МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗВЕСТКОВАНИЮ ВОДЫ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
МОСКВА 1973

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.187.12(083.96)

Составлено водно-химическим отделением Всесоюзного дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнического научно-исследовательского института им.Ф.Э.Дзержинского

А в т о р ы канд.техн.наук В.М.КВЯТКОВСКИЙ
и инж. А.И.БАУЛИНА
Р е д а к т о р инж. В.Ф.ГВОЗДЕВ

О Г Л А В Л Е Н И Е

В в е д е н и е 3
I. Назначение и описание метода известкования воды 4
П. Основные факторы, влияющие на процесс известкования 2I
Ш. Результаты очистки воды 26
1У. Осветлитель 37
У. Механические фильтры 60
У1. Конструктивное решение и проектирование предочистки 6I
УП. Наладка и эксплуатация предочистки 75
П р и л о ж е н и е I. Методика лабораторных опытов по известкованию воды 80
П р и л о ж е н и е 2. Вычисление равновесного остаточного содержания магний-иона в известкованной воде 82
П р и л о ж е н и е 3. Определение мутности воды по величине оптической плотности 84
П р и л о ж е н и е 4. Определение физических свойств контактной среды осветлителя 85
П р и л о ж е н и е 5. Основные требования к монтажу осветлителя 87
П р и л о ж е н и е 6. Анализ полиакриламида ... 90
Л и т е р а т у р а 94

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер Главтехуправления
С.И.МОЛОКАНОВ
17 апреля 1972 г.

ВВЕДЕНИЕ

Руководящие указания по известкованию воды предназначены для использования при проектировании, наладке и эксплуатации водоподготовительных установок электростанций системы Минэнерго СССР.

Наряду с декарбонизацией при известковании воды перед химическим обессоливанием требуется глубокое удаление органических соединений, соединений железа и нереакционноспособной кремнекислоты.[1]

Изучение и совершенствование технологии известкования в свете этих требований, разработка аппаратуры для установок высокой производительности еще не закончены. Однако признано необходимым уже на данном этапе выпустить Руководящие указания по известкованию воды, поскольку предыдущий инструктивный материал [Л.1] устарел.

Руководящие указания составлены на основе исследований ВТИ, опыта проектирования, наладки и эксплуатации водоподготовительных установок электростанций, а также литературных данных.

Указания содержат главным образом сведения по применению известкования перед химическим обессоливанием добавочной воды котлов.

---

[1] Этим термином далее обозначена та доля соединений кремния, которая без специальной обработки пробы воды не образует кремнемолибденового комплекса.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОПИСАНИЕ МЕТОДА ИЗВЕСТКОВАНИЯ ВОДЫ

1. На электростанциях известкование воды применяют:

- для предварительной очистки добавочной воды котлов перед ее химическим обессоливанием или питательной воды испарителей перед ее *Na*-катионированием;

- для очистки воды, подаваемой на подпитку теплосети;

- как сопутствующее мероприятие при магнезиальном обескремнивании [Л.2].

Возможно также применение известкования для декарбонизации добавочной воды систем охлаждения конденсаторов турбин.

2. Известкование (или коагуляция сернокислым алюминием в случае технико-экономической целесообразности такой замены) обязательно при питании водоочистки водой поверхностного источника.

Подземные воды известкуют при технико-экономической целесообразности в случае большой исходной щелочности или при большом содержании соединений железа, а перед химическим обессоливанием также и при наличии нереакционноспособной кремнекислоты.

3. При известковании достигается снижение щелочности воды (и, как правило, соответствующее снижение жесткости и сухого остатка), удаление взвеси и осветление, снижение содержания соединений железа, кремнекислоты, органических соединений и снижение цветности воды.

4. Известкование проводится в осветлителе, куда подают подогретую воду и реагенты - известь, коагулянт и при необходимости флокулянт (рис.1). Примеси удаляются из воды в составе осадка, который выводят из осветлителя в дренах с продувочной водой. Известкованную воду окончательно осветляют в механических фильтрах и направляют на дальнейшую ионитовую обработку или к месту потребления.

5. Для известкования воды используют следующие реагенты:

а) кальциевую быстрогасящуюся известь.

Из-за отсутствия сорта, специально изготавливаемого для обработки воды, обычно применяют строительную известь комовую (ГОСТ 9179-70), реже известковое молоко или известь гидратную (пушонку). Содержание активного вещества (*CaO*) в поставляемой

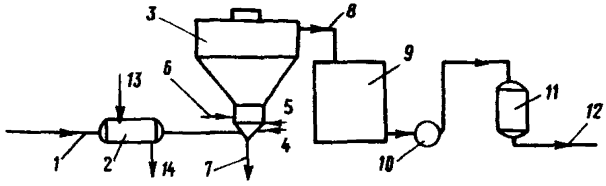


Рис.1. Схема процесса известкования воды:

1 - исходная вода; 2 - подогреватель; 3 - осветлитель; 4 - известковое молоко; 5 - раствор коагулянта; 6 - раствор флокулянта; 7 - в дренаж; 8 - известкованная вода; 9 - промежуточный бак; 10 - перекачивающий насос; 11 - механический фильтр; 12 - осветленная вода; 13 - греющий пар; 14 - конденсат греющего пара

комовой извести обычно существенно ниже, чем это установлено ГОСТ (65-85 вес.%), и составляет около 40%, а иногда и меньше. Оно различно в различных партиях продукта. Известь дозируют в виде суспензии (известкового молока), а на установках малой производительности - в виде раствора.

При гашении извести происходит гидратация окиси кальция:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \ ;$$

б) в качестве коагулянта, как правило, - сернокислое закисное железо ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) - купорос железный технический (ГОСТ 6981-54). В сорте А содержание $FeSO_4$ не менее 53%, нерастворимых примесей не более 0,4%, в сорте Б - соответственно 47% и 1%. Реагент поставляется в деревянных ящиках, бочках или барабанах;

в) в качестве флокулянта - полиакриламид (ПАА) - вязкий, желто-зеленый гель, содержащий от 4 до 9% активного продукта (полимера), а также некоторое количество примесей (гипс или сульфат аммония) и мономера.

Молекула полимера состоит из звеньев амида $-\underset{\underset{CO}{|}}{CH}-CH_2-$ $\quad\quad$ $-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_2-$
и солей акриловой кислоты $-\underset{\underset{CO}{|}}{CH}-CH_2-$
$\quad\quad\quad

6. При известковании протекает процесс декарбонизации, т.е. снижение щелочности обрабатываемой воды.

Природная щелочность воды обусловливается в основном присутствием бикарбонат-ионов (HCO_3^-), находящихся в химическом равновесии с угольной кислотой (H_2CO_3) и карбонат-ионами (CO_3^{2-}).

Процентное соотношение содержания в воде этих форм угольной кислоты (H_2CO_3 в грамм-молекулах в литре, HCO_3^- и CO_3^{2-} в грамм-ионах в литре) в зависимости от значения pH при малой минерализации воды и температуре 25°С указано в табл.1.

Таблица 1

Форма угольной кислоты	Содержание угольной кислоты в воде (%) при значении pH							
	5	6	7	8	9	9,5	10	10,5
H_2CO_3	100	69	18	2,2	0,2	-	-	-
HCO_3^-	-	31	82	97,3	95,2	87	68	40
CO_3^{2-}	-	-	-	0,5	4,6	13	32	60

В природной воде (pH около 7) содержится свободная угольная кислота и ионы HCO_3^-; ионы CO_3^{2-} практически отсутствуют. При значениях pH, равных 9 и больших, угольная кислота практически полностью диссоциирована - свободная угольная кислота отсутствует. По мере возрастания величины pH содержание ионов HCO_3^- убывает, а ионов CO_3^{2-} увеличивается.

Декарбонизация воды достигается повышением pH воды сверх 9 в результате дозирования извести и выводом (путем осаждения) из сферы реакции образующихся карбонат-ионов в составе труднорастворимого соединения $CaCO_3$.

При растворении извести в обрабатываемой воде увеличивается содержание ионов Ca^{2+} и OH^-:

$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-. \qquad (I)$$

Увеличение концентрации OH^--ионов приводит к нарушению существовавшего в воде равновесия между их содержанием и содержа-

нием H^+ – ионов. Условия этого равновесия определяются уравнением:

$$\left|H^+\right|_a \cdot \left|OH^-\right|_a = K_в \ , \qquad (2)$$

где $\left|H^+\right|_a$ и $\left|OH^-\right|_a$ – активные концентрации ионов H^+ и OH^-;

$K_в$ – ионное произведение воды – при данной температуре величина постоянная.

Нарушение равновесия сопровождается связыванием ионов H^+ и OH^- в молекулы воды:

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O \ . \qquad (3)$$

Из сферы реакции выводятся при этом как ионы OH^-, так и ионы H^+, но содержание последних в обрабатываемой воде ограничено (оно определяется диссоциацией самой воды и угольной кислоты), а содержание OH^--ионов может поддерживаться на требуемом уровне дозированием извести. Поэтому при вновь установившемся равновесии концентрация H^+-ионов оказывается намного меньше первоначальной и меньше концентрации OH^--ионов;

$$\left|H^+\right|_a = K_в : \left|OH^-\right|_a \ . \qquad (4)$$

Соответственно возрастает против прежнего значения и величина pH.

В результате повышения величины pH до 9 и более (обычно не больше 10,3) происходит:

а) гидратация свободного углекислого газа и диссоциация образующихся молекул угольной кислоты до карбонат-ионов:

$$CO_2 + 2OH^- + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 + 2OH^- \longrightarrow H^+ + HCO_3^- + 2OH^- \longrightarrow$$
$$\longrightarrow H_2O + HCO_3^- + OH^- \longrightarrow H_2O + H^+ + CO_3^{2-} + OH^- \longrightarrow$$
$$\longrightarrow 2H_2O + CO_3^{2-} \ . \qquad (5)$$

Суммарно, опуская промежуточные стадии:

$$CO_2 + 2OH^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O \ ; \qquad (6)$$

б) диссоциация бикарбонат-ионов, обусловливающих щелочность исходной воды:

$$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3^{2-} \ . \qquad (7)$$

Учитывая конечный результат [1], уравнения (3) и (7) могут быть записаны в виде одного - суммарного:

$$HCO_3^- + OH^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O \ . \qquad (8)$$

Вследствие повышения концентрации CO_3^{2-}-ионов достигается произведение растворимости $CaCO_3$ ($ПР_{CaCO_3}$) и происходит выделение в осадок ионов CO_3^{2-} и Ca^{2+} - как первоначально содержавшихся в воде, так и введенных с известью:

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow \underline{CaCO_3}\downarrow \ . \qquad (9)$$

Выделение ионов CO_3^{2-} из раствора в составе осадка приводит к дальнейшей диссоциации ионов HCO_3^-.

При дозировании извести в количестве, большем, чем это необходимо для связывания CO_2 и разложения ионов HCO_3^-, в воде появляется избыточная концентрация ионов OH^-, в результате чего достигается произведение растворимости гидроокиси магния ($ПР_{Mg(OH)_2}$), которая также выпадает в осадок, что приводит к частичному снижению магниевой жесткости воды:

$$Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow \underline{Mg(OH)_2}\downarrow \ . \qquad (10)$$

---

[1] Запись условна, так как взаимодействие между двумя ионами с одинаковыми зарядами невозможно.

Приведенные уравнения лишь примерно отражают происходящие процессы, так как они составлены исходя из предположения, что все ионы Ca^{2+} выделяются в виде $CaCO_3$ и все ионы Mg^{2+} - в составе $Mg(OH)_2$. В действительности наряду с основной массой этих соединений выделяются и другие более сложные (например, типа $Ca \cdot Mg(CO_3)_2$). Состав и условия образования этих соединений изучены недостаточно.

Частичное образование подобных соединений приводит к тому, что требуемые дозы извести, содержание растворенных соединений в известкованной воде и состав образующегося осадка несколько отличаются от определенных расчетом из уравнений (6)-(10).

7. Для углубления эффекта декарбонизации и удаления других примесей в обрабатываемую воду наряду с известью дозируется коагулянт - обычно сернокислое закисное железо (железный купорос) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

Оборудование для коагуляции должно быть предусмотрено во всех случаях известкования воды в осветлителях, работающих с контактной средой из ранее выпавшего взвешенного шлама.

8. При введении в воду сернокислого закисного железа происходит гидролиз его, окисление растворенным в воде кислородом и образование гидроокиси железа:

$$FeSO_4 \rightarrow Fe^{2+} + SO_4^{2-} ;$$

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 ;$$

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow \underline{4Fe(OH)_3} \downarrow . \qquad (11)$$

Суммарно:

$$4FeSO_4 + 8OH^- + 2H_2O + O_2 \rightarrow \underline{4Fe(OH)_3} \downarrow + 4SO_4^{2-} \qquad (12)$$

или в молекулярной форме

$$4FeSO_4 + 4Ca(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \longrightarrow \underline{4Fe(OH)_3} + 4CaSO_4 \quad . \qquad (13)$$

Гидроокись железа образует первоначально коллоидную систему, частицы которой коагулируют коллоидные примеси исходной воды. Затем образуются хлопья, которые захватывают естественную взвесь и мелкие частицы осадка, выделяющегося при известковании воды.

Стехиометрическое количество кислорода, требуемое для окисления Fe^{2+} в Fe^{3+}, составляет около 4 мг O_2 на 1 мг-экв $FeSO_4$; для ускорения процесса и большей полноты окисления требуется некоторый избыток кислорода. Обычно содержание растворенного кислорода в известкуемой воде достаточно. В отдельных относительно редких случаях в зимний период во время ледостава кислорода может не хватить из-за плохой аэрации исходной воды в источнике.

Нехватка кислорода может быть также вызвана наличием в исходной воде загрязняющих веществ, на окисление которых в процессе самоочищения водоисточника расходуется кислород.

В таких случаях для окисления закисного железа требуется обогащать воду кислородом путем ее аэрации воздухом или до подачи коагулянта вводить в обрабатываемую воду активный хлор.

Процесс окисления закисного железа активным хлором описывается следующим уравнением:

$$6FeSO_4 + 3Cl_2 = 2FeCl_3 + 2Fe_2(SO_4)_3 \quad . \qquad (14)$$

Стехиометрический расход активного хлора:

$$Cl_a \approx 17,5 \left(Д_к - \frac{[O_2]}{4}\right) \text{ мг/л} \quad , \qquad (15)$$

где $Д_к$ - доза коагулянта, мг-экв/л;

$[O_2]$ - содержание в воде растворенного кислорода, мг/л.

Фактически требуется дозировать активный хлор в количествах, больших стехиометрического, из-за расходования его на окисление других примесей, содержащихся в воде.

Время, потребное на окисление кислородом закисного железа до окисного, зависит от величины pH воды. Оно составляет примерно 2-3 мин при pH=10.

9. Кроме сернокислого закисного железа $FeSO_4$, в качестве коагулянта при известковании возможно применение хлорного железа $FeCl_3$ и сернокислого окисного железа $Fe_2(SO_4)_3$. Эти коагулянты редко применяются на водоподготовительных установках электростанций из-за их большой коррозионной активности, особенно $FeCl_3$. Их преимущество перед сернокислым закисным железом в том, что не требуется окисление Fe^{2+} до Fe^{3+}.

10. Применять в качестве коагулянта при известковании воды сернокислый алюминий $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ не следует: при обычно поддерживаемых значениях pH около 10 и более из-за амфотерности гидроокиси алюминия повышается остаточное содержание его соединений в известкованной воде и ухудшается результат коагуляции, кроме того, если последующая обработка добавочной воды ограничивается катионированием, алюминий, находясь в составе аниона, не будет задержан и поступит в котел, где поведет себя как накипеобразователь.

11. Дозу коагулянта невозможно определить расчетом по анализу исходной воды. Ее следует определять экспериментально пробной коагуляцией при одновременном известковании в лабораторных условиях (методику лабораторной обработки воды см. в приложении 1) и уточнять далее по результатам обработки воды на предочистке.

В зависимости от свойств исходной воды и желаемых результатов ее очистки при известковании требуются различные дозы коагулянта. Обычно достаточна доза в пределах 0,25-0,75 мг-экв/л. Дозу приходится увеличивать: при необходимости достичь возможно более глубокого удаления соединений железа из "трудно обезжелезиваемых" вод,[1] при высокой окисляемости исходной воды и ее загрязнении промышленными стоками, при известковании вод с малой исходной

[1] При современном уровне сведений только экспериментально может быть определено, какая исходная вода попадает под это определение. Обычно это воды, сильно загрязненные промышленными стоками.

щелочностью, при известковании высокоцветных вод, используемых далее для подпитки теплосети с открытым водоразбором.

В первых трех случаях обычно достаточна доза коагулянта 1 мг-экв/л и редко 1,25 мг-экв/л. В последнем случае требуемая доза иногда достигает 2 мг-экв/л и больше.

12. Применение коагуляции солями железа увеличивает расход извести, кальциевую некарбонатную жесткость, содержание сульфат-ионов (или хлор-ионов при использовании в качестве коагулянта хлорного железа), естественно, сухой остаток воды, т.е. приводит к увеличению расхода реагентов и на известкование, и на последующую ионитовую обработку воды. Поэтому при эксплуатации предочистки следует поддерживать ту минимальную дозу коагулянта, при которой достигается необходимое качество известкованной воды и необходимые свойства шлама, образующего контактную среду в осветлителях, своевременно уменьшая дозу коагулянта при сезонном улучшении свойств исходной воды. Однако в периоды ухудшения качества исходной воды необходимо своевременно увеличивать дозу коагулянта для того, чтобы избежать ухудшения качества известкованной воды, ухудшения условий последующей ионитовой обработки воды, а иногда и ухудшения состояния основного энергетического оборудования.

13. Щелочность известкуемой воды снизится в том случае, если образующиеся CO_3^{2-}-ионы будут удалены в осадок в составе $CaCO_3$ [уравнение (9)]. Для этого необходимо, чтобы количество Ca^{2+}-ионов, содержавшихся в исходной воде и введенных с известью, было не меньше (при выражении концентрации веществ в эквивалентных единицах), чем количество образующихся CO_3^{2-}-ионов:

$$\Delta\left|CO_3^{2-}\right| \leq \left|Ca^{2+}\right|_{исх} + Д_{и} \text{ мг-экв/л.} \quad (16)$$

CO_3^{2-}-ионы образуются в результате связывания свободной CO_2 [уравнение (6)] и диссоциации ионов HCO_3^- [уравнение (7)]. При диссоциации одного одновалентного HCO_3^--иона образуется один двухвалентный CO_3^{2-}-ион, т.е. в эквивалентных единицах количество образующихся CO_3^{2-}-ионов будет в два раза больше содержавшихся в воде HCO_3^--ионов. Количество образующихся CO_3^{2-}-ионов:

$$\left|CO_3^{2-}\right| = \left|CO_2\right|_{исх} + 2\left|HCO_3^-\right|_{исх} - 2\left|HCO_3^-\right|_{ост} \text{ мг-экв/л.} \quad (17)$$

Количество HCO_3^--ионов, которое остается в известкованной воде при поддерживаемом значении pH (см.табл.1) - $|HCO_3^-|_{ост}$, невелико. CO_3^{2-}-ионы расходуются на связывание Ca^{2+}-ионов, и к моменту окончания процесса известкования общая величина карбонатной щелочности (т.е. сумма содержаний ионов CO_3^{2-} и HCO_3^-) составит в среднем 0,5 мг-экв/л. Отношение содержания карбонатных и бикарбонатных ионов зависит от pH раствора (см.табл.1) и, например, при pH=10,5 равно 3:2 - при выражении концентраций в грамм-ионах на литр или 3:1 - при выражении концентраций в миллиграмм-эквивалентах на литр. В этом случае при общей остаточной карбонатной щелочности 0,5 мг-экв/л содержание бикарбонат-ионов $(HCO_3^-)_{ост}$ = 0,125 мг-экв/л.

Обозначим $|HCO_3^-|_{исх} - |HCO_3^-|_{ост} = \Delta|HCO_3^-|$.

Ca^{2+}-ионы содержатся в исходной воде и, кроме того, поступают в воду с дозируемой известью в количестве, эквивалентном количеству введенных OH^--ионов. Последние должны вводиться для:

- связывания свободной CO_2 [уравнение (6)];
- разложения бикарбонат-ионов [уравнение (8)] в количестве, эквивалентном разности исходного и конечного их содержания;
- разложения коагулянта [уравнение (I2)].

Они могут быть также введены при необходимости выделения из воды в составе $Mg(OH)_2$ части (или всех) содержащихся в воде Mg^{2+}-ионов [уравнение (I0)].

Отсюда в общем случае расчетная доза (стехиометрическое количество) извести определится как:

$$Д_и = |CO_2|_{исх} + \Delta|HCO_3^-| + \Delta|Mg^{2+}| + Д_к \text{ мг-экв /л}, \qquad (18)$$

где $\Delta|Mg^{2+}|$ -количество выделяемых Mg^{2+}-ионов, мг-экв/л.

Для успешной декарбонизации требуется соблюсти условие

$$|CO_2|_{исх} + 2\Delta|HCO_3^-| \leq |Ca^{2+}|_{исх} + |CO_2|_{исх} + \Delta|HCO_3^-| + \Delta|Mg^{2+}| + Д_к$$

или

$$\Delta|HCO_3^-| \leq |Ca^{2+}|_{исх} + \Delta|Mg^{2+}| + Д_к \text{ мг-экв /л}. \qquad (19)$$

14. В отношении величин требуемых доз извести, режима известкования и применимости известкования для декарбонизации природные воды можно разделить на три группы:

-первая - воды, при декарбонизации которых путем известкования не обязательно выделение Mg^{2+} ;

-вторая - воды, при декарбонизации которых путем известкования требуется выделение Mg^{2+};

-третья - щелочные воды, достаточно полная декарбонизация которых одним известкованием не достигается.

15. Воды первой группы, при декарбонизации которых не обязательно выделение Mg^{2+} , пренебрегая значением $|HCO_3^-|_{ост}$ - оно невелико, - можно охарактеризовать как воды, у которых щелочность меньше кальциевой жесткости или, точнее, меньше кальциевой жесткости в сумме с дозой коагулянта:

$$Щ_{исх} < |Ca^{2+}|_{исх} + Д_к \quad \text{мг-экв/л}. \qquad (20)$$

Для таких вод неравенство (19) соблюдается при $\Delta|Mg^{2+}| = 0$;

$$\Delta|HCO_3^-| \leq |Ca^{2+}|_{исх} + Д_к \ \text{мг-экв/л} \qquad (21)$$

и, следовательно, выделения Mg^{2+}-ионов для декарбонизации воды не требуется.

