaivanie vysokomutnykh vod s reagentnoy obrabotkoy i tekhniko-ekonomicheskie predposylki ego primeneniya* [Preliminary sedimentation of high-mercury waters with reagent treatment and technical and economic prerequisites for its application].

Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water supply and sanitary equipment, 1980, no. 2, pp. 7–9.

2. Lysov V. A., et al. *Ispol'zovanie shlamonakopiteley v kachestve otstoynykh sooruzheniy vysokomutnykh vod* [Use of sludge accumulators as sedimentary structures of high-turbid water]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water supply and sanitary equipment*, 1990, no. 2, pp. 21–23.

3. Babaev I. S. *Bezreagentnye metody ochistki vysokomutnykh vod* [Reagent - free methods of high-turbid water treatment]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1978, 80 p.

4. Lysov V. A., et al. *Otstoynik-shlamootdelitel'* [Sump-sludge separator]. A.s. 1710095 SSSR, MPKB01D 21/24, C02F 1/52, C02F 103/02. Rostov Institute of Civil Engineering Publ., no. 4790455, 1992.