Для этого случая расчетная доза извести будет равна

$$Д_и = |CO_2|_{исх} + \Delta|HCO_3^-| + Д_к \quad \text{мг-экв/л}. \qquad (22)$$

Если при обработке таких вод дозировать известь в больших количествах, то Mg^{2+}-ионы будут выделяться, но их выделение не будет сопровождаться снижением щелочности и жесткости воды - магниевая жесткость будет лишь заменяться кальциевой. Это - случай взаимодействия извести с "некарбонатной магниевой жесткостью":

$$Mg\frac{Cl_2}{SO_4} + Ca(OH)_2 = \underline{Mg(OH)_2} + Ca\frac{Cl_2}{SO_4}. \qquad (23)$$

16. Воды второй группы, при декарбонизации которых требуется выделение Mg^{2+}, пренебрегая значением $|HCO_3^-|_{ост}$, можно охарактеризовать как воды, у которых щелочность меньше жесткости, но больше кальциевой ее составляющей или, точнее, больше кальциевой ее составляющей в сумме с дозой коагулянта:

$$Ж_{исх} > Щ_{исх} > |Ca^{2+}|_{исх} + Д_к \quad \text{мг-экв/л}. \qquad (24)$$

Для таких вод неравенство (19) соблюдается только, если $\Delta|Mg^{2+}|$ больше нуля и равно

$$\Delta|Mg^{2+}| = \Delta|HCO_3^-| - |Ca^{2+}|_{исх} - Д_к \quad \text{мг-экв/л.} \quad (25)$$

Для этого случая расчетная доза извести должна быть принята большей на величину $\Delta|Mg^{2+}|$ и будет равна

$$Д_и = |CO_2|_{исх} + \Delta|HCO_3^-| + Д_к + \Delta|Mg^{2+}| \quad \text{мг-экв/л.} \quad (26)$$

или после подстановки значения $\Delta|Mg^{2+}|$ по уравнению (25):

$$Д_и = |CO_2|_{исх} + 2\Delta|HCO_3^-| - |Ca^{2+}|_{исх} \quad \text{мг-экв/л.} \quad (27)$$

В последнем уравнении отсутствует величина $Д_к$, однако, как видно из исходного неравенства (24), дозирование коагулянта предполагается.

Остаточное расчетное содержание Mg^{2+}-иона в известкованной воде для этого случая будет равно:

$$|Mg^{2+}|_{ост} = |Mg^{2+}|_{исх} - \Delta|Mg^{2+}| = Ж_{исх} - \Delta|HCO_3^-| + Д_к \quad \text{мг-экв/л.} \quad (28)$$

Для случаев, когда коагулянт не дозируется, в уравнениях (20)-(22), (24)-(26), (28) $Д_к = 0$.

17. К третьей группе относятся щелочные воды, т.е. воды, у которых избыток содержания ионов HCO_3^- по сравнению с жесткостью ($|HCO_3^-|_{исх} > Ж_{исх}$) определяется наличием в воде ионов Na^+ или K^+.

Должная декарбонизация щелочных вод при известковании возможна только, если их избыточная щелочность не превышает заметно дозы коагулянта (или вообще невелика, если его не дозируют):

$$Щ_{исх} - Ж_{исх} \leq Д_к \quad \text{мг-экв/л.} \quad (29)$$

В этом случае расчетная доза извести определяется по уравнению (18), а $\Delta Mg^{2+} = |Mg^{2+}|_{исх}$.

При большой исходной избыточной щелочности остаточное ее значение будет велико: $Щ_{ост} \approx Щ_{исх} - Ж_{исх} - Д_к$.

В результате взаимодействия $Ca(OH)_2$ с той долей бикарбонат-ионов, которая определяется присутствием Na^+-ионов (или отчасти K^+-ионов) и наличие которой создает избыток щелочности над жесткостью в исходной воде (точнее, жесткостью в сумме с дозой коагулянта), бикарбонат-ионы будут переведены в карбонат-ионы; из последних только половина уйдет в осадок. Величина избыточной щелочности воды в эквивалентных единицах останется прежней, а pH воды возрастет:

$$2\frac{Na}{K}HCO_3 + Ca(OH)_2 = \underset{\downarrow}{CaCO_3} + Na_2CO_3 + 2H_2O . \qquad (30)$$

Для того, чтобы и в этом случае связать избыток ионов CO_3^{2-}, требуется введение в известкуемую щелочную воду Ca^{2+}-ионов в составе нейтральной легкорастворимой соли, например $CaCl_2$. Доза вводимой кальциевой соли в этом случае определится величиной дефицита Ca^{2+}-ионов в исходной воде, если учесть дозу коагулянта и пренебречь остаточным содержанием HCO_3^--ионов:

$$Д_{CaCl_2} = |HCO_3^-|_{исх} - Ж_{исх} - Д_к \quad \text{мг-экв/л.} \quad (31)$$

Такой прием возможен только в том случае, когда повышение сухого остатка известкованной воды допустимо по условиям дальнейшего ее употребления (например, при подпитке теплосети).

Поэтому для декарбонизации щелочных вод на водоподготовительных установках электростанций, как правило, следует применять Н-катионирование в дополнение к известкованию или взамен него в тех случаях, когда питание водоподготовительной установки производится прозрачной подземной водой, водопроводной водой, или в случае предварительной коагуляции сернокислым алюминием воды поверхностного водоисточника.

18. В практике водоподготовки щелочность известкованной воды определяется титрованием пробы воды соляной кислотой с индикаторами фенолфталеином и метилоранжем или смешанным [Л.4]. Рассчитывая компоненты щелочности по результатам титрования, исходят из

положения, что наличие в воде гидратов исключает присутствие бикарбонатов и наоборот. Однако это положение условно – в действительности при свойственных известкованной воде значениях pH=9,5÷10,5 в ней наряду с OH-ионами присутствуют и HCO_3^--ионы.

Тем не менее расчет по результатам титрования прост, а получаемые результаты удовлетворяют практическим требованиям регулирования режима известкования воды.

В настоящих Руководящих указаниях гидратной, карбонатной и бикарбонатной щелочностью называются величины, полученные расчетом по результатам титрования; значения pH соответствуют температуре 25°С независимо от того, какова температура подогрева известкуемой воды.

Однако следует иметь в виду, что при возрастании температуры воды величина ионного произведения воды возрастает (при 25°С $K_в=10^{-14}$, при 30°С $K_в=10^{-13,83}$, при 40°С $K_в=10^{-13,53}$). Соответственно значение pH уменьшается при сохранении того же значения $(OH^-)_α$, т.е., по существу, гидратной щелочности, которая представляет интерес в качестве основного показателя режима декарбонизации. Следовательно, чтобы сохранить значение $(OH^-)_α$, заданное оптимальным значением pH при температуре 25°С, в случаях измерения pH при большей температуре (t_1°С) требуется поддерживать меньшее значение pH на величину разности $pK_в$ (отрицательных логарифмов ионного произведения воды) при температуре 25°С и температуре измерения pH (t_1°С).

Это уменьшение pH составляет приблизительно 0,17 единиц pH для температуры 30°С и 0,47 для температуры 40°С.

19. Минимальное значение щелочности известкованной воды достигается при дозировании извести в стехиометрическом количестве – избыток извести или недостаток ее увеличивают остаточную щелочность. Однако в промышленных условиях в соответствии с возможностями применяемых дозирующих устройств и средств технологического контроля неизбежны некоторые отступления от оптимальной дозы. Попеременная подача извести то с избытком, то с недостатком недопустима: известкованная вода оказывается при этом нестабильной и возникает опасность образования карбонатных отложений на частицах загрузки механических фильтров ("закарбоначивание" загрузки).

Поэтому, как правило, известь дозируют с избытком, поддержи-

вая в известкованной воде гидратную щелочность не менее 0,05 мг-экв/л и до 0,3 мг-экв/л. Чем уже пределы фактических значений гидратной щелочности, тем меньше остаточная щелочность и расход реагентов на обработку воды. Желательное значение гидратной щелочности 0,05-0,15 мг-экв/л (т.е. $0,1\pm0,05$ мг-экв/л), значение pH известкованной воды порядка 10,0-10,3 (при температуре измерения 25°С).

При таком, так называемом гидратном, режиме известкования теоретически остаточное содержание магний-ионов (полагая, что Mg^{2+}-ионы выделяются только в составе $Mg(OH)_2$) должно быть равно равновесному его значению при данной величине pH:

$$|Mg^{2+}|_{ост} = \frac{2\cdot 10^{3-2pH}\cdot ПР_{Mg(OH)_2}}{K_в^2\ f_{Mg^{2+}}} \quad \text{мг-экв/л}, \quad (32)$$

где $ПР_{Mg(OH)_2}$ – произведение растворимости гидроокиси магния;
$K_в^2$ – ионное произведение воды;
$f_{Mg^{2+}}$ – коэффициент активности ионов Mg^{2+}.

$$\Delta|Mg^{2+}| = |Mg^{2+}|_{исх} - |Mg^{2+}|_{ост} \quad \text{мг-экв/л}. \quad (33)$$

Способ вычисления величины равновесного значения $|Mg^{2+}|_{ост}$ указан в приложении 2.

Расчетная доза извести (если пренебречь величиной $(HCO_3^-)_{ост}$):

$$Д_и = |CO_2|_{исх} + Ш_{исх} + \Delta|Mg^{2+}| + Д_к + И_и \quad \text{мг-экв/л}, \quad (34)$$

где $И_и$ – избыток извести по сравнению со стехиометрическим количеством.

При pH=10,0 $И_и$ = 0,1 мг-экв/л, при pH=10,3 $И_и$ = 0,3 мг-экв/л.

Такой режим известкования применяется для вод первой и второй группы, а также при допустимом значении избыточной щелочности в исходной воде третьей группы.

Гидратный режим известкования благоприятен для удаления соединений железа, кремнекислых соединений и для осветления воды, поэтому он применяется всегда, когда допустимы возникающие при этом величины pH.

20. Бикарбонатный режим известкования, при котором бикарбонатную щелочность известкованной воды поддерживают в пределах 0,05-0,15 мг-экв/л, применяют для обработки добавочной воды теплосети с открытым водоразбором, когда хотят исключить последующее подкисление известкованной воды с целью нейтрализации избыточной гидратной щелочности. Допустимое значение pH известкованной воды в этом случае не более 9,5, расчетные дозы извести определяются по уравнениям (22) и (27), в которых может быть принято $\Delta|HCO_3^-| = Щ_{исх}$.

21. Может быть принят и гидратный режим известкования для обработки добавочной воды теплосети с открытым водоразбором при условии последующего подкисления известкованной воды до значения $9,5 > pH > 9,0$. Недостаток такого решения - осложнение схемы установки и технологического процесса из-за необходимости ввода кислоты; преимущества - лучшие условия удаления соединений железа и обесцвечивания воды, легче выдержать заданное нормами значение "карбонатной жесткости" добавочной воды (не более 0,7 мг-экв/л): при бикарбонатном режиме известкования она определяется суммой бикарбонатной и карбонатной щелочностей, при гидратном - только карбонатной щелочностью.

Следует отметить, что при сколько-нибудь удовлетворительном соблюдении дозы кислоты опасность перекисления воды исключается: в известкованной воде содержание OH^--ионов, на связывание которых расходуется кислота, не более содержания карбонат-ионов. При передозировании кислоты даже вдвое излишек ее будет израсходован на перевод CO_3^{2-}-ионов в HCO_3^--ионы:

$$CO_3^{2-} + 2H^+ = 2(HCO_3^-). \qquad (35)$$

22. Обязательное при известковании перед химическим обессоливанием добавочной воды котлов максимально возможное удаление из вод поверхностных источников кремнекислоты (особенно нереакционноспособной) соединений железа и органических соединений (сниже-

ние окисляемости воды) происходит в процессе их коагуляции или в порядке соосаждения с веществами, образующимися при декарбонизации. Необходимость удаления перечисленных примесей сказывается на величине расчетной дозы извести лишь в той мере, в какой она определяет оптимальное по условиям удаления указанных веществ значение pH. Часто для достижения лучшего эффекта очистки воды требуется соблюдать значение pH, равное 10,3 и иногда 10,5. Эта величина должна быть учтена при определении $\Delta|Mg^{2+}|$ и $\mathcal{U}_{u}$ в уравнении (34).

Подземные воды иногда содержат заметное количество растворенных соединений железа ($Fe(HCO_3)_2$, $FeSO_4$ и др.). В таких случаях на их удаление расходуется существенное количество извести и расчетная доза ее должна быть принята большей на величину содержания (в мг-экв/л) соединений железа.

23. Расчетная доза извести должна использоваться при проектировании водоподготовительной установки для определения размеров складов, для выбора устройств реагентного хозяйства, а также при расчете осветлителей. При расчетах следует избегать занижения расчетных значений $Д_{к}$ и $\Delta|Mg^{2+}|$. Если они окажутся меньше фактических, то это приведет к снижению надежности работы водоподготовительной установки. Не требуется при определении расчетной дозы извести большой точности. Необходимо лишь, чтобы она не была занижена. Однако не следует при этом и излишне завышать расчетную дозу во избежание увеличения непроизводительных первоначальных затрат на сооружение водоподготовительной установки.

В практике эксплуатации расчетная доза извести может быть использована для предварительного определения условий работы реагентного хозяйства и размеров подачи реагента в осветлитель. Фактически требуемая доза должна быть откорректирована на основе результатов химического анализа известкованной в осветлителе воды и принята такой, при которой соблюдается желаемая гидратная (или бикарбонатная) щелочность известкованной воды.

II. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ИЗВЕСТКОВАНИЯ

24. На протекание процесса известкования влияют следующие основные факторы: качество исходной воды, температура обрабатываемой воды, использование ранее выпавшего шлама в качестве контактной среды, применение коагулянта и флокулянта.

25. Известкование (как правило, с одновременной коагуляцией солями железа) технологически применимо для предварительной очистки несоленой и несолоноватой природной воды практически любого качества, за исключением вод с большой избыточной щелочностью (см. раздел I).

26. Для применения известкования благоприятна большая щелочность исходной воды - более 2 мг-экв/л (преимущественно "кальциевая"), малое содержание в воде взвеси (до 100 мг/л) и малая окисляемость (до 10 мг/л O_2), отсутствие или малое содержание загрязнений, вносимых сточными водами.

27. Известкование может применяться и для вод с небольшой (порядка 1 мг-экв/л) щелочностью. В этом случае оно должно рассматриваться как коагуляция воды солями железа с подщелачиванием известью.

28. Целесообразность применения известкования или коагуляции воды сернокислым алюминием должна быть определена в каждом случае технико-экономическим сравнением с учетом качества исходной воды, результатов и надежности очистки воды тем и другим методом, возможности обеспечения реагентами, фактического качества и местных цен на них, условий сброса образующихся осадков и продувочной воды осветлителей и т.п., а также затрат на последующие стадии очистки воды.

29. При подогреве известкуемой воды ускоряются процессы химического взаимодействия и кристаллизации образующихся веществ, уменьшается степень пересыщения раствора, остаточные концентрации приближаются к равновесным, улучшаются условия выделения осадка из-за уменьшения вязкости воды. Вследствие этого снижается остаточная щелочность и содержание других примесей в обработанной воде, интенсифицируются процессы обработки, что позволяет уменьшить расчетную длительность пребывания воды в осветлителе и увеличить допустимую скорость движения воды через осветлитель.

30. Температуру известкуемой воды при приготовлении добавочной воды котлов и теплосетей и питательной воды испарителей следует принимать от 30 ± 1 до $40\pm1^{\circ}C$.

По условиям технологии известкования желателен подогрев воды до $40\pm1^{\circ}C$. Повышение температуры подогрева воды с 30 до $40^{\circ}C$ увеличивает скорость стесненного осаждения частиц шлама на 15% [Л.5], что при сохранении других условий позволяет увеличить допустимую скорость движения воды в осветлителях и их производительность. В случае сохранения производительности осветлителей при повышении температуры подогрева с 30 до $40^{\circ}C$ возрастет прозрачность известкованной воды.

31. Температура известкуемой воды должна быть стабильной - колебания ее приводят к возникновению температурных токов в осветлителе и ухудшению результатов осветления воды.

32. Обязательным приемом интенсификации известкования является использование ранее выпавшего осадка (шлама) в качестве контактной среды. Для этого обрабатываемую воду и известь вводят раздельно в нижнюю часть осветлителя и смешивают между собой в присутствии ранее выделившегося осадка (шлама). Движущаяся снизу вверх вода поддерживает частицы шлама во взвешенном состоянии и контактирует с их поверхностью. Образующиеся при обработке воды трудногорастворимые вещества выделяются в основном не в объеме воды, а преимущественно откладываются на поверхности частиц контактной среды.

Вода, представляющая в процессе известкования пересыщенный раствор, быстрее и в большей степени приближается при этом к состоянию равновесия, частицы осадка укрупняются и условия отделения их от воды улучшаются. Использование контактной среды, образованной взвешенным шламом, сокращает требуемую длительность обработки, увеличивает допустимые скорости движения воды в осветлителях, снижает остаточную щелочность, нестабильность воды, ее окисляемость, содержание в ней взвеси и других примесей.

33. Рекомендуется при известковании воды на электростанциях использовать осветлители с контактной средой, образованной хлопьевидным осадком (шламом). Такой шлам характеризуют: губчатое строение частиц и развитая их поверхность, малая их плотность, близкая к единице; большое содержание воды, значительно превышающее вес сухого вещества; относительно малая прочность и малая гидравли-

ческая крупность; высокие адгезионные и сорбционные свойства.

34. В составе хлопьевидного шлама при должных условиях его формирования могут быть выделены все вещества, образующиеся при известковании воды, а также взвесь, содержавшаяся в воде и введенная с известью.

35. Хлопьевидный шлам может быть получен при умеренной интенсивности перемешивания воды с известью (скорость ввода воды в коническую часть осветлителя примерно до 1,5 м/с) и при выделении из воды наряду с соединениями кальция небольших количеств соединений магния. Если последние не выделяются при известковании воды данного качества (см.п.14), то для получения хлопьевидного шлама требуется дозирование коагулянта.

36. Вследствие большой обводненности хлопьевидного осадка (шлама), то есть большого содержания иммобилизованной воды в составе отдельной частицы, и относительно небольшого объемного и весового содержания хлопьев в зоне контактной среды осветлителя для уменьшения расхода продувочной воды осадок подвергают уплотнению в так называемых шламоуплотнителях, включаемых в конструкцию осветлителя. При правильной организации уплотнения шлама весовое содержание сухого вещества в продувочных водах может быть доведено до 7-15%.

37. В определенных условиях известкование воды может проводиться в аппаратах, использующих контактную среду в виде зернистого осадка [Л.6] .

Однако такой способ при наличии некоторых преимуществ (малые размеры аппаратов, меньший расход продувочной воды) имеет узкую область применения. Зернистый осадок состоит почти целиком из $CaCO_3$, механические примеси исходной воды и известкового молока, а также продукты коагуляции в его состав не входят, соединения магния кристаллизуются в составе зернистого осадка лишь в небольших количества (3-5% MgO от общего веса осадка).

Чтобы выделение магния не превосходило указанных размеров, качество исходной воды при гидратном режиме известкования должно удовлетворять условию: $|Mg^{2+}|_{исх} \leq 0{,}2\,Щ_{исх}$, а при бикарбонатном - условию: $|Ca^{2+}|_{исх} \geqslant Щ_{исх}$; $|Mg^{2+}|_{исх} < 5{,}3\,|Ca^{2+}|_{ост}$ (все величины - в миллиграмм-эквивалентах на литр). При выделении соединений магния в больших количествах они так же, как и исходная взвесь, выносятся с обрабатываемой водой из аппарата. Введение коагулянта

при зернистом осадке нецелесообразно, так как хлопья гидроокиси железа перетираются прочными частицами осадка, измельченная взвесь выносится из аппарата и плохо задерживается механическими фильтрами.

Зернистый осадок в качестве контактной среды может быть использован практически только в очень редких случаях для декарбонизации подземных вод с малой магниевой жесткостью. Поэтому указания по применению аппаратов с зернистым осадком не приводятся.

38. Выделение значительной доли карбоната кальция в виде крупнозернистых частиц может иногда происходить и в осветлителях, предназначенных для работы со взвешенным хлопьевидным осадком. Такое явление наблюдается при излишне большой для данного качества исходной воды скорости ввода воды в осветлитель и, следовательно, при избыточной интенсивности перемешивания воды с известью, при неправильно выбранном месте ввода коагулянта и т.п.

Образование твердых и крупных частиц карбоната кальция наряду с выделением других веществ в виде хлопьев недопустимо, так как при этом осветление воды, как правило, оказывается совершенно неудовлетворительным. Поэтому условия формирования осадка должны выбираться и поддерживаться такими, при которых практически все вещества выделяются в виде хлопьев.

39. Введение коагулянта при известковании имеет целью:

- углубление эффекта очистки воды от тех примесей, которые при одном известковании удаляются недостаточно: тонкодисперсных механических примесей (глинистая взвесь), примесей, находящихся в коллоидно-дисперсном состоянии (органические соединения, соединения железа, кремнекислота, особенно нереакционноспособная, и т.п.), веществ, обусловливающих цветность природной воды. Удаление последних требуется при использовании известкованной воды для подпитки теплосети с открытым водоразбором. В этом случае при большой исходной цветности воды иногда требуется применять особо большие дозы коагулянта;

- углубление эффекта декарбонизации вследствие удаления органических примесей исходной воды, задерживающих рост частиц осадка.

Частицы выделяющихся при известковании веществ, укрупняясь от стадии молекулярной до стадии грубой дисперсии, проходят стадию коллоидной дисперсности, и прекращение их роста на этой

стадии приведет к тому, что они практически не выделятся из воды. При этом остаточная щелочность и жесткость обработанной воды повысятся. Декарбонизация углубляется также вследствие коагуляции коллоидно-дисперсных частиц образующегося при известковании осадка и выделения их из раствора, а также вследствие увеличения содержания Ca^{2+}-иона в известкованной воде и тем самым уменьшения величины равновесного остаточного содержания CO_3^{2} -иона, что имеет особое значение при малой жесткости и щелочности исходной воды (подробнее см.п.46).

40. В воде многих поверхностных источников в период паводка резко снижается щелочность и одновременно увеличиваются содержание взвеси и кремнекислоты (в том числе нереакционноспособной), окисляемость и цветность. Чтобы сохранить при этом требуемый эффект очистки воды обычно бывает необходимо увеличить дозу коагулянта и уменьшить дозу извести. В результате состав и свойства образующегося осадка существенно изменяются. В нем увеличивается доля природной взвеси (до 50% и более от общего веса выделяющегося осадка), увеличивается доля гидроокиси железа (до 15% и более) и уменьшается (до 25% и менее) доля карбоната кальция.

Для того, чтобы сохранить технологические свойства контактной среды, рекомендуется в дополнение к извести и коагулянту вводить в обрабатываемую воду флокулянт. В качестве флокулянта может быть применен ПАА.

Механизм действия ПАА заключается в том, что молекулы этого полимера адсорбируют различные микрочастицы, содержащиеся в воде и образующиеся в процессе известкования и коагуляции. Каждая частица может адсорбироваться несколькими молекулами флокулянта, в результате чего создаются крупные пространственные системы в виде хлопьев. Применение ПАА при известковании обычно позволяет обеспечить осветление воды, но не углубляет эффекта удаления других примесей.

Как правило, ПАА рекомендуется дозировать в паводок. При известковании вод, имеющих малую щелочность и требующих больших доз коагулянта или содержащих много взвеси, может оказаться целесообразным постоянное дозирование ПАА.

Обычная доза полимера (считая на безводный продукт) при известковании - 0,5-1,0 мг/л. ПАА следует вводить по ходу воды позже извести и коагулянта на том уровне по высоте аппарата, где

уже завершено перемешивание воды с этими реагентами и образованы хлопья. Разрыв во времени между вводами извести и флокулянта должен быть не менее 2-3 мин и желательно больше.

Ш. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

41. Качество известкованной воды надлежит оценивать по следующим показателям:

- щелочность ($Щ_{ост}$ мг-экв/л), ее составляющие (гидратная $Щ_г$, карбонатная $Щ_к$, бикарбонатная $Щ_б$ мг-экв/л) и величина pH;
- жесткость ($Ж_{ост}$ мг-экв/л);
- нестабильность ($\Delta Щ$ мг-экв/л);
- содержание взвеси ($М_{ост}$ мг/л), прозрачность (по кресту, или по шрифту, или по оптической плотности);
- содержание соединений железа ($Fe_{ост}$ мкг/л);
- содержание кремнекислоты, в том числе нереакционноспособной;
- окисляемость O_2 мг израсходованного кислорода на 1 л воды при определении перманганатным методом в кислой среде).

42. Определение показателей, перечисленных в п.41, выполняется по методикам [Л.4].

Общее содержание кремнекислых соединений может быть определено по [Л.4,7 и 8]. Методика определения оптической плотности указана в приложении 3. Нестабильность воды, кроме определения по методике [Л.4], может быть также определена: по разности величин щелочности известкованной воды, отобранной из сборных коллекторов после осветлителей ($Щ_{ост}$)* и механических фильтров ($Щ_{ост.ф}$); по снижению щелочности закупоренной пробы воды за сутки выдерживания при температуре обработки воды

$$\Delta Щ = Щ_{о.нач} - Щ_{о.кон},$$

---

*Или из магистрали, подающей воду на механические фильтры.

где $Щ_{0.нач}$ и $Щ_{0.кон}$ - величины щелочности соответственно в момент отбора пробы и через сутки, мг-экв/л.

Сосуд, в который помещена отобранная проба, должен быть залит полностью ("под пробку"). Удобно термостатировать пробу, разместив ее на решетке осветлителя. Первый способ определения предназначен для выяснения осредненной нестабильности воды по предочистке в целом; второй - для выяснения нестабильности воды, выдаваемой отдельным осветлителем.

43. Окончательный результат известкования воды определяется величинами перечисленных в.п.41 показателей качества воды на выходе из механических фильтров. Те же показатели воды на выходе из осветлителя служат для характеристики эффективности его работы и правильности эксплуатации.

44. Отбираемые на анализ пробы исходной воды и воды на выходе из осветлителя (кроме проб, используемых для определения содержания взвешенных веществ или прозрачности) должны быть перед выполнением анализа профильтрованы через бумажный фильтр. Пробы воды после механических фильтров фильтровать не следует.

45. Особенностью процесса известкования (как и всех методов осаждения) является сильная зависимость результатов очистки воды по всем указанным выше показателям от правильности наладки и ведения процесса. Поэтому при указании возможных результатов очистки воды имеется в виду, что предочистка правильно запроектирована, процесс известкования налажен и водоподготовительная установка правильно эксплуатируется. Если конструктивное решение неправильно или режим известкования не налажен, остаточное содержание примесей может существенно возрасти (в 1,5-3 раза и даже более по отдельным показателям).

46. Щелочность и стабильность известкованной воды. Теоретически величина щелочности известкованной воды может быть вычислена исходя из допущений, что ионы кальция выделяются в составе $CaCO_3$ и что остаточная концентрация $CaCO_3$ достигает равновесных значений [Л.6]. В качестве примера на рис.2 представлены результаты расчетов для воды определенного качества.

Определяемая путем титрования величина щелочности известкованной воды отличается от расчетной и, как правило, оказывается больше нее по следующим причинам: из-за некоторой условности допущений, принятых для расчета щелочности, приближенности само-

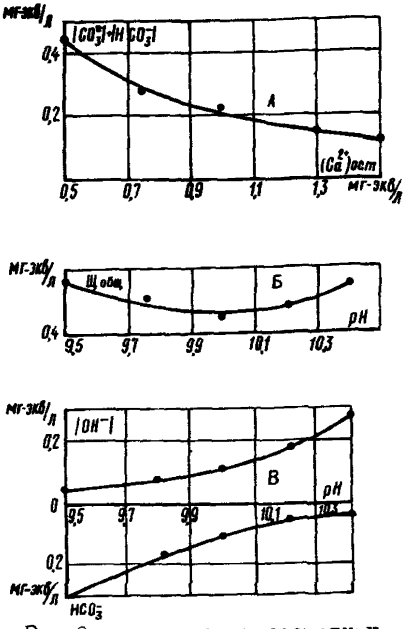


Рис.2. Зависимость расчетных величин щелочности известкованной воды от pH и $(Ca^{2+})_{ост}$

Условия: общие - температура воды 40°С, ионная сила раствора - $4,5 \cdot 10^{-3}$; для кривых Б и В - доза коагулянта-1 мг-экв/л, некарбонатная жесткость исходной воды - 0,5 мг-экв/л, для кривой В - содержание карбонат-ионов - 0,14-0,15 мг-экв/л

го расчета и констант, положенных в его основу; из-за неполноты выкристаллизовывания образующихся при известковании труднорастворимых соединений - фактические остаточные концентрации карбоната кальция обычно больше равновесных концентраций; из-за перехода в истинно растворимое состояние и диссоциации при титровании пробы воды кислотой неполностью выделенных из раствора соединений магния, находящихся в молекулярной форме или в виде мельчайших кристаллов (содержащиеся в их составе ОН-группы засчитываются в величину гидратной щелочности), вследствие некоторого завышения компонентов щелочности при ее определении титрованием (индикаторная ошибка).

При ацидометрическом определении щелочности воды неизбежна индикаторная ошибка, величина которой зависит как от вида применяемого индикатора, так и от температуры анализируемой воды. С повышением температуры воды ошибка увеличивается. Рекомендуется пользоваться смешанным индикатором, так как в этом случае ошибка сравнительно невелика и ею можно пренебречь. При использовании индикатора метилоранжа необходимо вычитать из величины щелочности, определенной титрованием, величину индикаторной поправки. Величина индикаторной поправки (мкг-экв/л) при различной температуре титруемой воды составляет:

	20°С	30°С	40°С
Смешанный индикатор	4,5	5,2	5,9
Индикатор метилоранж	38,5	52,4	72,5

В производственных условиях щелочность может быть также больше в случаях несовершенства ведения процесса известкования.

При указанной неизбежности расхождения расчетных величин с фактическим значением щелочности известкованной воды их рассмотрение обнаруживает важные для практики известкования зависимости, которые подтверждаются также и экспериментальными данными:

1. Величина pH определяет значение концентрации OH^--ионов (увеличивается pH, увеличивается, как известно, и содержание OH^--ионов) и отношение концентрации HCO_3^--ионов к концентрации CO_3^{2-}-ионов (уменьшается pH - возрастает это отношение).

В результате имеется некоторый оптимум значений pH, при котором достигается минимальное значение общей щелочности: общая щелочность при больших значениях pH возрастает за счет увеличения содержания OH^--ионов, а при меньших значениях pH - за счет HCO_3^--иона. Этот оптимум находится в районе значений pH=10,0÷10,2 и может несколько отличаться для разных вод. Практически, чтобы достичь минимальной щелочности, надо обрабатывать воду с минимально возможными избытками извести.

2. С увеличением pH существенно уменьшается "карбонатная" составляющая щелочности. При необходимости получить воду с низкой "карбонатной" щелочностью (включая в это понятие общее содержание CO_3^{2-} и HCO_3^-), например при подпитке теплосети с открытым водоразбором, когда признано возможным проводить подкисление известкованной воды, целесообразно известковать воду с относительно большими "гидратами" (0,25-0,3 мг-экв/л; pH=10,3÷10,4).

3. С уменьшением величины pH (ниже примерно 9,8, т.е. при переходе к "бикарбонатному" режиму известкования) остаточная щелочность существенно возрастает за счет увеличения концентрации HCO_3^--ионов. Применяя бикарбонатный режим известкования, следует поддерживать минимально возможные величины "бикарбонатов".

4. Остаточное содержание CO_3^{2-}-ионов мало зависит от pH воды (в рассматриваемых пределах значений) и определяется остаточным содержанием Ca^{2+}-иона: чем больше величина $|Ca^{2+}|_{ост}$, тем меньше концентрация CO_3^{2-}-иона и зависящая от последней при дан-

ном значении pH концентрация HCO_3^--иона).

Чем больше остаточная кальциевая жесткость известкованной воды, тем глубже идет процесс декарбонизации:

$$|CO_3^{2-}| = \frac{2 \cdot 10^3 ПР_{CaCO_3}}{f_2 |Ca^{2+}|} \quad \text{мг-экв/л}, \quad (36)$$

где f_2 - коэффициент активности двухвалентных ионов.

Сугубо приближенно величина остаточного содержания соединений кальция[1] в известкованной воде может быть определена как

$$|Ca^{2+}|_{ост} \approx |Ca^{2+}|_{исх} - |HCO_3^-|_{исх} + |CaCO_3|_р + Д_к \text{ мг-экв/л}, \quad (37)$$

где $|CaCO_3|_р$ - растворимость карбоната кальция при данных условиях в воде, не содержащей других примесей. Для температуры 40°С $|CaCO_3|_р \approx 0{,}3$ мг-экв/л.

В исходной воде с очень малой некарбонатной жесткостью

$$|Ca^{2+}|_{исх} \approx |HCO_3^-| \text{ и } |Ca^{2+}|_{ост} \approx 0{,}3 + Д_к \text{ мг-экв/л}.$$

При отсутствии коагуляции $|Ca^{2+}|_{ост} \approx 0{,}3$ мг-экв/л, при $Д_к = 0{,}75$ мг-экв/л $|Ca^{2+}|_{ост} \approx 1$ мг-экв/л.

Таким образом, введение коагулянта в три раза увеличивает остаточное содержание Ca^{2+} и позволяет уменьшить остаточную карбонатную составляющую щелочности. Повышенные дозы коагулянта способствуют также удалению органических веществ, являющихся стабилизирующими коллоидами по отношению к продуктам известкования. Оба обстоятельства действуют в одном направлении -

[1] Для вод, у которых $|Ca^{2+}|_{исх} \geqslant |HCO_3^-|_{исх}$.

снижают остаточную щелочность воды. Это объясняет технологическую целесообразность повышения доз коагулянта в период паводка.

Однако увеличение дозы коагулянта приводит к соответствующему увеличению остаточной жесткости известкованной воды и содержания в ней сульфат-ионов. Это увеличение обычно не компенсируется соответствующим снижением щелочности - как правило, абсолютная величина общей жесткости известкованной воды несколько возрастает при увеличении дозы коагулянта. Поэтому к увеличению дозы коагулянта с целью уменьшения остаточной карбонатной (и общей) щелочности следует прибегать только в тех случаях, когда это необходимо, чтобы обеспечить заданное значение щелочности известкованной воды и добиться стабильности известкованной воды. Стабильность известкованной воды может иногда оказаться недостаточной при неблагоприятных условиях выделения образующегося карбоната кальция из-за малой исходной щелочности (малый "кристаллизационный напор") в сочетании с большим содержанием органических загрязнений, что характерно для периода паводка. Повышение дозы коагулянта и доведение величины ($Ca^{2+}_{ост}$) приблизительно до 1,0-1,5 мг-экв/л обычно позволяет достичь нужной стабильности известкованной воды.

Примерные значения щелочности известкованной воды, достигаемые на выходе из механических фильтров правильно налаженных и эксплуатируемых водоподготовительных установок при подогреве воды до 30-40°С, указаны в табл.2.

Таблица 2

Форма щелочности	Остаточная щелочность, мг-экв/л, при $Ca^{2+}_{ост}$ мг-экв/л		
	до 1	1-3	3 и более
$Щ_г$	0,05-0,2	0,05-0,2	0,05-0,2
$Щ_к$	0,5-0,6	0,40-0,50	0,30-0,40
$Щ_{ост}$	0,55-0,80	0,45-0,70	0,35-0,60

Примечание. $Щ_г$, $Щ_к$ и $Щ_{ост}$ - соответственно гидратная, карбонатная и общая щелочность известкованной воды.

Известкованная вода должна быть практически стабильна. Обычно значение $\Delta Щ$ находится в пределах 0,05-0,1 мг-экв/л, редко достигая 0,15 мг-экв/л. Значение больше 0,15 мг-экв/л недопустимо и свидетельствует о плохой эксплуатации водоподготовительной установки или о неправильном ее конструктивном решении.

47. Содержание взвеси в воде на выходе из осветлителя обычно не должно превышать 10 мг/л, в отдельные периоды допускается увеличение до 20 мг/л. На выходе из механических фильтров содержание взвеси должно быть не более 2 мг/л.

48. Жесткость воды может быть определена по уравнению

$$Ж_{ост} = Ж_{исх} - Щ_{исх} + Щ_{ост} + Д_к \quad \text{мг-экв/л.} \qquad (38)$$

Из уравнения видно, что если при малой исходной некарбонатной жесткости и малой щелочности требуется большая доза коагулянта (что характерно для периода паводка), то жесткость известкованной воды может оказаться больше исходной. Например (все величины в миллиграмм-эквивалентах на литр):

$$Ж_{исх} = 1{,}75; \quad Щ_{исх} = 1{,}65; \quad Щ_{ост} = 0{,}7; \quad Д_к = 1{,}25;$$

$$Ж_{ост} = 1{,}75 - 1{,}65 + 0{,}7 + 1{,}25 = 2{,}05 > 1{,}75.$$

49. Приближенное расчетное значение сухого остатка может быть определено по уравнению (элементарные веса округлены, все величины в миллиграмм-эквивалентах на литр):

$$S = 23\,|Na^+|_{исх} + 20\,|Ca^{2+}|_{ост} + 12\,|Mg^{2+}|_{ост} + 48\,([SO_4^{2-}]_{исх} + Д_к) + 35{,}5\,|Cl^-|_{исх} + 17\,Щ_г + 30\,Щ_к \quad \text{мг/л.} \qquad (39)$$

50. Остаточная перманганатная окисляемость зависит от характера исходных загрязнений. При известковании малозагрязненных вод она составляет 30-50% исходной (т.е. обычно примерно 2-5 мг/л); при известковании вод, загрязненных промышленными стоками, эта величина сильно колеблется, составляя 30-75% величины исходной окисляемости (т.е. нередко 6-10 и иногда до 15 мг/л).

51. Содержание соединений железа. Растворимость $Fe(OH)_3$ ничтожна (равновесное значение при pH > 7 около 6 мкг/л Fe^{3+}), поэтому при правильном проведении процесса, т.е. при достаточном окислении Fe^{2+} до Fe^{3+}, поддержании pH≥10 и отделении от воды образующихся осадков в известкованной воде должно содержаться лишь незначительное количество ионов железа (в том числе и при применении в качестве коагулянта сернокислого закисного железа).

Наблюдаемое содержание соединений железа в известкованной воде (условно пересчитываемое на Fe) существенно больше, что может объясняться следующим:

а) недостаточна гидратная щелочность известкованной воды или плохо проводится осветление. Следует наладить режим очистки;

б) недостаточно окисление Fe^{2+}, вводимого с коагулянтом, до Fe^{3+} (растворимость $Fe(OH)_2$ значительно больше растворимости $Fe(OH)_3$ – равновесное значение при pH = 10 около 0,62 мг/л Fe^{2+}). Такое явление возможно в зимнее время при ледоставе. Следует ввести аэрацию воды (например, каскадный слив в воздухоотделитель) или предварительное хлорирование;

в) недостаточно выделение коллоидно-дисперсных частиц $Fe(OH)_3$;

г) наличие в исходной воде поверхностных источников железа в составе коллоидно-дисперсных органических (например, гуминовых) соединений, достаточно полная коагуляция которых при известковании не была достигнута, или же в составе органических или неорганических (обычно вносимых с промышленными стоками) комплексных растворимых соединений, где Fe находится во внутренней сфере комплекса и не выделяется в раствор в виде Fe^{2+} или Fe^{3+} . Состав таких соединений разнообразен в разных водах и изменчив во времени. Соответственно изменяются и результаты удаления железа при известковании такой воды.

Наличие подобных соединений представляет основную трудность для обезжелезивания воды, состав этих соединений не изучен, выде-

лить их анализом из общего содержания соединений железа затруднительно, а с помощью широко применяемых в технике водоподготовки средств анализа и невозможно. Единственно надежный способ определения возможного результата удаления железа из природной воды (как и органических соединений) - проведение пробной обработки.

Отмечено, что остаточное содержание соединений железа увеличивается при возрастании их исходного содержания в воде данного водоисточника.

По данным, полученным к настоящему времени, остаточное содержание железа в воде, известкованной при температуре 35-40°С, может быть снижено до 300 мкг/л. Эта величина может считаться достижимой, как правило, во всех случаях. Иногда удается довести величину $|Fe|_{ост}$ до 20-50 мкг/л, но обычное содержание - около 100-150 мкг/л. Судя по лабораторным данным, при хлорировании известкуемой воды (доза активного хлора примерно 10 мг/л) остаточное содержание соединений железа может быть существенно снижено и доведено даже при обработке "труднообезжелезиваемых вод" до 100-150 мкг/л.

В некоторых подземных водах содержится большое количество (иногда десятки миллиграммов в литре) растворенного железа, которое легко удаляется при известковании путем перевода сначала в $Fe(OH)_2$, а затем при окислении в $Fe(OH)_3$. При нехватке в воде кислорода для окисления требуется организация аэрации (или хлорирования) воды. При расчете дозы извести для обработки таких вод необходимо учитывать содержание железа в исходной воде, увеличивая дозу на величину исходной концентрации железа, выраженной в миллиграмм-эквивалентах на литр.

52. Содержание кремнекислоты. Присутствующие в воде кремнекислые соединения различны по составу и степени дисперсности. Наряду с истинно растворенными в воде могут присутствовать кремнекислые соединения в коллоидном состоянии, их состав и степень дисперсности изменяются в зависимости от внешних условий.

Современные методы анализа, применяемые в практике водоподготовки, не позволяют различать, в виде каких соединений присутствует в воде кремний, поэтому принятое изображение кремнекислых соединений в виде H_2SiO_3 является условным. Также условно независимо от степени диссоциации кремнекислых соединений указывается и содержание кремнекислоты во всех водах электростанций в пересчете на SiO_3^{2-} или SiO_2.

Процентное соотношение содержания форм кремниевой кислоты (H_2SiO_3 - в грамм-молекулах на литр, $HSiO_3^-$ и SiO_3^{2-} в грамм-ионах на литр) в зависимости от pH при малой минерализации воды и температуре 25°С указано в табл.3.

Таблица 3

Форма кремниевой кислоты	Содержание кремниевой кислоты (%) при значении pH						
	6	7	8	9	10	11	12
H_2SiO_3	100	99	90	50	9	1	-
$HSiO_3^-$	-	1	10	50	91	98	90
SiO_3^{2-}	-	-	-	-	-	1	10

При значениях pH, присущих природным водам (менее 8), подавляющая часть растворенных кремнекислых соединений находится в состоянии молекулярной дисперсии. В известкованной воде (pH около 10) проходит почти полностью первая ступень диссоциации кремнекислых соединений.

В настоящее время содержание кремнекислоты в воде определяется молибдатным методом [Л.4]. При этом в определяемое количество входят не все кремнекислые соединения, а часть их, вступающая во взаимодействие с молибдатом аммония. Эта часть называется "реакционноспособными" кремнекислыми соединениями. Для определения всего количества содержащихся в воде кремнекислых соединений проба предварительно обрабатывается содой или плавиковой кислотой [Л.7,8]. Разница между общим содержанием кремнекислых соединений и "реакционноспособной" их долей называется "нереакционноспособной" кремниевой кислотой.

При известковании перед химическим обессоливанием воды, особенно используемой для питания прямоточных котлов, важно возможно более полное удаление "нереакционноспособной" доли кремнекислых соединений, поскольку отмечено, что они лишь в небольшой мере задерживаются при химическом обессоливании, а попав в питательную воду служат причиной образования отложений на лопатках турбин. Желательно также и снижение общего содержания кремнекис-

лых соединений за счет "реакционноспособной" их доли. Однако этот процесс имеет меньшее значение, поскольку "реакционноспособная" кремнекислота будет далее задержана сильноосновными ионитами.

При известковании воды происходит:

а) коагуляция кремнекислых соединений, находящихся в коллоидной степени дисперсности;

б) диссоциация молекулярно-дисперсных коллоидных соединений;

в) переход коллоидно-дисперсных соединений в состояние молекулярной (и далее ионной) дисперсии;

г) удаление ионно-дисперсных кремнекислых соединений вследствие сорбции их активной гидроокисью магния, выделяющейся при обработке воды, и частично вследствие соосаждения с карбонатными соединениями кальция [Л.2].

Степень полноты и завершенности каждого из указанных процессов будет разной в зависимости от свойств исходной воды и условий проведения процесса известкования. В силу многообразия и изменчивости во времени форм присутствующих в воде кремнекислых соединений и других примесей, препятствующих проведению процесса коагуляции, окончательный результат обескремнивания (как и в отношении удаления органических соединений и соединений железа) может быть определен только экспериментально.

Данные лабораторных опытов свидетельствуют о возможности при правильном подборе условий известкования удалить из воды практически полностью "нереакционноспособные" кремнекислые соединения. Производственный опыт не противоречит лабораторным данным, но сведения эти еще недостаточны и нуждаются в дальнейшем подтверждении.

Размер снижения содержания "реакционноспособных" кремнекислых соединений существенно различается для разных вод. Остаточное их содержание составляет обычно до 75% исходного.

В отдельных случаях наблюдается повышение содержания кремнекислых соединений при известковании воды по сравнению с исходным. Это обстоятельство может объясняться переходом вследствие повышения pH "нереакционноспособной" части кремнекислых соединений в форму, определимую с молибдатом аммония, т.е. увеличение содержания кремнекислых соединений является кажущимся.

53. Содержание соединений алюминия в известкованной воде

несколько снижается (по-видимому, за счет коагуляции глинистых частиц с размерами, близкими к коллоидным) и составляет обычно не более 75 мкг/л.

1У. ОСВЕТЛИТЕЛЬ

54. Для известкования воды следует применять осветлители со взвешенной хлопьевидной контактной средой. Осветлители должны выдавать декарбонизированную и осветленную воду при расчетных нагрузках и при приемлемых в технико-экономическом отношении размерах продувки (обычно до 1,5 и не более 3%). Для этого конструкция осветлителей должна обеспечивать:

а) быстрое и полное смешение воды и реагентов. Смешение должно производиться в пределах осветлителя без последующей транспортировки воды по трубам или лоткам от смесителя в осветлитель во избежание зарастания их внутренних поверхностей продуктами реакций известкования;

б) благоприятные условия для формирования шлама, образующего контактную среду осветлителя;

в) возможность оперативного (без отключения от работы и опорожнения осветлителя) изменения этих условий эксплуатационным персоналом с целью их оптимизации;

г) достаточную для достижения требуемой степени очистки воды высоту слоя контактной среды и высоту защитного слоя осветленной воды над ним;

д) взвешивание шлама, образующего контактную среду, восходящим током обрабатываемой воды и одновременно достаточную объемную концентрацию шлама;

е) соблюдение в определенных границах высоты слоя контактной среды и защитного слоя осветленной воды над ним при изменении нагрузки осветлителя;

ж) достаточное завершение процессов кристаллизации выделяющихся веществ и отделение их от воды;

з) отведение излишков образующегося осадка из зоны контактной среды и уплотнение осадка перед выводом его с продувочной водой в дренаж;

и) простоту наблюдений за высотой слоя контактной среды и отбора проб воды по высоте осветлителя.

55. На вновь сооружаемых и расширяемых предочистках электростанций согласно **Решению** Технического совета Минэнерго СССР № 47 от 10 мая 1972 г. должны применяться осветлители для известкования воды по нормальному ряду, разработанному ВТИ, которые удовлетворяют перечисленным выше требованиям (рис.3-6, табл.4,5).

До выпуска в 1974 г. рабочих чертежей осветлителя ВТИ-400И, входящего в нормальный ряд, должен использоваться разработанный ранее ВТИ проект осветлителя аналогичного типа расчетной производительностью 350 м^3/ч (наибольший диаметр D = 9,73 м, высота корпуса H = 10,7 м, геометрический объем W = 458 м^3).

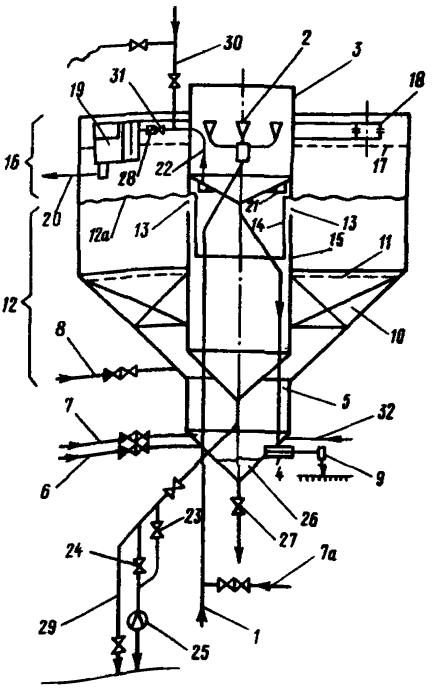


Рис.3. Схема осветлителя для известкования воды (марок ВТИ-63И, ВТИ-100И, ВТИ-160И, ВТИ-250И)

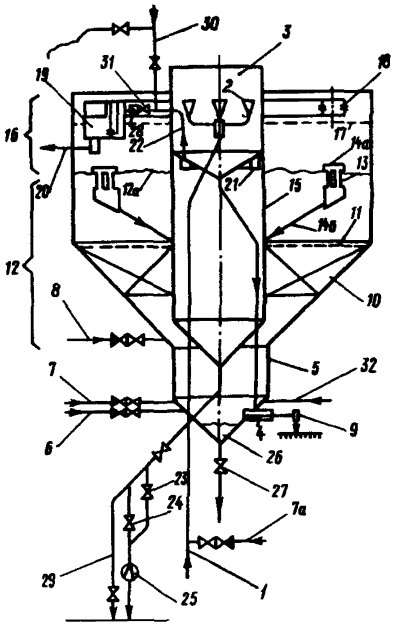


Рис.4. Схема осветлителя для известкования воды (марок ВТИ-400И, ВТИ-630И, ВТИ-1000И)

Прототипом осветлителей нормального ряда является разработанный ВТИ осветлитель расчетной производительностью 500 м^3/ч (D = 12,2 м; H = 11,7 м; W = 792 м^3), эксплуатируемый на одной из ТЭЦ Калининэнерго [Л.9].

56. В проектах осветлителей, входящих в нормальный ряд, принято, что их расчетная полезная производительность достигается при следующих условиях:

а) температуре подогрева воды $30\pm1^{\circ}$С;

б) содержании взвеси (м) в исходной воде в паводок до 800 мг/л, в остальное время года - до 200 мг/л;

в) общем количестве образующегося осадка ($K_ц$) до 1500 мг/л;

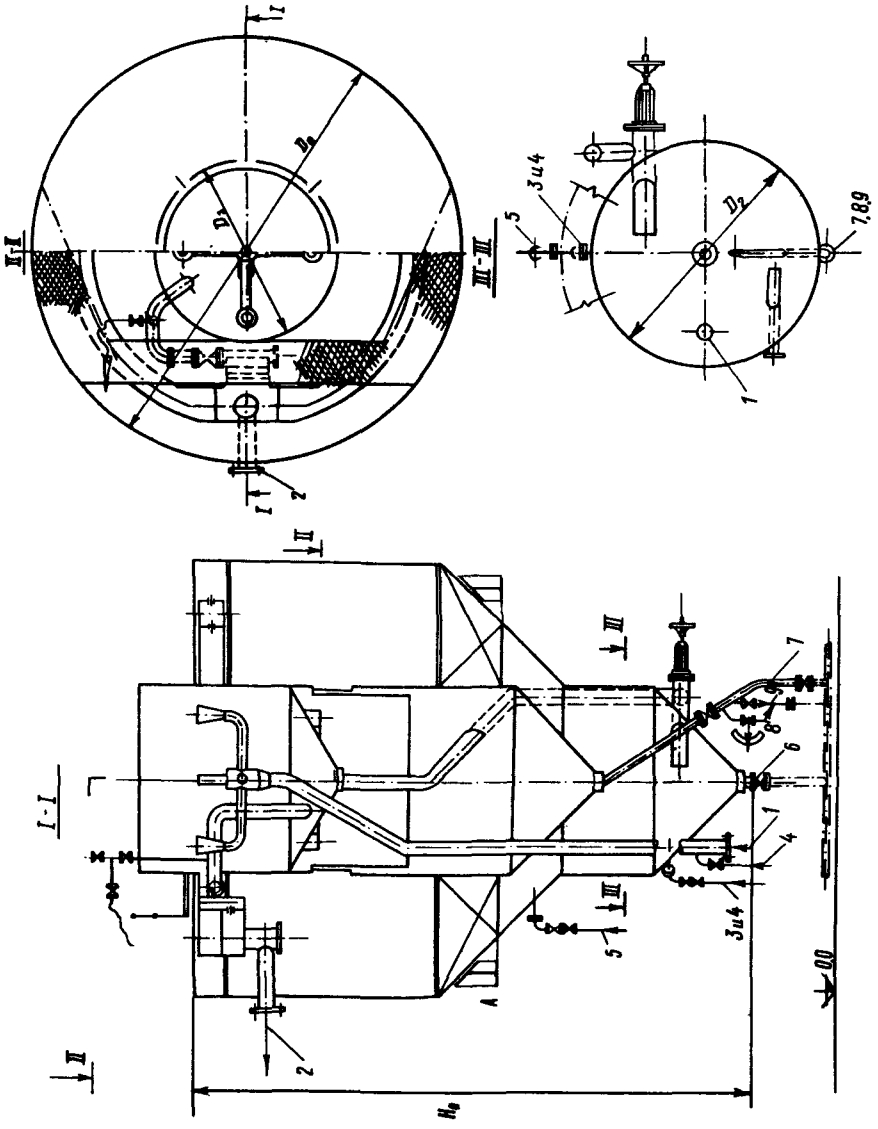


Рис.5. Осветлитель для известкования воды (марок ВТИ-63И, ВТИ-100И, ВТИ-160И, ВТИ-250И)

Примечания: 1. Основные размеры, диаметры труб и обозначения указаны в табл.4; основные технологические показатели - в табл.5. 2. В разрезе по I-I линии 3, 4, 5, 7, 8 и 9 условно повернуты в плоскость чертежа. 3. Значения отметки подошвы опоры А: ВТИ-63И - 3,95 м; ВТИ-100И - 4,4 м; ВТИ-160И - 5,1 м; ВТИ-250И - 5,92 м. 4. Размеры осветлителей ВТИ-63И и ВТИ-250И могут быть уточнены в рабочем проекте.

г) значении $\alpha_м$ не более 0,15.

Весовое отношение содержания в шламе соединений магния в пересчете на $Mg(OH)_2$ к содержанию соединений кальция в пересчете на $CaCO_3$ ($\alpha_м$) определяется как

$$\alpha_м = \frac{\Delta Mg(OH)_2}{\Delta Ca\,CO_3}, \qquad (40)$$

где $\Delta Mg(OH)_2 = 29\{|Mg^{2+}|_{исх} - |Mg^{2+}|_{ост}\}$ мг/л; (41)

($|Mg^{2+}|_{исх}$ и $|Mg^{2+}|_{ост}$ в мг-экв/л).

$$\Delta CaCO_3 = 50\{|Ca^{2+}|_{исх} - |Ca^{2+}|_{ост} + Д_ш\} + 0{,}37\,Д_ш \cdot в \text{ мг/л}, \qquad (42)$$

где $в$ - содержание $CaCO_3$ в известковом молоке, % от веса $Ca(OH)_2$, содержащегося в нем.

При t = 25°С или при $\alpha_м$ = 0,2 расчетная производительность осветлителя должна быть принята меньше проектной:

$\alpha_м$	$t_в$, °С	$Q_{расч}$ % от $Q_{пр}$
0,15	25	90
0,2	30	90
0,2	25	85

Расчетная производительность осветлителя может быть принята равной 115% проектной производительности при подогреве воды до 40 ±1°С и $\alpha_м$ до 0,15.

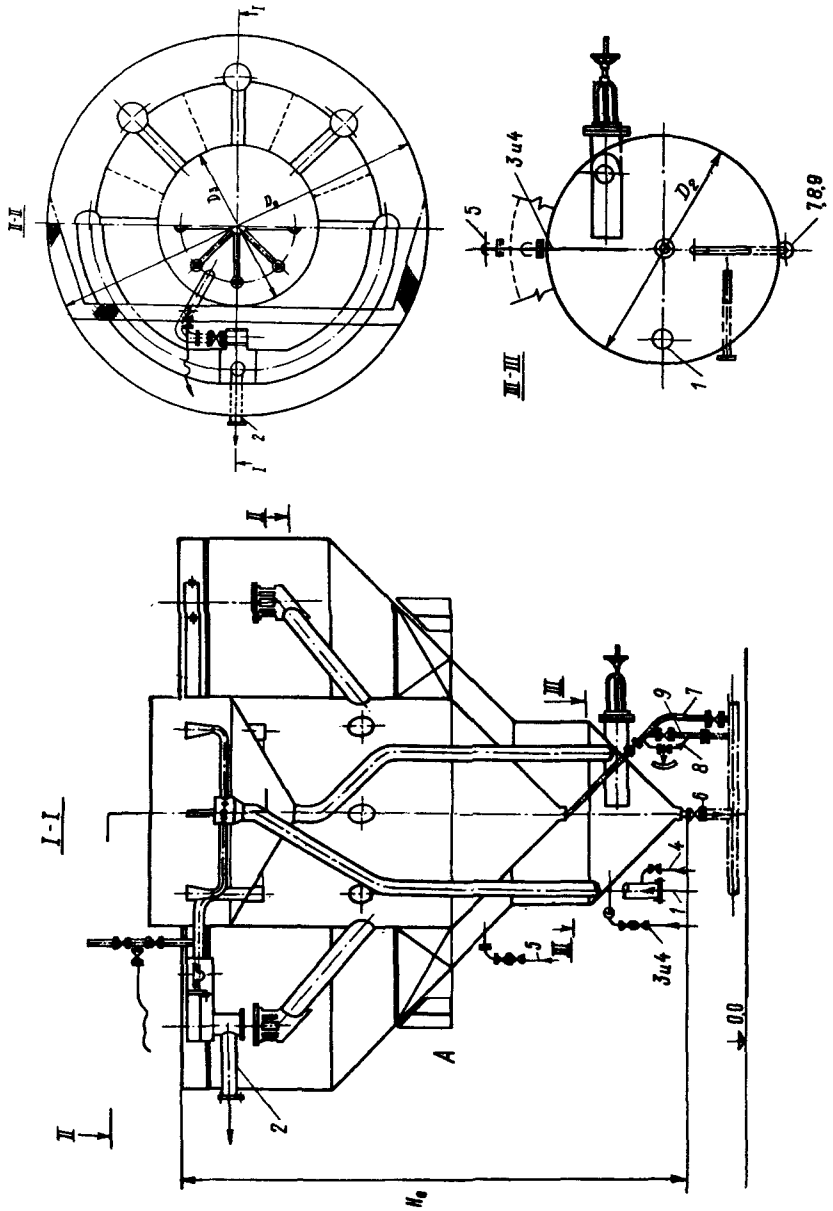


Рис.6. Осветлитель для известкования воды (марок ВТИ-400И; ВТИ-630И; ВТИ-1000И)

Примечания: 1. 2 - см. рис.5. 3. Значения отметки А: ВТИ-400И - 6,75 м; ВТИ-630И - 7,95 м; ВТИ-1000И - 9,4 м. 4. Размеры осветлителей ВТИ-1000И и ВТИ-630И могут быть уточнены в рабочем проекте.

Допускается форсировка производительности осветлителя до 125% проектной. При этом содержание взвеси в известкованной воде может возрасти.

В результате наладки осветлителя должны быть достигнуты следующие показатели свойств контактной среды (способы определения показателей указаны в приложении 4): весовое содержание сухого вещества $C_в \geqslant$ 10 г/л; объемное содержание $C_о \geqslant 0,1$; скорость свободного осаждения (при t = 15°С) $V_ч$ = 1,8 мм/с; весовое содержание сухого вещества осадка в продувочной воде (γ_1) не менее 75 г/л и желательно до 150 г/л. При небольших значениях $K_ч$ допустимые величины $C_в$ и γ_1 могут быть меньше, но при условии, чтобы требуемые размеры "отсечки" не превышали 20% и продувки 2%.

При правильной наладке и эксплуатации осветлитель должен выдавать воду с содержанием взвеси $M_{ост}$ до 5 мг/л.

57. Осветлитель (см.рис.3,4) устроен и работает следующим образом.

Исходная вода 1, подогретая до заданной температуры, подается по распределительной системе 2 в воздухоотделитель 3, где она освобождается от избытка воздуха. Из воздухоотделителя вода по опускной трубе через тангенциально направленный ввод, снабженный регулирующим устройством 4, поступает в смеситель воды и реагентов 5. При повторном использовании промывочной воды механических фильтров эта вода направляется также в смеситель по трубопроводу 32. Известковое молоко 6, растворы коагулянта 7 и ПАА 8 поступают в смеситель по радиально направленным трубопроводам. При этом известковое молоко вводится выше, чем исходная вода, раствор коагулянта - несколько выше известкового молока, а раствор ПАА вводится в верхнюю часть смесителя. Подача раствора коагулянта предусматривается также и в трубопровод исходной воды перед воздухоотделителем 7а. Благодаря равной направленности движения при входе в смеситель (тангенциальное для воды и радиальное для реагентов) в

Таблица 4

Основные размеры осветлителей, условные диаметры линий

Показатель	Наименование размера и линии	Обозначение на рис. 5 или 6	Марка осветлителя						
			ВТИ-63И	ВТИ-100И	ВТИ-160И	ВТИ-250И	ВТИ-400И	ВТИ-630И	ВТИ-1000И
Основные размеры, мм	Диаметр осветлителя	D_0	4250	5500	7000	9000	11000	14000	18000
	Высота корпуса осветлителя	H_0	8000	8450	9650	10700	11900	14600	16500
	Диаметр смесителя	D_2	1900	2500	3000	3600	4500	5000	6000
	Диаметр воздухоотделителя (ВО)	D_3	1900	2500	3000	4000	4500	5000	7500
Условные диаметры основных линий, мм	Подача исходной и выдача известкованной воды	1 и 2	150	200	250	300	350	400	500
	Подвод известкового молока	3	20	20	25	32	40	50	70
	Подвод раствора коагулянта	4	10	15	15	15	20	25	32
	Подвод раствора флокулянта	5	10	15	15	15	20	25	32
	Дренаж осветлителя	6	80	100	100	100	150	200	250
	Дренаж шламоуплотнителя (ШУ)	7	50	80	80	80	100	125	150
	Продувка (ручное управление)	8	15	20	25	32	40	50	70
	Продувка (автоматическое управление)	9	32	50	50	70	80	100	125

Таблица 5

Основные технологические показатели осветлителей

Показатель	Марка осветлителя						
	ВТИ-63И	ВТИ-100И	ВТИ-160И	ВТИ-250И	ВТИ-400И	ВТИ-630И	ВТИ-1000И
Производительность, $м^3/ч$							
расчетная	63	100	160	250	400	630	1000
максимальная (пропускная способность)	78	125	200	310	500	780	1250
Общий геометрический объем, $м^3$	76	133	236	413	650	1240	2127
Площадь поперечного сечения, $м^2$							
зон контактной среды и осветления	11,4	18,8	31,3	51,0	79,1	125,6	210
зоны осветления ЦУ	2,4(21,5)	4,32(23)	6,15(19,6)	11(21,7)	15,9(20,1)	28,3(22,3)	44(21)
Высота, м							
приведенной зоны контактной среды	2,8	2,9	3,5	3,8	4,0	5,1	4,9
зоны осветления (до борта желоба)	1,9	1,9	1,95	2,1	2,2	2,3	2,5
Длительность пребывания воды							
условная (геометрический объем, отнесенный к расходу), ч	1,2	1,33	1,47	1,65	1,63	1,97	2,13
в воздухоотделителе, мин	4,3	4,6	4,8	5,2	4,6	5,5	5,7
в смесителе, мин	4,65	4,6	4,8	5	5,3	5,3	5,25
в зоне контактной среды, мин	30	32	41	43	42	56	59
в зоне осветления, мин	20	21	22	24	26	23	31
в зоне уплотнения ЦУ (при продувке 2%), ч	3,4	3,9	3,8	5,3	4,8	6,2	6,7
Скорость движения воды							
в воздухоотделителе, м/ч	22,7	21	23	20,3	25,6	22,7	23,2
в зоне контактной среды, $\frac{мм}{с}/\frac{м}{ч}$	1,57/5,65	1,51/5,45	1,45/5,21	1,39/5	1,43/5,15	1,42/5,11	1,34/4,85
в зоне осветления (при "отсечке" 20%), $\frac{мм}{с}/\frac{м}{ч}$	1,26/4,52	1,2/4,35	1,16/4,18	1,11/4	1,15/4,12	1,14/4,1	1,07/3,9

Примечание. В скобках приведены значения в процентах площади зоны контактной среды.

смесителе реагенты хорошо перемешиваются с водой и там же происходит их химическое взаимодействие с растворенными в воде веществами.

Ввод воды снабжен устройством 9 для изменения площади его выходного сечения. Маховик привода устройства расположен вне корпуса осветлителя и снабжен указателем, шкала которого должна быть проградуирована в квадратных дециметрах свободной площади поперечного сечения выходного отверстия. Изменением свободной площади выходного сечения можно обеспечить желаемую при данной нагрузке скорость ввода воды и интенсивность перемешивания ее с реагентами и тем самым обеспечить оптимальные условия формирования контактной среды.

Приданное воде тангенциально направленным вводом вращательное движение постепенно затухает вследствие наличия в ней сил внутреннего трения. Его гасят также вертикальные 10 и горизонтальная 11 смесительные перегородки с отверстиями диаметром 100-150 мм, имеющиеся в нижней части осветлителя. Ко времени выхода воды в цилиндрическую часть осветлителя ее вращательное движение должно быть погашено и обеспечено только восходящее движение.

Процессы химического взаимодействия реагентов с растворенными в воде веществами завершаются в нижней части осветлителя по выходе жидкости из смесителя, и здесь же начинается выделение в виде хлопьев продуктов этого взаимодействия. Этот процесс образования, увеличения размеров и задержания хлопьев протекает на всем пути восходящего движения воды через толщу контактной среды, которую образуют выделяющийся из воды шлам, поддерживаемый во взвешенном состоянии восходящим потоком воды.

Верхняя граница взвешенного шлама (12*а*), образующего в осветлителе контактную среду, должна находиться примерно на уровне верхней кромки шламоприемных окон 13 шламоуплотнителя 15. При прохождении известкуемой воды через осветлитель непрерывно образуется шлам, поэтому избыток его должен также непрерывно удаляться из зоны контактной среды 12. Для этого часть (до 20% от общего расхода) обрабатываемой воды вместе с содержащимся в ней шламом отводится из зоны контактной среды в шламоуплотнитель. Жидкость поступает в шламоприемные окна и далее в осветлителях производительностью 63-250 $м^3/ч$ в зазор, образованный внутренним кожухом 14, и затем в шламоуплотнитель, в осветлителях производительностью

100-1000 м³/ч в шламоприемные 14*а* и шламоотводящие 14*б* трубы и по последним - в шламоуплотнитель.

Большая (до 80% общего расхода) часть поступившей в осветлитель воды проходит мимо шламоуплотнителя. В основном она освобождается от шлама при выходе из зоны контактной среды 12 в зону осветления 16 и полностью осветляется при движении через эту зону. Пройдя верхнюю дренажную решетку 17, предназначенную для равномерного распределения воды по поперечному сечению осветлителя, вода сливается в кольцевой желоб 18, расположенный над верхней дренажной решеткой. Вода поступает в желоб в основном через отверстия в его стенках. Кроме того, в стенках сделано несколько узких вертикальных щелей, через которые в желоб могут постоянно поступать всплывшие примеси. Этим предупреждается скапливание примесей на поверхности воды и единовременное поступление их в желоб в большом количестве. Из желоба вода поступает в распределительное устройство 19. В распределительном устройстве поток воды, выходящий из сборного желоба, смешивается с потоком осветленной воды, выходящим из шламоуплотнителя. Известкованная вода по трубопроводу 20 отводится в промежуточный бак, откуда насосами она подается в механические фильтры для окончательного осветления.

Шламоуплотнитель представляет собой встроенный в осветлитель напорный вертикальный отстойник, в котором шлам отделяется от воды. Шлам оседает в нижней части шламоуплотнителя, уплотняется (частично обезвоживается) под давлением вышележащих его слоев и удаляется при продувке в дренаж по трубопроводам 23 или 24. Для измерения расхода продувочной воды установлена измерительная шайба 25. Для опорожнения шламоуплотнителя предусмотрен трубопровод 29. Осветленная в шламоуплотнителе вода собирается перфорированным коллектором 21 и отводится по трубе 22 в распределительное устройство. На отводящей трубе имеется дроссельная заслонка 28, обычно снабжаемая дистанционным управлением, с помощью которой регулируется расход воды, поступающей через шламоуплотнитель в распределительное устройство. Кроме того, на этой трубе установлена задвижка 31, которая при работе осветлителя должна быть открыта. Закрывается задвижка при промывке коллектора шламоуплотнителя водой, подаваемой по трубопроводу 30. По этому же трубопроводу подается вода для обмыва желоба и решетки.

Поступление воды в шламоуплотнитель происходит вследствие того, что общая потеря напора при движении отводимой в шламоуплотнитель доли воды по тракту "шламоприемная труба - шламоуплотнитель - распределительное устройство" несколько меньше потери напора при поступлении остального количества обрабатываемой воды через отверстия сборного желоба. Действующий же напор, создающий движение обоих потоков воды, одинаков - это напор над осью отверстий сборного желоба и над находящейся на том же уровне горизонтальной осью короба, с помощью которого труба, отводящая воду из шламоуплотнителя, присоединяется к распределительному устройству и через который эта вода выливается в последнее.

Общее количество воды, поступающей в шламоуплотнитель, складывается из той части (называемой "отсечка"), которая направляется в распределительное устройство, и из той, которая непрерывно удаляется путем продувки. Величина "отсечки", регулируемая дроссельной заслонкой, при полностью открытой заслонке может достигать 25% от общего расхода воды, подаваемой в осветлитель. Практически требуемый размер "отсечки" меньше (до 20%).

При обработке воды требуется знать абсолютную величину и желательно сохранять заданный удельный размер "отсечки", то есть отношение ее величины к величине общего расхода воды, проходящей через осветлитель. Для измерения "отсечки" этот поток пропускается через калиброванные отверстия в перегородке распределительного устройства. Величина потока измеряется по величине напора воды перед калиброванными отверстиями.

Для сохранения относительного постоянства удельной величины "отсечки" применено следующее решение. В осветлителях ВТИ-63И - ВТИ-250И (см.рис.5) вода, поступающая из шламоуплотнителя, направляется в распределительное устройство через горизонтальный короб, с помощью которого отводящая труба присоединена к стене распределительного устройства, а в осветлителях ВТИ-400И - ВТИ-1000И (см.рис.6) сливается в специальный отсек распределительного устройства через два короба, присоединенных с двух сторон к отводящей трубе. Поперечное сечение короба (или коробов) равно поперечному сечению трубы; ширина - ширине распределительного устройства; высота короба при этом получается равной 20-50 мм.

Горизонтальная ось короба расположена на уровне горизонтальной оси отверстий сборного желоба, а верхняя стенка короба совпада-

ет с верхней образующей отводящей трубы на горизонтальном участке ее. В осветлителе производительностью 350 м^3/ч вода из шламоуплотнителя сливается сначала в специальный отсек, а затем через узкую горизонтальную щель - в основную часть распределительного устройства перед перегородкой с калиброванными измерительными отверстиями. Поперечное сечение щели равно поперечному сечению отводящей трубы; ширина - ширине распределительного устройства. Горизонтальная ось щели расположена на уровне горизонтальной оси отверстий сборного желоба.

Такое конструктивное решение узла слива воды из шламоуплотнителя в распределительное устройство обеспечивает одинаковую величину действующего напора как для потока воды, проходящего шламоуплотнитель, так и для основного потока, проходящего помимо него. Для обоих потоков действует одинаковая зависимость расхода от действующего напора (расход прямо пропорционален корню квадратному из величины напора . Однако распределение потоков нарушится, если не будет свободного слива воды из шламоуплотнителя в распределительное устройство, т.е. если истечение воды, прошедшей шламоуплотнитель, будет происходить под уровень воды, находящейся в распределительном устройстве. При этом действующий напор и размер "отсечки" уменьшаются. Подтопление выхода может произойти, если перекрыто слишком много измерительных отверстий или если подтоплено само распределительное устройство вследствие недостаточности диаметра трубопровода, отводящего известкованную воду из осветлителя, или если он проложен или присоединен к промежуточным бакам неправильно и в нем скапливается воздух, захватываемый водой при выходе из распределительного устройства.

Размер "отсечки" при эксплуатации осветлителя устанавливается такой, чтобы он был, с одной стороны, достаточен для выведения из зоны контактной среды образующегося шлама и, с другой, - чтобы при этом происходило достаточное осветление воды, возвращаемой из шламоуплотнителя в распределительное устройство.

Продувка шламоуплотнителя устанавливается тех минимальных размеров, при которых верхний уровень шлама в шламоуплотнителе не выходит за допустимые пределы и не ухудшается осветление воды, возвращаемой из шламоуплотнителя в распределительное устройство.

Если и "отсечка", и продувка будут полностью закрыты, то

шлам все же будет поступать в шламоуплотнитель, хотя и в значительно меньшем количестве, вследствие того, что концентрация осадка будет выравниваться по всей площади поперечного сечения осветлителя, занятой контактной средой (это явление называется турбулентной диффузией). Поступившие в пределы шламоприемных труб частицы шлама будут оседать из-за отсутствия в трубах восходящего тока воды и попадут в шламоуплотнитель.

Эксплуатировать осветлитель при закрытой "отсечке" не следует. При этом не будет в достаточной мере выводиться шлам из зоны контактной среды и увеличится нагрузка зоны осветления собственно осветлителя.

Для сбора песка, поступающего в осветлитель с исходной водой, и крупнокристаллических формаций карбоната кальция служит грязевик 26 (см. рис.3,4), в качестве которого использована нижняя часть конического днища смесителя ниже уровня сопла, через которое подается вода. Тяжелые и прочные частицы должны быть выведены из осветлителя для того, чтобы они не перетирали хлопья шлама при вращательном движении жидкости в смесителе. Кроме того, необходимо так подбирать условия формирования осадка, чтобы избежать образования крупнокристаллического карбоната кальция. Скопившиеся в грязевике тяжелые частицы удаляются при периодических продувках грязевика по трубопроводу 27. Через этот же трубопровод может быть произведено и опорожнение осветлителя. Частота продувок устанавливается в зависимости от местных условий. При небольшом содержании взвеси в исходной воде и правильно выбранных условиях формирования шлама необходимость в периодических продувках осветлителя через грязевик вообще отпадает. В этом случае ограничиваются только продувкой шламоуплотнителя. Для уменьшения потерь воды и во избежание чрезмерного понижения уровня контактной среды периодическую продувку следует проводить с минимально возможным расходом и возможно реже (ориентировочно длительность продувки 1-2 мин один раз в неделю).

Для контроля и регулирования режима работы осветлитель оснащается линиями отбора проб воды на анализ, перекрываемыми пробковыми кранами, линиями подачи воды к датчикам систем автоматического регулирования и дистанционного измерения "отсечки" (рис.7).

58. Для контроля за дозированием реагентов при эксплуатации

осветлителя отбирают воду из того первого (нижнего) по ходу воды пробоотборного крана, в пробе из которого "гидратная" (или "бикарбонатная" при бикарбонатном режиме известкования) щелочность воды достаточно стабилизировалась (т.е. в пробах, отобранных из расположенных выше кранов, "гидратная" щелочность меняется незначительно). Обычно таким краном является кран № 2 (см.рис.7). Для контроля за качеством известкованной воды отбирают пробу из крана № 6.

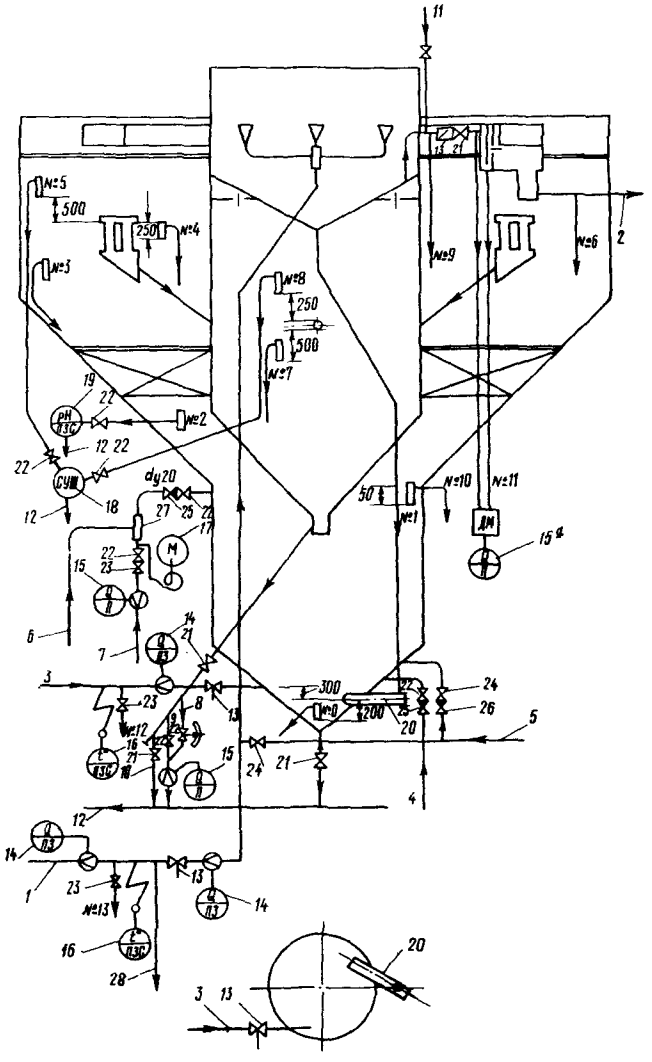
Краны № 4 и 5 служат для контроля за положением верхнего уровня контактной среды в осветлителе (в пробе из крана № 4 должен находиться взвешенный шлам; в пробе из крана № 5 он должен отсутствовать).

Краны № 7 и 8 служат для контроля за уровнем осадка в шламоуплотнителе; при появлении шлама в пробе из крана № 8 шламоуплотнитель должен быть продут; в пробе из крана № 7 осадок должен присутствовать; отсутствие шлама указывает на то, что установлен излишне большой размер непрерывной продувки или что верхний уровень взвешенной контактной среды в осветлителе еще не достиг шламоприемных окон.

Для контроля за осветлением воды в шламоуплотнителе отбирают пробу из пробоотборного крана № 9 на трубе, связывающей шламоуплотнитель с распределительным устройством.

59. Обязательным условием нормальной работы осветлителя является наличие (и непрерывное возобновление во время работы) контактной среды, обладающей определенными технологическими показателями. Эти показатели не должны быть существенно хуже принятых в проекте осветлителя. Если в результате тщательной эксплуатации осветлителя, применения дополнительных средств, например ввода флокулянта, или благоприятного качества исходной воды будут достигнуты показатели свойств контактной среды лучше проектных (т.е. выше указанных в п.56), то это позволит увеличить производительность осветлителя в пределах возможного расхода воды, определяемого пропускной способностью подающих, собирающих и отводящих воду элементов осветлителя (т.е. на 25%).

На технологические свойства контактной среды можно воздействовать изменением скорости ввода воды в смеситель, места ввода коагулянта, дозы коагулянта и pH известкованной воды, применением флокулянта в дополнение к коагулянту.



60. Оптимальные условия формирования осадка могут быть разными для разных исходных вод и в разные периоды года для воды одного и того же источника водоснабжения. Выбор этих условий должен быть сделан при наладке на основе следующих общих указаний:

1. Желательна максимальная скорость ввода воды в осветлитель, но при которой еще не образуются крупнокристаллические формации карбоната кальция (вероятность образования крупнокристаллических формаций увеличивается при уменьшении в составе образующегося осадка доли гидроокиси магния, особенно при небольшой дозе коагулянта). Принятая скорость должна также обеспечивать достаточно быстрое перемешивание воды и реагентов и выравнивание щелочности по высоте осветлителя. Оптимальная скорость ввода обычно равна 1,0-1,25 м/с. При малой щелочности исходной воды и больших дозах коагулянта допустима меньшая скорость - до 0,8 м/с, а при относительно большой величине $\alpha_м$, равной согласно [Л.5] 0,1-0,25, допустима повышенная скорость - до 1,5 м/с. При наличии устройства для изменения живого сечения окончания трубы, подводящей воду в смеситель, подбор и поддержание требуемой скорости не вызывает

Рис.7. Схема оснастки осветлителя для известкования воды:

1 - исходная вода; 2 - известкованная вода; 3 - возврат промывочной воды механических фильтров; 4 - известковое молоко; 5 - раствор коагулянта; 6 - раствор флокулянта; 7 - разбавляющая вода (известкованная); 8 - непрерывная продувка при ручном регулировании; 9 - то же при управлении от СУШ; 10 - опорожнение шламоуплотнителя; 11 - вода на промывку коллектора шламоуплотнителя; 12 - дренажная линия; 13 - регулирующий клапан с сервоприводом; 14 - расходомер, показывающий и записывающий; 15 - расходомер показывающий; 16 - термометр показывающий, сигнализирующий и записывающий; 17 - манометр; 18 - сигнализатор уровня шлама (СУШ); 19 - pH-метр показывающий, записывающий и сигнализирующий; 20 - ввод воды с регулируемым выходным сечением; 21 - задвижка водяная; 22 - пробковый кран; 23 - вентиль водяной; 24 - клапан запорный кислотоустойчивый; 25 - обратный клапан; 26 - обратный клапан кислотоустойчивый; 27 - смеситель (типа электора); 28 - к другим осветлителям; № 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 - пробоотборные и импульсные линии dy 10 мм, их назначение: № 0,1,3,4, 6,7,9,12,13 - для ручного контроля; № 2 - к pH-метру; № 5 и 8 - к СУШ; № 6 - к мутномеру (прибору для определения прозрачности по "кресту"); № 10 и 11 - к расходомеру "отсечки"

Примечания: 1. Приборы 14, 15а (указатель размера отсечки), 16 и 19 и ключи управления клапанами 13 должны быть вынесены на щит управления водоподготовительной установки.
2. Вращение потоков 20 и 3 - в одном направлении.

трудностей. Подбирая оптимальную скорость, принимают первоначально большее ее значение и следят при этом за свойствами шлама и за выравниванием щелочности по высоте осветлителя. При образовании крупнокристаллических формаций скорость ввода уменьшают и повторяют наблюдение.

Удовлетворительные свойства осадка достигаются обычно в некоторых пределах скоростей ввода воды, поэтому при эксплуатации регулирование скорости требуется лишь в тех случаях, когда она выходит за пределы установленных оптимальных значений, а не при всяком изменении нагрузки.

2. Коагулянт, как правило, вводят в смеситель. Однако при высокой окисляемости, малой щелочности исходной воды, больших величинах исходной мутности, а также больших дозах коагулянта, что обычно бывает в период паводка, при вводе коагулянта в смеситель зачастую резко ухудшаются свойства осадка - он становится мелким, малообводненным, и ухудшается эффект осветления воды из-за выноса тонкодисперсной взвеси. Такое ухудшение условий и результатов очистки указывает на целесообразность перехода на ввод коагулянта в исходную воду перед воздухоотделителем. По окончании паводка следует вновь перейти на ввод коагулянта в смеситель. Известны случаи, когда предварительный ввод коагулянта оказывался целесообразным и при обычных свойствах исходной воды.

3. Ввод флокулянта также целесообразен при указанных в предыдущем пункте свойствах исходной воды, т.е., как правило, в период паводка.

Кроме паводка, длительное или постоянное дозирование флокулянта может быть целесообразным тогда, когда исходная вода на протяжении всего или большей части года обладает указанными выше неблагоприятными свойствами. Следует отметить, что ввод флокулянта может улучшить свойства шлама и, как следствие, эффективность осветления воды также и в тех случаях, когда не подобраны или не поддерживаются оптимальные условия формирования контактной среды. Однако применение флокулянта как средства исправления недостатков наладки и эксплуатации осветлителя экономически и технологически неоправдано.

61. Выбор условий отведения осадка состоит в установлении правильных размеров отсечки воды ($Q_{ш0}$), непрерывной продувки шламоуплотнителя ($Q_{пр}$), частоты и длительности периодической продувки через грязевик.

Размеры $Q_{шо}$ и $Q_{пр}$ устанавливают расчетом и далее, наблюдая за уровнем контактной среды в осветлителе, уровнем шлама и достаточностью осветления воды в шламоуплотнителе; при необходимости корректируют значения $Q_{шо}$ и $Q_{пр}$.

Для расчета $Q_{шо}$ и $Q_{пр}$ приближенно определяют количество сухого вещества осадка $K_и$, а также расход воды, отводимой в шламоуплотнитель, $Q_{шу}$:

$$K_и = M + 50\left(|Ca^{2+}|_{исх} - |Ca^{2+}|_{ост} + Д_и\right) + 29\left(|Mg^{2+}|_{исх} - |Mg^{2+}|_{ост}\right) + 53\,Д_к + 0{,}37\,Д_и \cdot в - M_{ост} \text{ мг/л}, \quad (43)$$

где M и $M_{ост}$ выражены в миллиграммах на литр;
$в$ - количество нерастворимых примесей в известковом молоке, % от $Ca(OH)_2$;
остальные величины выражены в миллиграмм-эквивалентах на литр.

$$Q_{шу} = \frac{10^{-3} \cdot K_и}{C_в} \cdot Q_{исх} \quad м^3/ч, \quad (44)$$

где $K_и$ выражено в миллиграммах на литр;
$C_в$ в граммах на литр;
$Q_{исх}$ - расход воды через осветлитель, $м^3/ч$.

Расход воды, отводимой с продувкой:

$$Q_{пр} = \frac{10^{-3} \cdot K_и}{\gamma_1} \cdot Q_{исх} \quad м^3/ч, \quad (45)$$

где K_u в миллиграммах на литр;

γ_1 в граммах на литр; $Q_{исх}$ в метрах кубических в час.

Размер "отсечки":

$$Q_{шо} = Q_{шу} - Q_{пр} \quad м^3/ч. \qquad (46)$$

Измерение "отсечки" производится по высоте слоя воды (H см) над горизонтальной осью измерительных отверстий в стенке распределительного устройства:

$$Q_{шо} \approx 0{,}1 \cdot n \cdot f_0 \sqrt{H} \quad м^3/ч, \qquad (47)$$

где n - количество открытых измерительных отверстий, шт;

f_0 - площадь одного отверстия, $см^2$.

Из пяти предусмотренных в проектах осветлителей отверстий четыре могут быть перекрыты пробками, чтобы увеличить напор над осью отверстий при малой нагрузке осветлителя. В работе должно быть оставлено следующее количество отверстий в зависимости от установленной на длительный срок нагрузки осветлителя (в % расчетного значения): 125% - 5, 100% - 4, 75% - 3, 50% - 2, 25% - 1.

Как правило, должно быть предусмотрено дистанционное измерение размеров и управление "отсечкой".

Для измерения размеров "отсечки" по месту удобно пользоваться рейкой, градуированной в метрах кубических в час; нулевое деление должно совпадать с горизонтальной осью измерительных отверстий.

Как правило, следует применять автоматическую продувку шламоуплотнителя с датчиком-сигнализатором уровня шлама (СУШ). В этом случае продувка по существу становится периодической со сравнительно частыми и краткими периодами срабатывания. На СУШ должна подаваться вода из пробоотборного крана № 8 для управления продувкой и из пробоотборного крана № 5 для защиты от превышения уровня контактной среды в осветлителе. Во избежание излишней перепродувки СУШ должен быть налажен так, чтобы он реагировал на появление в пробе шлама, а не мутной воды.

При ручном управлении непрерывной продувкой и сливе дренируемой воды в приемное корыто измерение $Q_{пр}$ производится косвенным путем - по степени открытия пробкового крана. Кран должен быть предварительно градуирован (в $м^3/ч$) при разной степени открытия крана по времени наполнения приемного корыта при закрытой задвижке на линии отвода воды из него.

62. При первоначальном заполнении осветлителя реагенты начинают подавать одновременно с водой в расчетном количестве и далее корректируют их подачу по данным анализа проб воды, отобранных из осветлителя, чтобы получить желаемые фактические значения дозы коагулянта и гидратной щелочности.

Фактическая величина дозы коагулянта ($Д_{кф}$) может быть определена по увеличению некарбонатной жесткости воды:

$$Д_{кф} = (Ж_{ост} - Щ_{ост}) - (Ж_{исх} - Щ_{исх}) \text{ мг-экв/л.} \qquad (48)$$

Такой контроль за дозой коагулянта следует осуществлять и в процессе эксплуатации водоподготовительной установки.

Возможно также проверить величину фактической дозы коагулянта путем сопоставления количеств израсходованного раствора ($\Delta W_к$ $м^3$) и поданной в осветлитель исходной воды (ΣQ $м^3$) за определенный промежуток времени

$$Д_{кф} = \frac{\Delta W_к \cdot C_к}{\Sigma Q} \text{ мг-экв/л,} \qquad (49)$$

где $C_к$ - крепость раствора коагулянта, мг-экв/л.

Нагрузку осветлителя в период его заполнения следует принять 50-75% расчетной; непрерывная продувка должна быть закрыта, а "отсечка" ($В$) установлена в пределах значения величины

$$В = 100 \cdot \frac{F_{шу}}{F_{кс}} \%, \qquad (50)$$

где $F_{кс}$ и $F_{шу}$ – площади поперечных сечений зоны контактной среды и шламоуплотнителя, $м^2$.

После того, как верхний уровень контактной среды достигнет шламоприемных окон, устанавливают расчетные значения $Q_{шо}$ и $Q_{пр}$ и путем наблюдения за свойствами шлама уточняют значение скорости ввода воды.

Достигнув удовлетворительных значений C_0 и $C_в$, доводят нагрузку осветлителя до расчетной.

При наличии на водоподготовительной установке работающего осветлителя целесообразно перепустить из него по дренажным трубопроводам часть шлама во вновь пускаемый осветлитель.

63. Удалять шлам из осветлителя при выводе его в резерв не следует. При вводе осветлителя в работу из резерва целесообразно дать на него нагрузку несколько меньше расчетной (не более 70%) и далее по мере надобности увеличивать нагрузку не чаще чем через полчаса и не более чем на 15%.

64. Воду, использованную на промывку механических фильтров, следует возвращать в осветлитель равномерно в течение суток, вводя ее по специальному тангенциально направленному патрубку (чтобы избежать местного вертикального тока воды в осветлителе) в смеситель – несколько выше оси водяного сопла. Температура возвращаемой воды должна быть постоянной.

65. Во время эксплуатации осветлителей нагрузка их должна быть по возможности постоянной в течение суток. Сглаживание нагрузки должно достигаться за счет сработки регулирующей емкости промежуточных баков.

66. На ряде действующих водоподготовительных установок для известкования применены осветлители, предназначенные для магнезиального обескремнивания воды [Л.2, Л.10, Л.11]. Такое решение не рекомендуется при проектировании новых водоподготовительных установок, применяющих известкование воды.

Порядок наладки и эксплуатации этих осветлителей аналогичен изложенному в п.62-66. Однако подбор и установление скоростей ввода воды здесь достигается путем смены водяных сопл, что требует вывода в резерв и опорожнения осветлителя и потому затруднительно.

В тех случаях, когда из-за невозможности поддержания оптимального шламового режима не достигается расчетная производительность или должный эффект известкования в осветлителе, следует

при очередном капитальном ремонте ввести в его конструкцию смеситель и устройство для регулирования живого сечения водяного сопла (имеющиеся два сопла следует заменить одним с сечением, обеспечивающим при расчетной нагрузке осветлителя скорость выхода воды 0,75 м/с при полностью открытой подводящей трубе).

В осветлителе производительностью 230/280 м³/ч [Л.12], рабочий проект которого выполнен ХО ТЭП по эскизу ВТИ (общий вид черт. № 255306, 1963 г.), на уровне верха нижней конической части корпуса следует установить нижнюю горизонтальную смесительную решетку, имеющую 1250 отверстий диаметром 100 мм.

В осветлителях типа ЦНИИ-1а производительностью до 200 м³/ч, сооруженных по проектам начала пятидесятых годов, излишне велика высота шламоотводящей трубы, мала высота зоны уплотнения шлама и соответственно корпуса шламоуплотнителя, неудачна конструкция устройства для сбора и отведения осветленной воды в последнем, малы диаметр и высота воздухоотделителя; в отдельных случаях проектными организациями приняты "каскадные" воздухоотделители (с двумя камерами, расположенными друг над другом), что приводит к насыщению воздухом воды при движении через верхнюю камеру.

Для повышения эффекта осветления воды и производительности осветлителей рекомендуется:

- увеличить размеры воздухоотделителя (глубина погружения под уровень воды в осветлителе до 1,5 м, скорость движения в воздухоотделителе не более 50 м/ч - желательно 25 м/ч); отказаться от "каскадных" воздухоотделителей;

- увеличить зону уплотнения шламоуплотнителя (расстояние от низа центральной трубы до низа цилиндрической части 1,5-2 м) и общую высоту корпуса за счет уменьшения высоты шламоприемной трубы, в последней оставить 3-4 верхних окна (скорость поступления воды в окна - 8 мм/с при "отсечке" 15%);

- заменить верхнюю сборную решетку шламоуплотнителя сборным коллектором, подведя воду для его промывки. Выполнить примыкание трубы, отводящей воду из шламоуплотнителя в распределительное устройство, в виде короба.

После переоборудования конструкция осветлителей будет приближена к принятым в более поздних проектах [Л.10,11].

Переоборудование осветлителей производительностью 100,200 и 250 м³/ч успешно выполнено на Дарницкой ТЭЦ Киевэнерго (проект Киевского отделения ТЭП по техзаданию ВТИ).

При наличии на старых водоподготовительных установках вертикальных отстойников их следует переоборудовать в осветлители [Л.11].

У. МЕХАНИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

67. На предочистках с известкованием следует применять напорные вертикальные (одно- или двухкамерные) или горизонтальные механические фильтры.

68. Дренажи фильтров и детали крепления дренажей должны быть выполнены из коррозионностойких материалов. Внутренняя поверхность фильтров должна иметь антикоррозионное покрытие.

69. Впредь до организации централизованной поставки фильтрующего материала допускается загружать механические фильтры дробленым антрацитом с зольностью до 10%, содержанием общей серы до 2%, истираемостью до 5%, измельчаемостью до 4% и обладающим достаточной химической стойкостью [Л.12].

Размер фракций фильтрующего материала должен находиться в пределах 0,6-1,4 мм, эквивалентный диаметр 0,8-0,9 мм, коэффициент неоднородности не более 2.

70. Допускается (но менее желательна) загрузка фильтров мраморной крошкой с теми же размерами частиц, химической стойкостью и механической прочностью, что и для дробленого антрацита (испытание химической стойкости мрамора в кислой среде не проводится).

71. При эксплуатации следует равномерно распределять нагрузку на механические фильтры и своевременно выключать их на промывку при уменьшении прозрачности фильтрата до 20 см по шрифту или при увеличении потери напора до 1 кгс/см^2. При малом содержании взвеси в осветляемой воде каждый механический фильтр промывается один раз в 1-3 сут по установленному графику.

72. *Промывка фильтров производится в следующем порядке:* совместная водовоздушная промывка в течение 2-3 мин при удельном расходе воды 6-7 л/(с·м^2) и воздуха 10 л/(с·м^2) и далее водная промывка с интенсивностью до 12 л/(с·м^2), которая заканчивается при достижении прозрачности промывочных вод 20 см по шрифту. При промывке

должно достигаться расширение фильтрующего слоя на 30-40%. Условия промывки уточняются при наладке [Л.13].

У1. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДОЧИСТКИ

73. Единичные мощности аппаратов, сечения основных трубопроводов и размеры помещений для щитов управления, лабораторий и подсобных помещений водоочистки должны приниматься исходя из конечной мощности электростанции и полной производительности водоподготовительной установки независимо от того, во сколько очередей предполагается их осуществление.

74. Проект предочистки должен быть подвергнут квалифицированной экспертизе, организуемой дирекцией строящейся электростанции и химической службой районного энергоуправления.

75. При проектировании должно быть тщательно изучено качество исходной воды за предыдущие годы по отдельным сезонам (летняя и зимняя межень, весенние и осенние дождевые паводки), выявлен прогноз изменения качества воды на ближайшие десять лет и изучены данные о работе аналогичных водоподготовительных установок, использующих тот же источник водоснабжения. В сложных случаях (загрязнение водоисточника сточными водами, большое содержание в исходной воде железа, нереакционноспособной кремнекислоты и т.п.) должна быть выполнена пробная обработка воды в неблагоприятный в отношении качества ее период для определения требуемых условий и возможных результатов очистки.

76. Суммарная расчетная производительность осветлителей, устанавливаемых на предочистке, и резервные места для дополнительных аппаратов должны быть приняты по нормам технологического проектирования. Согласно ныне действующим нормам [Л.14], расчетная производительность предочистки (осветлителей) должна быть принята равной 125% расчетной потребности в осветленной воде. Должно быть также предусмотрено место для установки одного осветлителя сверх расчетного количества.

При пуске сооружается не менее двух осветлителей, а при пол-

ном развитии водоподготовительной установки их должно быть не более шести.

77. Устройства для подачи исходной воды должны исключать подсос воздуха в воду и самопроизвольное изменение ее расхода. Последнее должно производиться только обслуживающим персоналом или автоматами, регулирующими подачу воды.

78. Подогреватели рассчитываются на подогрев воды до 40°С при максимальной нагрузке предочистки. Отклонения от заданной температуры не должны превышать ±1°С.

79. К установке следует принимать осветлители нормального ряда, показанные на рис.5 и 6.

80. Осветлители, как правило, размещаются вне здания водоподготовительной установки, на минимальном расстоянии от него. Запрещается размещать проезды между осветлителями и зданием водоподготовительной установки. При проектировании должны быть выполнены следующие требования:

а) предусмотрены отапливаемые и имеющие естественное освещение и вентиляцию верхние (шатры) и нижние павильоны осветлителей, соединенные теплыми переходами между собой и со зданием водоподготовительной установки. Окна павильонов и шатров должны иметь створные элементы;

б) трубопроводы воды и реагентов размещены в теплых переходах;

в) обеспечены свободный слив воды из осветлителей в промежуточные баки и гидравлическая связь между баками, например со стороны всасывающих линий перекачивающих насосов;

г) обеспечены опорожнение одного осветлителя через его дренаж за четыре часа и свободный слив из линий непрерывной продувки при ручном управлении ею;

д) предусмотрена возможность дренирования всех трубопроводов осветлителя при выводе его в резерв или на ремонт;

е) предусмотрена система перепуска или перекачки шлама по дренажным трубопроводам из любого работающего осветлителя в любой другой, пускаемый в работу;

ж) предусмотрена защита внутренней поверхности осветлителя от верха его и на 0,5 м ниже верхней дренажной решетки противокоррозионным покрытием. Необходимость нанесения покрытия должна быть учтена проектом осветлителя. Предусмотрено нанесение тепловой изоляции снаружи осветлителя и трубопроводов;

з) предусмотрен подвод осветленной воды к каждому осветлителю для промывки верхней решетки и сборного коллектора осветленной воды в шламоуплотнителе;

и) пробоотборные линии вне осветлителя во избежание отложения шлама проложены с минимальным количеством гибов (обязательно плавных). На линиях установлены пробковые (проходные) краны.

81. Общая регулирующая[1] емкость баков известкованной воды принимается равной часовой производительности осветлителей.

82. При обработке воды поверхностного источника предусматриваются устройства для дозирования коагулянта и флокулянта и место на отапливаемом складе для хранения флокулянта.

При известковании подземных вод перед химическим обессоливанием обязательно предусматривается оборудование для коагуляции при наличии в исходной воде нереакционноспособной кремнекислоты.

83. При проектировании должны быть определены источник поставки на водоподготовительную установку извести, фактическое содержание в ней активной окиси кальция и посторонних примесей. Эти реальные показатели принимаются при проектировании известкового хозяйства.

84. Для расчета складов и аппаратов реагентного хозяйства принимаются максимальные дозы реагентов, отвечающие наименее благоприятному качеству исходной воды. Если отсутствуют эксплуатационные или экспериментальные данные, рекомендуется исходить из следующих доз расчетов:

а) известь - по уравнению, принимая значение pH известкованной воды 10,3:

$$Д_и = |CO_2|_{исх} + Щ_{исх} + Δ|Mg^{2+}| + Д_к + 0{,}3 \quad мг\text{-}экв/л; \qquad (51)$$

б) коагулянт - средняя за год 1 мг-экв/л, в паводок - 1,25 мг-экв/л, при обесцвечивании сильноцветных вод (подпитка теплосети с открытым водоразбором) до 2 мг-экв/л;

---

[1] То есть полезная емкость, за вычетом той части объема этих резервуаров, которую занимает вода, расходуемая на промывки механических фильтров, если ее там запасают.

в) ПАА до 1 мг/л, считая на полимер.

85. Склады реагентов проектируются на месячный запас реагентов и должны допускать прием содержимого 60-тонного вагона при наличии в складе 15-дневного запаса соответствующего реагента.

86. Доставка реагентов предусматривается непосредственно на склад без промежуточной выгрузки.

87. На водоподготовительных установках мощных электростанций может применяться хранение извести в сухом виде, коагулянта - в мокром виде в так называемых ячейках, ПАА - в заводской таре на отапливаемом складе (температура 5-25°С), где реагент защищен от замерзания и от высыхания [Л.3].

Допустимо также мокрое хранение извести. При сухом и мокром хранении должны быть механизированы процессы разгрузки извести, внутрискладской транспортировки, удаления недопала и песка, а также заполнения емкостей для приготовления известкового молока. Должно быть обеспечено отсутствие примесей в дозируемом известковом молоке и надлежащие санитарно-гигиенические условия работы персонала.

Выбор между вариантами сухого и мокрого хранения извести должен быть сделан на основе технико-экономического сравнения, учитывающего первоначальные затраты на сооружение складов и эксплуатационные затраты на их обслуживание, включая удаление отходов и ремонт оборудования.

88. Известь обычно дозируется в виде молока, коагулянт и полиакриламид - в виде растворов.

На предочистках малой производительности (до 100 $м^3/ч$) допускается дозирование извести в виде раствора.

89. При использовании комовой строительной извести и сухом ее хранении должно быть предусмотрено:

а) дробление извести перед загрузкой в бункера-хранилища до кусков размерами не более 20 мм, чтобы незагасившиеся частицы могли быть удалены гидротранспортом без дополнительного измельчения;

б) гашение извести в механических обычно барабанных гасителях (аппараты МИКА). Рекомендуется устанавливать два гасителя - рабочий и резервный;

в) механизированное удаление отходов гашения извести (например с помощью гидротранспортера);

г) гашение извести только в дневную смену. Приемные емкости крепкого известкового молока снабжаются устройствами для перемешивания и откачки и устанавливаются в количестве не менее двух штук общим объемом на одно-двухсуточный расход реагента;

д) очистка известкового молока от песка и незагасившихся частиц до полного отсутствия частиц с размерами более 0,2 мм.

Очистка может производиться в гидроциклонах [Л.15 и Л.16], аппаратах Русселя-Дорошенко (применяются на содовых и сахарных заводах). Открытые гидроциклоны и очистители Русселя-Дорошенко устанавливают на сливе известкового молока из известегасителей; напорные гидроциклоны - на трубопроводе заполнения затворных мешалок известкового молока;

е) приготовление известкового молока заданной крепости и перекачка в расходные емкости. Максимальная крепость известкого молока, принимаемая для расчета, 2500 мг-экв/л;

ж) непрерывное поддержание во взвешенном состоянии частиц известкового молока, находящегося в расходных емкостях;

з) заполнение расходных емкостей без нарушения заданной крепости известкового молока и необходимости переключения насосов-дозаторов на работу от другой расходной емкости, для чего рекомендуется устанавливать раздельные затворные и расходные емкости.

90. Для приема известкового молока от гасителей, а также в качестве затворных (для приготовления молока заданной крепости) и расходных емкостей желательно применение мешалок с механическими смесителями (рис.8) объемом 16,25,32 и 40 м^3* производства заводов Минхимнефтемаша [Л.17]. Мешалки объемом 4,6,15,25 и 40 м^3 намечается производить также на ТМЗ.

Возможно, но нежелательно применение гидравлических мешалок с циркуляционными насосами, обеспечивающими скорость восходящего потока молока в затворных и расходных мешалках 15 м/ч (рис.9). В качестве циркуляционных должны применяться специальные насосы, предназначенные для перекачки суспензий. Перемешивание известкового молока в расходной мешалке сжатым воздухом недопустимо, так как при этом будут нарушаться работа насосов-дозаторов, правильность дозирования известкового молока и режим известкования.

---

*Объем 40 м^3 - по особому заказу.

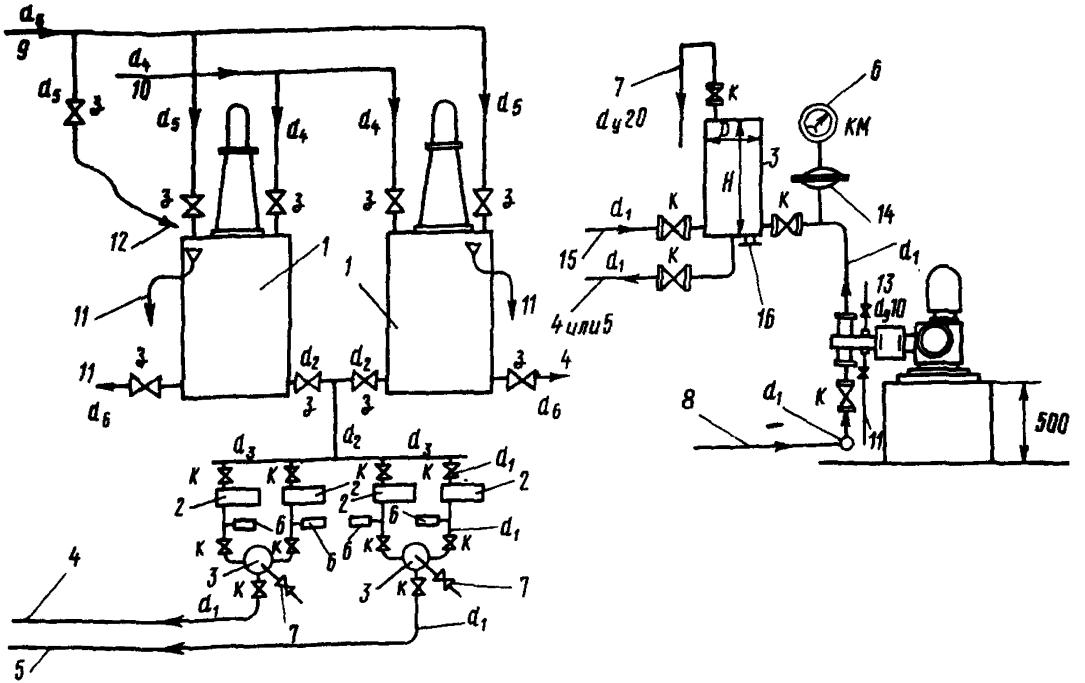


Рис.6. Схема включения расходных мешалок известкового молока (с механическим смесителем) и насосов-дозаторов:

1 - известковая мешалка; 2 - насос-дозатор (рабочий и резервный); 3 - воздушный колпак; 4 - в осветлитель № I; 5 - в осветлитель № 2; 6 - электроконтактный манометр; 7 - воздушник; 8 - из расходных мешалок; 9 - вода от линии собственных нужд предочистки; 10 - очищенное известковое молоко из затворной мешалки; 11 - в дренаж; 12 - на обмыв мешалок; 13 - на обмыв плунжера насоса-дозатора; 14 - разделительная диафрагма; 15 - от второго насоса-дозатора; I6 - пробка для опорожнения; з - задвижка; к - пробковый кран

Размеры (мм) для насосов-дозаторов разных марок

Обозначение	НД 630/10	НД 1000/10	НД 1600/10	НД 2500/10
D	100	100	125	125
H	350	350	400	400
d_1	20	25	32	40
d_2		$\sim 0{,}75\sqrt{qn}$*		
d_3		$\sim 0{,}7\ d_2$**		

* q - подача насоса-дозатора, л/ч; n - количество осветлителей, обслуживаемых данной линией известковым молоком.

** При разветвлении всасывающей линии (см. схему); при отсутствии разветвления $d_3 = d_2$.

91. Независимо от количества осветлителей на предочистке рекомендуется устанавливать две расходные мешалки, к которым присоединяются все насосы-дозаторы известкового молока и две затворные мешалки.

Полезная емкость каждой мешалки рассчитывается не менее чем на 12-часовой (и желательно на суточный) расход известкового молока при работе всех осветлителей с максимальной нагрузкой.

Чтобы обеспечить возможность приготовления известкового молока заданной крепости только в дневную смену при большом расходе известкового молока на предочистке (более 15 кг-экв/ч) и единичной емкости мешалок 40 м^3, может потребоваться установка трех-четырех затворных мешалок.

92. В ячейки мокрого хранения коагулянта должен быть подведен сжатый воздух. Для приготовления раствора заданной крепости устанавливается затворная гидравлическая мешалка полезной емкостью, равной расходу раствора коагулянта в течение двух и желательно трех смен при максимальной дозе его и при работе всех осветлите-

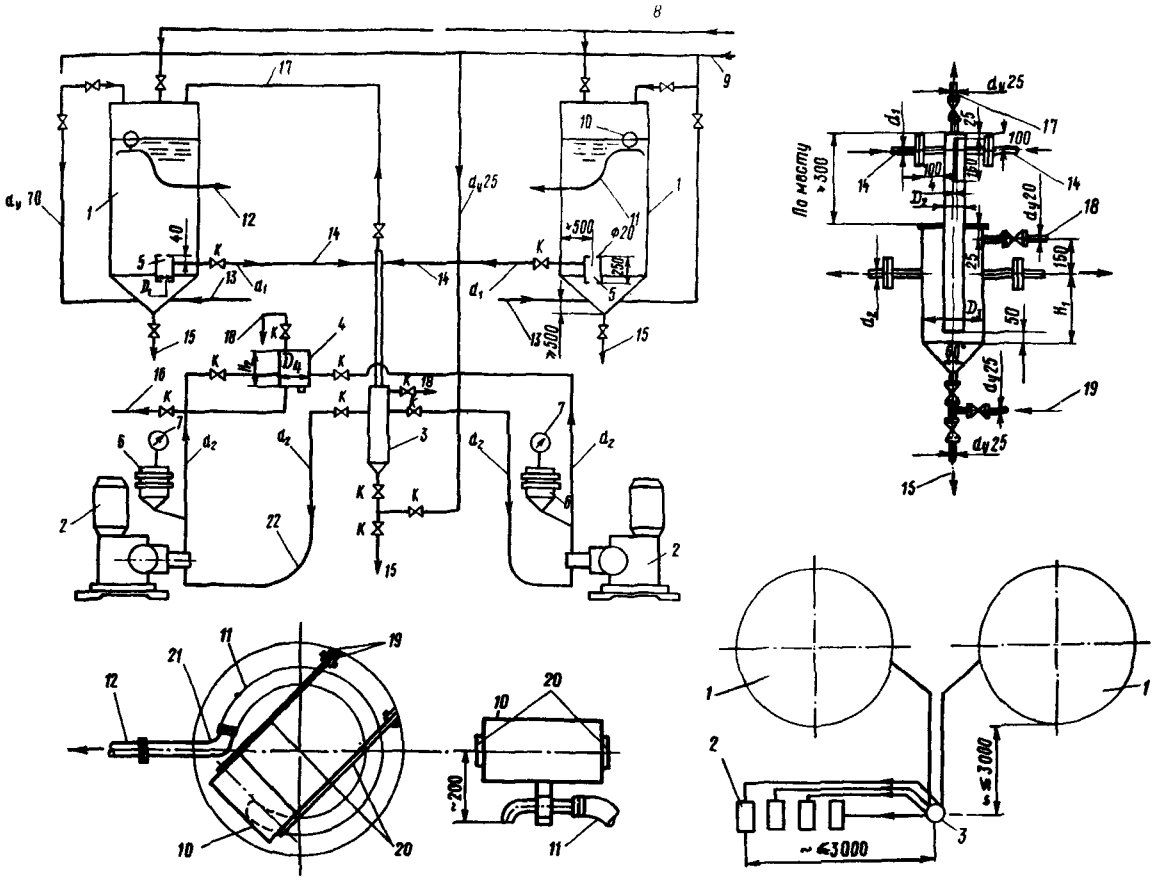


Рис.9. Схема подключения насосов-дозаторов к гидравлическим расходным мешалкам известкового молока:

I - известковая мешалка; 2 - насос-дозатор; 3 - распределительный бачок (расположение патрубков принимается по месту. На чертеже условно размещены в плоскости разреза); 4 - воздушный колпак; 5 - приемный колпак; 6 - разделительная диафрагма; 7 - контактный манометр; 8 - очищенное известковое молоко из затворной мешалки; 9 - вода на собственные нужды; I0 - поплавок; II - гибкий шланг; I2 и I3 - линии всасывания и нагнетания циркуляционных насосов известкового молока; I4 - к распределительному бачку (I3 и I4 условно совмещены в плоскости чертежа. В действительности они обязательно должны быть разнесены, чтобы воздух, вносимый циркуляционными насосами, не попадал в линию I4); I5 - в дренаж; I6 - в осветлитель; I7 - воздушник dy25 мм (при работе насоса-дозатора открыт); I8 - выпуск воздуха dy20 мм (при работе насоса-дозатора закрыт); I9 - проушины тяг поплавка (располагаются несколько ниже половины высоты цилиндрической части мешалки); 20 - тяги поплавка; 2I - фасонное колено; 22 - прорезиненный шланг (крепится к трубкам хомутами); к - пробковый кран

Размеры (мм) для насосов-дозаторов разных марок

Обозначение	НД 630/10	НД 1000/10	НД 1600/10	НД 2500/10
D_1	150	150	250	300
D_2	50	50	80	100
D_3	150	150	250	300
D_4	100	100	125	125
H_1	350	350	400	500
H_2	350	350	400	400
d_1	25	32	40	50
d_2	20	25	32	40

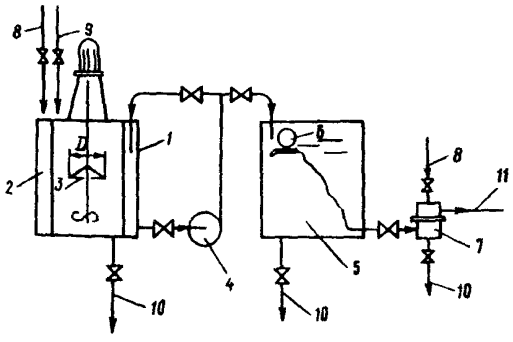


Рис.10. Схема установки затворной мешалки и расходного бака раствора флокулянта:

1 - затворная мешалка; 2 - радиально расположенные ребра, 4-6 шт., $b \approx 150$ мм; 3 - отбойный диск, D = 150-200 мм; 4 - насос перекачки и циркуляции раствора; 5 - расходный бак с плавающим заборным устройством 6; 7 - фильтр-сетка; 8 - осветленная вода; 9 - пар; 10 - в дренаж; 11 - общая линия всасывания насосов-дозаторов флокулянта

лей, и два расходных бака такой же емкостью каждый. Максимальная крепость раствора коагулянта, принимаемая для расчета, 2000мг-экв/л. Ячейки и затворная мешалка могут быть оборудованы двумя общими насосами (рабочим и резервным) для циркуляции раствора в ячейке и в мешалке, для перекачки раствора из ячейки в мешалку и из мешалки в расходные баки.

Расходные баки снабжаются плавающими заборными трубами и фильтр-сеткой на всасывающей линии насосов-дозаторов.

93. Для приготовления раствора ПАА (рис.10) устанавливаются мешалка с гидравлическим и механическим перемешиванием (количество оборотов не более 1000 в минуту) и расходный бак (один на предочистку). Полезная емкость как мешалки, так и бака рассчитывается на суточный расход реагента.

Расчетная крепость раствора ПАА в зависимости от производительности предочистки принимается равной 0,1-1,0% (считая на полимер). Для облегчения перемешивания с обрабатываемой водой раствор ПАА перед подачей в осветлитель должен быть разбавлен до крепости не более 0,1%. Для этого должны быть предусмотрены постоянство давления разбавляющей воды, измерение ее расхода и смешение с отдозированным раствором ПАА в смесителе типа водоструйного насоса (скорость в камере смешения не менее 5 м/с).

94. На внутренней поверхности ячеек, мешалок и баков растворов коагулянта и ПАА должно быть нанесено антикоррозионное покрытие. Трубы для подачи этих реагентов и арматура на них должны быть

из неметаллических материалов или из нержавеющей стали.

95. В качестве типового решения автоматизации подачи реагентов рекомендуется применять системы индивидуального автоматического импульсного управления подачей растворов насосами-дозаторами по расходу обрабатываемой воды.

В этих системах управления [Д.19,20,21,22] электронный импульсатор, получая сигнал от расходомера на линии обрабатываемой воды, выдает импульсы на включение и останов электродвигателя насоса-дозатора. При этом средняя частота вращения электродвигателя ($n_{эс}$), а следовательно, и величина подачи насоса-дозатора пропорциональны расходу обрабатываемой воды.

Величина средней частоты вращения

$$n_{эс} = n_э \cdot \frac{t_р}{t_р + t_о} = n_э \cdot \gamma \quad \text{об/мин}, \qquad (52)$$

где $n_э$ – частота вращения электродвигателя, об/мин;
$t_р$ – длительность импульса на включение электродвигателя, с;
$t_о$ – длительность перерывов (остановов) между включениями электродвигателя, с;
γ – коэффициент частоты (скважность).

Для дозаторов известкового молока величина $t_о$ должна быть не более 30 с, для дозаторов коагулянта и полиакриламида – не более 40 с.

96. Насосы-дозаторы выбираются с подачей, равной (или ближайшей большей) максимальной расчетной подаче (q_{max}) данного реагента в данную точку дозирования:

$$q_{max} = \frac{10^5 \cdot Д_{max} \cdot Q_{max}}{(100 - a) \cdot \gamma_{max} \cdot C_{max}} \text{ л/ч}, \qquad (53)$$

где $Д_{max}$ – максимальная доза реагента;
Q_{max} – максимальная нагрузка осветлителя, м^3/ч;

$\gamma_{max} = 0,85$ - максимальное значение коэффициента скорости (скважности);

C_{max} - максимальное значение крепости раствора или суспензии реагента (в тех же единицах измерения, что и $Д_{max}$);

$\alpha = 20\%$ - возможное отклонение от C_{max}, учитывающее как ухудшение качества отдельной партии реагента, так и возможную ошибку эксплуатационного персонала при очередной зарядке расходной емкости, %.

97. Реагенты рекомендуется дозировать насосами-дозаторами серии НД, выпускаемыми заводом "Ригахиммаш" [Л.18,19,23]. Для ввода каждого реагента в каждый осветлитель устанавливаются по два насоса-дозатора (рабочий и резервный), включаемые в работу попеременно.

При проектировании установки насосов-дозаторов должны быть соблюдены указания [Л.10], описания и инструкции по монтажу и эксплуатации дозировочных насосов серии НД Рижского завода химического машиностроения ("Ригахиммаш"), высылаемые заводом заказчикам.

Рекомендуемую схему присоединения насосов-дозаторов известкового молока к мешалкам см.рис.8 и 9.

98. При соответствующем технико-экономическом обосновании и обеспечении необходимым оборудованием могут применяться другие системы управления насосами-дозаторами. Желательно применение систем управления подачей реагентов по параметрам качества обрабатываемой воды. Однако из-за отсутствия заводского выпуска необходимого оборудования такие системы в ближайшее время могут применяться только в индивидуальном порядке, поэтому указания по их проектированию не приводятся.

99. Количество механических фильтров выбирается исходя из расчетной скорости фильтрования 10 м/ч при одном фильтре, выключенном на промывку, и при максимальном расходе осветленной воды. Кроме того, устанавливается еще один фильтр для гидроперегрузки фильтрующего материала.

100. Устройства для промывки механических фильтров должны обеспечивать интенсивность водной промывки 12 л/(с·м^2), расчетную длительность промывки 20 мин, интенсивность взрыхления воздухом

20 л/с·м^2. Промывка фильтров должна производиться известкованной и желательно фильтрованной водой; при промывке нефильтрованной водой на установках для химического обессоливания должен быть предусмотрен расход воды на спуск первого фильтрата.

101. При расчете полезной емкости бака, вода из которого подается на промывку механических фильтров, следует учитывать необходимость создания запаса воды в нем, достаточного для двух промывок одного фильтра.

102. Желательна установка двух промывочных насосов. Второй насос должен быть обязательно предусмотрен при заказе оборудования и может храниться на складе водоподготовительной установки.

103. Желательно наличие на водоподготовительной установке воздуходувки или компрессора для взрыхления механических фильтров и для других нужд. Возможно также использование сжатого воздуха от компрессорной установки электростанции и установка для нужд химического цеха специального ресивера.

104. При повторном использовании промывочной воды механических фильтров устанавливают бак, рассчитанный на прием воды от двух промывок, и насосы (рабочий и резервный) для равномерной откачки воды в течение суток в смеситель каждого осветлителя.

Для предупреждения остывания оборотной воды должны быть предусмотрены специальные меры или установлены подогреватели и устройства для автоматического поддержания заданной температуры воды.

105. На внутренней поверхности баков известкованной воды, баков для подачи и сбора воды для промывки механических фильтров, а также трубопроводов этих баков для подачи и отведения воды должно быть нанесено коррозионностойкое покрытие.

106. В проекте предочистки должны предусматриваться [Л.21,23] системы:

а) автоматизации поддержания заданной температуры подогрева воды;

б) автоматизации управления подачей реагентов;

в) автоматизации продувки осветлителей (по сигналу от СУШ) и защиты от превышения и упуска уровня контактной среды в осветлителе;

г) дистанционного измерения "отсечки" и управления ею;

д) автоматического или дистанционного управления подачей воды на каждый осветлитель.

107. Целесообразность применения дистанционного или автоматического управления механическими фильтрами определяется при проектировании одновременно с решением этих же вопросов для ионитовой части водоподготовительной установки.

108. В проекте предочистки должна предусматриваться механизация: выгрузки и транспортировки реагентов, удаления отходов гашения извести, выгрузки и загрузки фильтров, очистки ячеек коагулянта, затворных и расходных емкостей реагентов, транспортировки оборудования и арматуры при ремонте, уборки помещений.

109. В проекте предочистки должны быть предусмотрены следующие контрольно-измерительные приборы:

а) исходная вода - регистраторы температуры и расхода воды, манометр[1];

б) осветлитель - регистраторы расхода исходной воды и воды, возвращаемой от промывки механических фильтров, указатели размера "отсечки" и продувки, pH-метр и мутномер или прибор для определения прозрачности "по кресту" (на трубопроводе известкованной воды);

в) механический фильтр - манометры (на трубопроводах входа и выхода воды) и указатель расхода и мутномер (на трубопроводе выхода воды);

г) насос промывочной воды - манометр и указатель расхода воды;

д) сжатый воздух для промывки механических фильтров - манометр и указатель расхода;

е) промежуточные баки известкованной воды, баки подачи и сбора промывочной воды - уровнемеры дистанционные;

ж) бункера хранения извести, затворные и расходные емкости реагентов - указатели уровня (по месту).

Основные приборы и ключи дистанционного управления должны быть вынесены на общий щит водоподготовительной установки.

Схему оснастки осветлителя см. на рис.7.

---

[1] Должен быть также предусмотрен отборник пробы исходной воды.

УП. НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРЕДОЧИСТКИ
(Основные мероприятия)

110. Пуск и наладка предочистки должны производиться после полного завершения монтажа технологической, контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры, а также систем автоматики и их предварительного опробования. В процессе монтажа дирекция строящейся электростанции должна обеспечить соблюдение требований настоящих Руководящих указаний и последующих директивных материалов.

111. При наладке предочистки должно быть выполнено следующее:

а) проверена законченность и правильность монтажа всей аппаратуры (особенно осветлителей , основные требования см.приложение 5), правильность загрузки механических фильтров; устранены выявленные дефекты монтажа;

б) налажена работа всех систем автоматизации (подогрев и подача воды, дозирование реагентов, продувка осветлителей и т.д.);

в) определены в лабораторных условиях дозы коагулянта и флокулянта;

г) определены оптимальные условия формирования контактной среды осветлителя, скорость ввода воды, места ввода реагентов, необходимые размеры "отсечки" и продувки осветлителя; выявлена максимально возможная производительность осветлителя;

д) уточнен режим промывки механических фильтров и налажена работа устройств для сбора и возврата в осветлитель воды, использованной на промывку фильтров;

е) уточнен объем технологического контроля и составлена рабочая инструкция по эксплуатации предочистки.

112. При эксплуатации предочистки следует:

а) соблюдать технологический режим работы осветлителей:

- заданную температуру и стабильность подогрева;

- возможно более равномерную нагрузку осветлителей, используя для этого регулирующую емкость промежуточных баков;

- заданные дозы коагулянта и режим подачи извести. Допустимые отклонения от заданной дозы коагулянта $\pm 0{,}05$ мг-экв/л.

Допустимые отклонения величины гидратной (или бикарбонатной) щелочности (отвечающей желаемому значению pH известкованной воды)

±0,1 мг-экв/л. Обычно желаемая величина гидратной щелочности 0,15 мг-экв/л и допустимые колебания ее в пределах 0,05-0,25 мг-экв/л; иногда по условиям удаления примесей из воды поддерживают бо́льшую гидратную щелочность - 0,3-0,4 мг-экв/л;

- необходимые величины "отсечки" и непрерывной продувки, при которых соблюдается заданный уровень контактной среды в осветлителе и осадка в шламоуплотнителе. Приводить размер "отсечки" (и при отсутствии автоматизации - непрерывной продувки) в соответствие с нагрузкой осветлителя при ее изменении. В заданные сроки продувать грязевики осветлителей.

При отсутствии сигнализаторов или автоматов защиты от превышения и упуска взвешенного шлама один раз в смену определять положение верхнего уровня контактной среды. Один раз в смену определять величину объемного содержания осадка (C_0) в пробе, отобранной из верхнего пробоотборного крана осветлителя, в котором обнаруживают взвешенный шлам, образующий контактную среду;

б) в соответствии с изменением качества исходной воды, изменением нагрузки предочистки и достигаемыми результатами обработки воды уточнять дозы реагентов и условия ввода жидкостей в осветлитель. При необходимости для уточнения доз реагентов проводить лабораторную обработку воды;

в) следить за качеством фильтрата механических фильтров, своевременно промывать их;

г) своевременно приготавливать рабочие растворы дозируемых реагентов заданной крепости и анализом устанавливать фактическую величину концентрации растворов. При отклонении во время очередной зарядки расходной емкости крепости растворов от заданного значения корректировать подачу реагентов с помощью задатчиков импульсаторов (при импульсной системе автоматического управления) так, чтобы фактические дозы реагентов были равны заданным;

д) при больших сезонных изменениях (уменьшениях) требуемых размеров подачи реагентов соответственно корректировать установленные подачи насосов-дозаторов (с помощью регулятора длины хода плунжера) так, чтобы при полной нагрузке осветлителя коэффициенты частоты вращения электродвигателей насосов-дозаторов γ были около 0,85;

е) следить за правильностью работы насосов-дозаторов (отсут-

ствие течи сальников и перегрева двигателей) и выпускать излишки воздуха из воздушных колпаков на линиях подачи реагентов в осветлитель. При эксплуатации насосов-дозаторов соблюдать указания и требования заводской инструкции;

к) ежесуточно продувать бункера сбора песка под гидроциклонами и фильтр-сетки на линиях всаса растворов реагентов. Удалять отходы гашения извести. Периодически промывать расходные емкости рабочих растворов и суспензий реагентов;

з) не реже одного раза в месяц промывать сборный желоб, верхнюю решетку осветлителя и коллектор шламоуплотнителя;

и) не реже одного раза в смену проверять правильность работы автоматов подогрева и подачи воды, продувки осветлителей и дозирования реагентов. При неисправности переходить на ручное или дистанционное управление впредь до устранения дефектов систем автоматики.

к) ежегодно выводить в резерв каждый осветлитель для промывки и осмотра;

л) ежегодно проводить ревизию каждого механического фильтра и производить досыпку фильтрующего материала;

м) своевременно выводить аппараты предочистки в текущий и капитальный ремонт и принимать их из ремонта. На каждый аппарат должен быть заведен формуляр, в котором фиксируются произведенные ремонты и конструктивные изменения;

113. Объем технологического и химического контроля предочистки должен устанавливаться в зависимости от степени автоматизации ее работы, оснащенности приборами, от налаженности режимов подачи и подогрева воды, работы осветлителей и дозаторов, а также от постоянства качества исходной воды.

114. Необходимый состав (объекты определений) и примерный объем химического контроля качества воды следующий:

а) исходная вода поверхностных источников:

- щелочность, жесткость - ежесменно;

- полный анализ воды включая, кроме основных анионов и катионов, содержание взвешенных веществ, окисляемость, содержание кремнекислых соединений (общее и нереакционноспособной их доли), содержание свободной угольной кислоты - ежемесячно;

- содержание соединений железа - один раз в неделю.

Перед определением содержания всех присутствующих в воде

веществ, кроме взвешенных, пробу исходной воды фильтруют;

б) исходная вода подземная - частоту тех же определений устанавливают в зависимости от постоянства ее состава;

в) вода из осветлителя:

- щелочность и жесткость из нижнего пробоотборного крана (в котором достаточно стабилизировалась щелочность) - определения служат для проверки правильности и корректировки дозирования реагентов и выполняются через 1-2 ч;

- щелочность, жесткость, прозрачность и pH воды на выходе из осветлителя - определения служат для оценки работы осветлителя и выполняются через 4 ч;

- содержание соединений железа - один раз в неделю;

- общее содержание кремнекислых соединений и находящихся в нереакционноспособной форме - один раз в месяц.

Перед выполнением анализа пробы воды из осветлителя (кроме используемой для определения прозрачности) фильтруют;

г) вода после механических фильтров:

- прозрачность воды на выходе из каждого механического фильтра - через 1-4 ч (уменьшая интервал между отборами перед выводом фильтра на промывку и непосредственно после промывки);

- щелочность и окисляемость в воде из сборного коллектора - один раз в смену;

- содержание соединений железа из сборного коллектора - один раз в неделю;

- общее содержание кремнекислых соединений и находящихся в нереакционноспособной форме из сборного коллектора - один раз в месяц.

Определение содержания кремниевой кислоты обязательно только на установках химического обессоливания.

На установках для обработки добавочной воды теплосети с открытым водоразбором обязателен контроль и регистрация величины pH на выходе из механических фильтров (в пробе воды из общего коллектора).

115. Частота определений качества воды по стадиям очистки может быть существенно уменьшена при автоматизированной налаженной и устойчивой работе водоподготовительной установки.

В этом случае анализы на щелочность и жесткость из нижнего пробоотборного крана осветлителя могут выполняться только при

изменении крепости дозируемых растворов или заданных доз реагентов - в течение периода, пока не стабилизируется режим щелочности известкованной воды.

При дозировании реагентов по параметру качества воды эти определения могут быть сохранены только для периодического контроля за работой автоматов (один раз в смену). Ручное выполнение анализа воды из осветлителя на щелочность может быть заменено инструментальным - определение pH с помощью pH-метра с регистрацией этой величины (такие приборы имеются) и мутности - мутномером. Возможно также при устойчивом режиме известкования выполнять определения щелочности, жесткости, прозрачности, pH и содержания соединений железа в смеси известкованной воды, выдаваемой всеми осветлителями (отбор проб из магистрали перед механическими фильтрами), переходя к контролю за качеством воды, выдаваемой каждым отдельным осветлителем, только в случае ухудшения какого-либо показателя качества смешанной воды и на период выявления и устранения причины, вызвавшей это ухудшение. Прозрачность воды на выходе из механического фильтра также может определяться мутномером. Период между определениями по этим показателям может быть при стабильности результатов очистки увеличен примерно вдвое против указанного выше.

116. Наряду с анализом качества воды необходимо осуществление следующего технологического контроля:

а) анализ реагентов - *при получении каждой очередной партии.* Анализ извести и закисного сернокислого железа выполняют по методикам [Л.4], полиакриламида по методикам [Л.3] и приложения 6;

б) контрольные определения содержания взвеси в воде, выдаваемой осветлителями, - один раз в месяц;

в) контрольные определения состояния загрузки механических фильтров - один раз в год;

г) определение гидравлической характеристики шлама, образующего контактную среду в осветлителях, - примерно один раз в месяц. Отбор проб для этой цели производится примерно с глубины 0,5 м под верхним уровнем контактной среды.

117. Все данные по условиям и результатам работы предочистки фиксируются в суточных ведомостях и в журналах химической лаборатории.

118. При эксплуатации предочистки персонал должен соблюдать действующие правила техники безопасности [Л.24].

Приложение 1

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ОПЫТОВ ПО ИЗВЕСТКОВАНИЮ ВОДЫ

Лабораторные опыты проводят для определения условий обработки (дозы извести, коагулянта, полиакриламида, температуры, длительности обработки) и ее результатов (остаточного содержания железа, кремнекислоты, окисляемости, остаточной щелочности). Обработку ведут, используя воду постоянного качества, для чего ее запасают в количестве, достаточном для выполнения опытов, намеченных на данные сутки. Оставлять воду на более длительный срок не рекомендуется ввиду возможного изменения ее по таким показателям, как содержание кремнекислоты, железа и окисляемости. Воду запасают в баках или бутылях полиэтиленовых или из нержавеющей стали. В исходной и обработанной воде определяют те показатели качества, выявление размеров снижения которых является задачей намеченных опытов. Работу следует организовать так, чтобы аналитические определения были выполнены непосредственно вслед за окончанием опыта - оставлять пробы воды для анализа на следующие сутки не следует (обычно для этого работу ведут непрерывно в две смены).

Опыты ведут в термостатированном реакционном сосуде (из полиэтилена или нержавеющей стали) емкостью около 2 л, снабженном механическим смесителем.

Для термостатирования реакционный сосуд помещают в другой сосуд большего размера (несколько выше дна его). Внешний сосуд заполняют водой нужной температуры. Часто дополнительный подогрев не требуется, вода не успевает остыть за время выполнения одного этапа опыта. При необходимости сосуды ставят на электроплитку или во внешний сосуд помещают электрокипятильник. Целесообразно нагревательные приборы включать через реостат, отрегулировав подогрев до минимально необходимого. Подогретую до заданной температуры обрабатываемую воду в определенном и постоянном для всех этапов количестве наливают в реакционный сосуд, вводят туда же реактивы в расчетных количествах и энергично перемешивают жидкость смесителем в течение 3 мин со скоростью 3-5 об/с, затем убавляют скорость до 1-2 об/с (скорость должна быть достаточна для того, чтобы образующийся шлам находился во взвешенном состоя-

нии). Условия перемешивания должны быть одинаковыми на всех этапах и во всех опытах, результаты которых сравнивают между собой. Перемешивание прекращают через 20 мин, дают шламу осесть, и жидкость декантируют. Далее опыт повторяют, сохраняя в реакционном сосуде шлам от предыдущих этапов.

Определяют в воде щелочность по компонентам и на основе этих данных при необходимости корректируют величину дозы извести с тем, чтобы получить желаемое (заданное условиями опыта) значение гидратной щелочности или pH. Обычно остаточная щелочность постепенно снижается от этапа к этапу и достигает стабильного значения к 5-7-му этапу. После стабилизации щелочности воду от последующих двух этапов используют для определения в ней всех интересующих показателей качества воды (жесткость, щелочность, окисляемость, содержание кремнекислоты общей и реакционноспособной, а также железа). По этим величинам судят о целесообразности принятых условий обработки и возможном эффекте очистки.

Определяя влияние какого-либо фактора, проводят ряд опытов с разными его значениями (например, $Д_к$ = 0,5; 0,75 и 1,0 мг-экв/л), сохраняя постоянными другие показатели (температуру, значение pH).

Выясняя влияние длительности обработки воды на последних двух этапах (после стабилизации щелочности), медленное перемешивание ведут в течение более долгого времени (например, в течение общего времени 30 мин) и отбирают промежуточные пробы воды для определения интересующего показателя качества, например, через 15 и 20 мин от начала медленного перемешивания и по окончании его.

По окончании каждого этапа шлам собирают и высушивают. Весовое содержание шлама дает представление о минимально необходимом значении величины $C_в$. В промышленном осветлителе эта величина должна быть в 1,5-2 раза больше, чем при лабораторном опыте. Необходимая длительность пребывания обрабатываемой воды в контактной среде осветлителя должна быть также больше, чем при лабораторном опыте (в соответствии с коэффициентом объемного использования правильно смонтированного осветлителя, равным обычно 0,6-0,7), примерно в 1,5 раза.

Условия и результаты лабораторных опытов сводят для удобства сопоставления в таблицы.

Приложение 2

ВЫЧИСЛЕНИЕ РАВНОВЕСНОГО ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЙ-ИОНА В ИЗВЕСТКОВАННОЙ ВОДЕ

Равновесное содержание Mg^{2+} в известкованной воде может быть приближенно вычислено по уравнению:

$$|Mg^{2+}|_{ост} = \frac{2 \cdot 10^{3-2pH} \cdot ПР_{Mg(OH)_2}}{K_в^2 \cdot f_{Mg^{2+}}} \text{ мг-экв/л.}$$

Значение $ПР_{Mg(OH)_2}$ для различной температуры может быть принято следующим:

25°С	30°С	40°С
$1{,}95 \cdot 10^{-11}$	$1{,}78 \cdot 10^{-11}$	$1{,}45 \cdot 10^{-11}$

$K_в$ -ионное произведение воды для той температуры, при которой определяют pH; для $t = 25°C$ $K_в = 1 \cdot 10^{-14}$.

$f_{Mg^{2+}}$ - коэффициент активности иона Mg^{2+} в известкованной воде, может быть принят по табл.6 [Л.25] в зависимости от ионной силы раствора μ.

$$\mu = \frac{C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \cdots + C_n \cdot Z_n^2}{2} = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2,$$

где C_i - концентрация иона, г-ион/л; Z_i - его валентность.

Для практических расчетов допустимо ограничиться учетом содержания в воде ионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-} и Cl^{-}. При выражении их содержания в мг-экв/л:

$$\mu = 10^{-3}\left\{Ж + |SO_4^{2-}| + \frac{1}{2}\left[Щ + |Cl^-| + |Na^+|\right]\right\}.$$

Принятые для расчетов показатели минерализации известкованной воды (мг-экв/л) и отвечающие им значения μ и $f_{Mg^{2+}}$ указаны в табл.6.

Таблица 6

Номер анализа	Ж	Щ	SO_4^{2-}	Cl^-	Na^+	μ	$f_{Mg^{2+}}$
1	1,5	0,5	1	Отс.	Отс.	$2{,}75\cdot10^{-3}$	0,85
2	2,0	0,5	2	Отс.	0,5	$4{,}5\cdot10^{-3}$	0,81
3	3,5	0,5	3	0,5	0,5	$7{,}25\cdot10^{-3}$	0,78

Равновесные концентрации магний-иона в известкованной воде средней минерализации (анализ № 2, табл.6, $f_{Mg^{2+}} = 0{,}81$) в зависимости от температуры и величины pH указаны в табл.7; в воде, отвечающей анализу № 1, равновесные концентрации магний-иона будут меньше, а в воде, отвечающей анализу № 3, больше примерно на 5%.

Значение равновесных концентраций магний-иона при температуре 25°С составит 110% от величин, указанных в табл. 7 для температуры 30°С.

Таблица 7

Температура, °С	Равновесное содержание магний-иона, мг-экв/л, при значении pH						
	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4
30	11	6,8	4,35	2,7	1,75	1,1	0,7
40	9	5,5	3,5	2,2	1,4	0,9	0,57

Приложение 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МУТНОСТИ ВОДЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ

Определение ведут на электрофотоколориметре, используя синие светофильтры и кюветы длиной 3 см; отсчет производят по красной шкале левого барабана, установку нуля гальванометра - по нулевой и рабочей пробе, измерение - по нулевым пробам.

Перед выполнением определения строят калибровочные кривые.

Для этого отбирают пробу жидкости из зоны контактной среды осветлителя и, используя часть ее, определяют параллельно в трех пробах весовым путем содержание взвешенных веществ. Остальную жидкость используют как исходную для приготовления разбавлением (фильтрованной через бумажный фильтр водой, отобранной на выходе из осветлителя) ряда проб с последовательно убывающим содержанием взвеси - в количестве от исходного (т.е. $C_в$) до близкого к нулю. Пробы колориметрируют в сравнении с фильтрованной водой из осветлителя и определяют для каждой пробы величину оптической плотности $Д_{опт}$. Строят два графика зависимости между содержанием взвеси (M мг/л) и величинами $Д_{опт}$ для малого содержания взвеси примерно до 20 мг/л и для большого содержания взвеси от 20 мг/л до величины $C_в$. Второй график используют для определения содержания взвеси в контактной среде осветлителя, в исходной воде (при большой мутности) и в продувочной воде, при необходимости разбавляя пробу перед колориметрированием.

При приготовлении проб для построения калибровочных графиков и при отборе проб для определения взвеси в испытуемой воде жидкость необходимо перемешивать, чтобы пробы были представительными, т.е. чтобы не происходило осаждения взвеси из испытуемой жидкости в момент отбора и измерения $Д_{опт}$.

Анализируя жидкость, определяют величину оптических плотностей нефильтрованной пробы (с представительным содержанием взвеси в ней) $Д^{н.ф}_{опт}$ и фильтрованной пробы $Д^{ф}_{опт}$, используя в обоих случаях в качестве пробы сравнения конденсат. По величине $\Delta Д_{опт} = Д^{н.ф}_{опт} - Д^{ф}_{опт}$ определяют содержание взвеси в анализируемой пробе по калибровочному графику.

Светопоглощение жидкости зависит от степени дисперсности и цвета содержащейся в ней взвеси, которые меняются во времени, поэтому определение содержания взвеси описанным способом является приблизительным. Чтобы повысить точность определения, рекомендуется повторно строить калибровочные графики при заметном на глаз сезонном изменении цвета, образующегося при обработке воды шлама.

Приложение 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНТАКТНОЙ СРЕДЫ ОСВЕТЛИТЕЛЯ

Для определений используют мерный цилиндр на 250 мл. На цилиндр наклеивают шкалу из миллиметровой бумаги высотой 300 мм. Нулевое деление размещают на уровне внутренней поверхности дна цилиндра. Деления нумеруют через 10 мм в направлении снизу вверх.

Перед отбором пробы продувают пробоотборную линию, устанавливают расход 300-400 мл/мин и через 10 мин отбирают пробу.

Определение весовой концентрации взвеси в контактной среде ($C_в$) и в продувочной воде (γ_1)

Пробы жидкости из зоны контактной среды (W_1 мл) и продувочной воды шламоуплотнителя (W_2 мл) отбирают в количестве около 100 мл. Объем пробы должен быть точно измерен. Фильтруют пробы через заранее взвешенные бумажные фильтры. Фильтры с осадками высушивают и доводят до постоянного веса. Вес осадков (без веса фильтров) обозначают соответственно ρ_1 и ρ_2 г.

Весовая концентрация взвеси:

а) в контактной среде

$$C_в = \frac{10^3 \cdot \rho_1}{W_1} \text{ г/л;}$$

б) в продувочной воде

$$\gamma_1 = \frac{10^3 \cdot \rho_2}{W_2} \text{ г/л.}$$

Определение объемной концентрации и условной скорости свободного осаждения частиц шлама

Отбирают в цилиндр пробу жидкости из зоны контактной среды, отмечают начальную высоту слоя шлама (H_0 мм) и далее наблюдают за его осаждением; в течение первых 5 мин отсчеты производят через 15 с, далее через 5 мин, и затем записывают конечную высоту слоя осадка через 1 ч от начала наблюдения ($H_к$ мм). Температура жидкости во время опыта должна быть постоянной и равной температуре воды в осветлителе. Строят график изменения высоты слоя осадка во времени (рис.11) и отмечают на прямолинейном участке графика две точки с координатами H_1 и τ_1 в начале прямолинейного участка и H_2 и τ_2 в конце прямолинейного участка.

Вычисляют:

а) скорость стесненного осаждения частиц шлама:

$$\upsilon_1 = \frac{H_1 - H_2}{\tau_2 - \tau_1} \quad \text{мм/с;}$$

б) объемную концентрацию шлама:

$$C_o = \frac{W_к}{W_0} = \frac{H_к}{H_0} \quad \text{мл/мл,}$$

где W_0 и $W_к$ – соответственно начальный и конечный объем осадка в цилиндре, мл.

Приближенную величину условной скорости свободного осаждения вычисляют по уравнению:

$$\upsilon_ч' \approx \upsilon_1 : (1 - 3{,}5 \cdot C_0) \quad \text{мм/с.}$$

Значение $\upsilon_ч'$ относится к той температуре, при которой проведено наблюдение (в интервале t = 20–40°С).

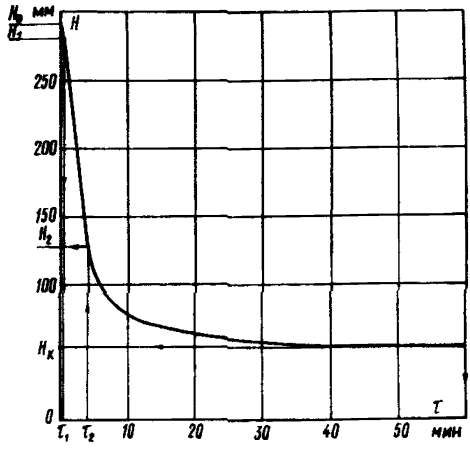


Рис.11. График изменения высоты слоя осадка

Пересчет к значениям $v_ч$ при температуре 15°С, для которых указывается зависимость от $\alpha_м$ [Л.5], производится по уравнению:

$$v_ч = v'_ч : (0,7 + 0,02t) \text{ мм/с},$$

где t - температура воды, при которой выполнено наблюдение за оседанием частиц шлама в цилиндре.

Подробнее о свойствах контактной среды и методике их определения см. в [Л.5].

Приложение 5

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ ОСВЕТЛИТЕЛЯ

При монтаже осветлителя должны быть выдержаны проектные размеры всех элементов аппаратов и соблюдены следующие требования.

Должны быть установлены вертикально с допустимыми отклонениями от вертикального положения в следующих пределах:

- корпус осветлителя ±10 мм;

- воздухоотделитель и шламоуплотнитель (внутренний корпус) ±10 мм ;

- оси воронок распределительных труб сырой воды в воздухоотделителе ±5 мм ;

- внутренний кожух шламоуплотнителя и шламоприемные трубы - ±5 мм;

- стенки сборного желоба ±2 мм;

- перегородка с калиброванными отверстиями в распределительном устройстве ±2 мм.

Должны быть установлены горизонтально с допустимыми отклонениями от горизонтального положения в следующих пределах:

- борт осветлителя и воздухоотделителя ±10 мм;

- верхняя распределительная решетка ±10 мм;

- борта и дно сборного желоба ±2 мм;

- линия, соединяющая центры всех калиброванных отверстий в распределительном устройстве, ±2 мм;

- кромки воронок водораспределительных труб в воздухоотделителе ±5 мм;

- сборный коллектор осветленной воды в шламоуплотнителе ±5 мм;

- короб примыкания трубы, отводящей воду из шламоуплотнителя к распределительному устройству, ±2 мм;

- верхние и нижние кромки шламоприемных окон ±2 мм;

- ось концевого участка трубопровода, подводящего воду из воздухоотделителя, со стороны выхода воды вверх не допускается, вниз - не более 10 мм по длине участка в пределах осветлителя.

Должны быть установлены на одном уровне с допустимыми отклонениями в следующих пределах:

- центры всех отверстий сборного желоба и горизонтальная ось коробов для слива воды из шламоуплотнителя в распределительное устройство ±2 мм;

- центры всех шламоотводных труб в местах их примыкания к корпусу шламоуплотнителя ±10 мм;

- все калиброванные отверстия в стенке распределительного устройства ±2 мм.

Проверка горизонтальности производится по гидроуровню, а окончательная выверка - по уровню воды.

Корпус осветлителя и корпус шламоуплотнителя должны проверяться на овальность, при этом разность между диаметрами, изме-

ренными в двух взаимно перпендикулярных направлениях, должна находиться в пределах 1% номинального диаметра и быть не более 50 мм.

Внутри осветлителя соосно с его цилиндрической частью устанавливаются шламоуплотнитель (внутренний корпус), сборный желоб (наружная и внутренняя его стенки), сборный коллектор и внутренний кожух шламоуплотнителя. Окружности, на которых расположены шламоприемные трубы и распределительные трубы воздухоотделителя, должны быть также соосны с цилиндрической частью корпуса. Отклонение от соосного положения этих деталей не должно превышать 0,2% соответствующего диаметра.

Секторы, образующие верхнюю и нижнюю решетки, должны быть плотно приварены к радиальным балкам и кольцевым поясам; все непроектные отверстия, в том числе и отверстия в местах пересечения труб с решетками, должны быть устранены.

Решетки должны иметь ровную поверхность без выпучин.

Сборный желоб должен быть жестко укреплен.

Пробоотборные трубки должны быть жестко закреплены; изгиб крючков плавный; стаканы трубок должны отстоять от стенок осветлителя на 150 мм.

Все элементы осветлителя, соприкасающиеся с водой и находящиеся в зоне колебания ее уровня или под воздействием паров воды, т.е. расположенные выше верхней решетки и на глубине 500 мм от нее (внутренняя поверхность корпуса осветлителя, внутренние и наружные поверхности воздухоотделителя, сборного желоба и распределительного устройства, верхняя решетка, служебный мостик и прочее) подлежат противокоррозионному покрытию. Все неровности сварных швов в зоне покрытия должны быть срублены, острые углы округлены, а поверхность зачищена до металлического блеска.

Порядок и последовательность монтажа должны быть согласованы с организацией, выполняющей противокоррозионное покрытие.

Воздухоотделитель, шламоуплотнитель, сборный желоб, распределительные устройства и все трубопроводы должны быть проверены на плотность наливом воды.

Пробоотборные трубки должны быть проверены на плотность давлением 1 кгс/см^2.

Осветлитель перед нанесением противокоррозионного покрытия должен быть подвергнут гидроиспытанию наливом воды.

Приложение 6

АНАЛИЗ ПОЛИАКРИЛАМИДА (по [Л.3])

А. Определение содержания полимера в техническом продукте

1. Рефрактометрическое определение

На рефрактометре типа Аббе (ИРФ-22 или РЛ) определяют коэффициент преломления, равный показателю $n_д$, измеренному для линии Д в спектре натрия, для чего образец геля помещают на полированную грань измерительной призмы. Содержание полимера определяют по графику, который строят по данным табл. 8.

Таблица 8

Содержание полимера, %	Коэффициент преломления	
	Известковый ПАА	Аммонийный ПАА
0	1,3330	1,3330
2	1,3375	1,3469
4	1,3421	1,3608
6	1,3468	1,3746
7	-	1,3814
8	1,3514	-
10	1,3561	-

2. Весовое определение

Метод основан на нерастворимости полимера и сульфата аммония в этиловом и метиловом спирте и ацетоне.

Оборудование. Лабораторная мешалка типа размельчителя тканей, сушильный шкаф, эксикатор, чашка Петри, мерный цилиндр на 250 мл.

Ход определения. В 200 г. спирта вводят 25 г геля (Q) и интенсивно перемешивают в течение 5 мин при 4000-6000 об/мин. Выделившийся осадок отжимают между листами фильтровальной бумаги,

подсушивают сначала на воздухе, а затем в сушильном шкафу до постоянного веса (q) при температуре не выше 100°С. Содержание сухого остатка ($M\%$) вычисляют по формуле:

$$M = \frac{q \cdot 100}{Q} .$$

В известковом ПАА сухой остаток представляет собой чистый полимер:

$$P = M\ \%.$$

Содержание полимера в аммонийном ПАА:

$$P = M - S\ \%,$$

где S - содержание сульфата аммония в геле, %.

Б. Определение сульфата аммония в техническом продукте

Метод основан на том, что при пропускании раствора, содержащего полимер и сульфат аммония, через Н-катионит ион NH_4^+ поглощается, вытесняя эквивалентное количество ионов водорода.

Установка. Бутыль с нижним тубусом, от которого отходит линия подачи раствора на катионитовый фильтр (d = 25 мм , высота загрузки катионитом КУ-2 или сульфоуглем Н = 70-100 см). Под фильтром расположен тройник, от которого одна линия подсоединена к приемной бутыли (через кран), вторая - к пробоотборному крану. Бутыль плотно закрыта резиновой пробкой. Воздушный объем бутыли соединен резиновой трубкой с поглотительной склянкой Тищенко, заполненной серной кислотой. Загруженный в фильтр катионит регенерируют 5%-ной соляной кислотой (объем ее берут равным двойному объему катионита), затем отмывают дистиллятом до нейтральной реакции по метилоранжу.

Ход определения. Готовят 0,1%-ный раствор ПАА (по сухому остатку) и фильтруют его; фильтрат собирают в бутыль, отбирая через 2-3 мин пробы в мерные колбы на 25 мл. Пробы титруют 0,1 н раствором щелочи по метилоранжу. Кислотность фильтрата сначала растет, затем становится постоянной. Тогда отбор проб прекращают. Величину последнего спуска щелочи a используют для расчета содержания сульфата аммония S:

$$S = 0,66 \frac{a \cdot H}{V \cdot p} \%,$$

где H - нормальность раствора щелочи;

V - объем пробы, взятый на титрование, мл;

p - навеска геля, взятая для приготовления одного литра 0,1%-ного раствора, г.

После каждого определения катионит отмывают от крупных агломератов частичек угля, склеенных ПАА, и регенерируют.

В. Определение содержания ПАА в рабочих растворах

Вискозиметрическое определение

Оборудование. Капиллярный вискозиметр (диаметр капилляра - 0,8-1,0 мм), термостат (стакан с водой).

Ход определения. Вискозиметр помещают в термостат, где поддерживается температура 20 ± 0,1°С.

Отбирают пипеткой 10-15 мл рабочего раствора, объем которого должен быть постоянным во всей серии опытов и вводят в нижний шарик широкого колена вискозиметра. Надев каучуковую трубку на конец узкого колена вискозиметра, засасывают раствор из нижнего шарика в верхний так, чтобы, заполнив верхний шарик, раствор поднялся немного выше метки. Дают раствору свободно вытекать, начиная отсчет с момента прохождения его через верхнюю метку и заканчивая при прохождении через нижнюю.

Вязкость рабочего раствора (сст) вычисляют по формуле:

$$\mu = t \cdot K,$$

где t - время истечения, с; K - константа прибора (паспортная). Если она неизвестна, то определяют время истечения дистиллированной воды (t_0) при 20°С и вязкость рабочего раствора вычисляют по формуле:

$$\mu = \mu_0 \cdot \frac{t}{t_0},$$

где μ_0 - вязкость воды при 20°С, сст (μ_0 = 1,0068).

Концентрацию рабочего раствора ПАА определяют по калибровочной кривой зависимости вязкости от концентрации ПАА, которую необходимо предварительно построить и далее проверять для каждой новой партии технического продукта ПАА.

Так как растворы ПАА обладают структурной вязкостью и не подчиняются закону Пуазейля, то измерения вязкости должны производиться с одним и тем же капилляром.

Литература

1. - Инструкция по очистке воды коагуляцией и методами осаждения накипеобразователей. Госэнергоиздат, 1955.

2. - Руководящие указания по магнезиальному обескремниванию воды. Госэнергоиздат, 1961.

3. - Технические указания на применение полиакриламида (ПАА) для очистки питьевых вод на городских водопроводах. Изд. АКХ им. К.Д.Панфилова, 1969.

4. - Инструкция по анализу воды, пара и отложений в теплосиловом хозяйстве. "Энергия", 1967.

5. Кургаев Е.Ф. Основы теории и расчета осветлителей. М., Гос.изд -во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962.

6. - Обработка воды на тепловых электростанциях. Под ред. чл.-корр. АН СССР В.А.Голубцова. "Энергия", 1966.

7. Вайнер М.Г., Якимец Е.М. Об определении общего содержания кремниевой кислоты в водах тепловых электростанций. "Теплоэнергетика", 1968, № 9.

8. - Инструкция по объему эксплуатационного химического контроля пароводяного хозяйства на тепловых электростанциях. СЦНТИ ОРГРЭС, 1970.

9. Квятковский В.М., Баулина А.И. Осветлитель для известкования воды. "Электрические станции", 1971, № 8.

10. Квятковский В.М., Баулина А.И. Осветлители для известкования и обескремнивания добавочной воды котлов электрических станций. В сб.: "Материалы научно-технического совещания по водоподготовительному оборудованию и автоматизации водоподготовительных установок", БТИ ОРГРЭС, 1961.

11. Квятковский В.М., Баулина А.И. Осветлители для предварительной очистки добавочной воды котлов тепловых электростанций. В сб.: "Водный режим и водоподготовка на тепловых электростанциях", вып.3. БТИ ОРГРЭС, 1967.

12. - Руководящие указания по загрузке дробленым антрацитом механических фильтров и поддерживающих слоев ионитовых фильтров. СЦНТИ ОРГРЭС, 1970.

13. - Инструкция по эксплуатации механических фильтров на электростанциях. Госэнергоиздат, 1952.

14. - Нормы технологического проектирования. "Энергия", 1967.

15. Поваров А.И. Гидроциклоны. Госгортехиздат, 1961.

16. Поваров А.И., Щербаков А.А. Расчет производительности гидроциклонов. Инф. бюл. ин-та Механобр "Обогащение руд", № 2 (56), Л., 1965.

17. - Аппараты с перемешивающими устройствами вертикальные. М., ЦНИИТИХИМНефтемаш, 1966.

18. Квятковский В.М., Шевцова А.Г., Баулина А.И. Насосы-дозаторы серии НД завода "Ригахимаш". Рекомендации к внедрению. ОНТИ ВТИ, 1965.

19. Квятковский В.М., Шевцова А.Г. Системы автоматизации установок для предварительной очистки добавочной воды котлов. В сб.: "Химия в энергетике", вып.4. БТИ ОРГРЭС, 1967.

20. Шевцова А.Г. Наладка импульсаторов в системах автоматического дозирования реагентов на водоочистках электростанций. Рекомендации к внедрению. ОНТИ ВТИ, 1966.

21. Квятковский В.М., Шевцова А.Г. Автоматизация установок для предварительной очистки воды. В сб.: "Автоматизация химводоочисток тепловых электростанций". БТИ ОРГРЭС, 1964.

22. Шевцова А.Г., Павлова Л.Ф., Федотов В.И., Лебедев Г.Е. Приборы для автоматического управления дозаторами реагентов. "Электрические станции", 1969, № 4.

23. - Справочник химика-энергетика. Под общей редакцией С.М.Гурвича. Т.I. "Энергия", 1972.

24. - Правила техники безопасности для персонала химических цехов электростанций и сетей. "Энергия", 1965.

25. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. "Химия", 1971.

gost.e-ecolog.ru