



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Н.Н. Орехова
Н.В. Гмызина

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2021

Рецензенты

доктор технических наук,
профессор кафедры металлургии тяжелых цветных металлов,
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный
университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
С.В. Мамяченков

кандидат технических наук,
доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»
Ю.В. Сомова

Орехова Н.Н., Гмызина Н.В.

Рациональное использование водных ресурсов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Наталья Николаевна Орехова, Наталья Викторовна Гмызина ; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (4,72 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9967-2242-6

В учебном пособии рассмотрены вопросы рационального и комплексного использования водных ресурсов на обогатительных и горнодобывающих предприятиях, меры направленные на сохранение, предупреждение истощения и восстановления водных ресурсов. Приведены сведения о воде как химическом веществе, о гидросфере и распределение воды на Земле, использовании в угольной и металлургической промышленности. Даны правовые основы охраны и рационального использования водных ресурсов в России. Рассмотрены вопросы использования воды на промышленных предприятиях, вопросы учета и нормирования водоснабжения и водоотведения. Приведены требования к качеству потребляемых вод, даны схемы оборотного водоснабжения промышленных и в том числе обогатительных предприятий. Подробно рассмотрены особенности использования воды в процессах обогащения полезных ископаемых. Приведена классификация методов кондиционирования оборотных вод и очистки сточных вод горнодобывающих и обогатительных предприятий.

Рекомендуется в качестве учебного пособия по дисциплине «Рациональное использование водных ресурсов» для студентов, обучающихся по направлению 21.05.04 «Горное дело», и аспирантов, обучающихся по научной специальности 25.00.13 Обогащение полезных ископаемых.

УДК 628 179

ISBN 978-5-9967-2242-6

© Орехова Н.Н., Гмызина Н.В., 2021

© ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова», 2021

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. ВОДА И ЕЁ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ.....	8
1.1. Вода, её состав, основные свойства	8
1.2. Мировые запасы воды.....	13
Части гидросферы	15
1.3. Причины недостатка пресной воды	17
ГЛАВА 2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД.....	19
2.1. Показатели качества природных и промышленных вод.....	19
2.1.1. Органолептические показатели	19
2.1.2. Физические показатели.....	20
2.1.3. Бактериологические показатели	20
2.1.4. Химические показатели	20
2.2. Методы определения показателей качества	23
2.2.1. Органолептические показатели	23
2.1.2. Физические показатели.....	25
2.2.3. Бактериологические показатели	25
ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ ПО ОТРАСЛЯМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ВОДЫ	27
3.1. Использование воды в промышленности	27
3.2. Использование воды на предприятиях черной металлургии	28
3.3. Использование воды на предприятиях цветной металлургии.....	31
3.4. Использование воды на предприятиях угольной промышленности	32
3.5. Общие требования к качеству и свойствам технической воды.....	33
ГЛАВА 4. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РФ	35
4.1. Основные положения водного законодательства	35
4.2. Программы и стратегии РФ в области охраны гидросферы.....	38
4.3. Принципы рационального и комплексного использования водных ресурсов.....	39
ГЛАВА 5. НОРМИРОВАНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	40
5.1. Классификация норм водопотребления и водоотведения	40
5.2. Общий расход воды предприятием на технологические нужды	42
5.3. Разработка и расчёт индивидуальных норм водопотребления	43
5.4. Расчёт индивидуальных норм водопотребления для технологических процессов мокрого обогащения	44
ГЛАВА 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	48
6.1. Общие сведения о водоснабжении промышленных предприятий	48
6.2. Использование воды на промышленных предприятиях	49
6.3. Схемы водоснабжения промышленных предприятий	50
6.4. Схемы оборотного водоснабжения обогатительных фабрик.....	52
6.5. Показатели рациональности использования воды на предприятии в	

условиях водооборота.....	57
ГЛАВА 7. СТОКООБРАЗОВАНИЕ И СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД	60
7.1. Общие сведения о сточных водах	60
7.2. Классификация сточных вод горных предприятий	61
7.3. Образование сточных вод в процессах обогащения.....	63
7.4. Классификация примесей в сточных водах обогатительных фабрик с учётом способов очистки вод.....	65
7.5. Технологическая классификация примесей в оборотных водах обогатительных фабрик	68
7.6. Флотореагенты, применяемые при обогащении руд и их влияние на состав сточных вод.....	71
7.7. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую канализацию и водоёмы.....	73
7.8. Обоснование выбора схемы отведения (канализования) и очистки стоков	78
ГЛАВА 8. КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОД И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ	80
8.1. Общие понятия	80
8.2. Механическая очистка сточных вод.....	81
8.3. Химические методы очистки	84
8.4. Физико-химические методы очистки производственных сточных вод ...	86
8.4.1. Процессы удаления из вод тонко- и ультратонкодисперсных примесей	86
8.4.2. Процессы удаления из вод и утилизации ионных и молекулярных компонентов	90
8.5. Биологические методы очистки.....	94
8.6. Утилизация ценных компонентов	95
ГЛАВА 9. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОД В СХЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	98
9.1. Кондиционирование солевого состава.....	99
9.2. Кондиционирование специфических неорганических примесей	99
9.2.1. Перевод ионов в труднорастворимые соединения с последующим их осаждением.....	100
9.2.2. Методы очистки сточных вод от цианидов	101
9.2.3. Очистка сорбционными методами (сорбция, ионный обмен, экстракция).....	103
9.3. Кондиционирование оборотных вод по содержанию органических примесей.....	105
9.4. Кондиционирование ионного состава вод и очистка от твёрдых взвесей в хвостохранилище.....	106
ГЛАВА 10. ПРАКТИКА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	109
10.1. Меры по охране и рациональному использованию водных ресурсов..	109
10.2. Практика рационального использования водных ресурсов на обогатительных фабриках	112

10.2.1. Водный цикл рудообогатительных фабрик (РОФ).....	113
10.2.2. Водный цикл углеобогатительных фабрик (УОФ).....	116
10.3. Технологии очистки техногенных вод и извлечение ценных компонентов.....	117
10.4. Разработка и внедрение «сухих» технологий обогащения взамен «мокрого» обогащения	121
10.5. Усовершенствование оборудования с целью снижения потерь воды и загрязнения воды	121
10.6. Снижение потерь ценного компонента с хвостами обогащения	122
10.7. Определения оптимального ионного состава оборотной воды для ведения процесса обогащения.....	122
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	124
ГЛОССАРИЙ.....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ А	128
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	132

ВВЕДЕНИЕ

Для удовлетворения своих потребностей общество организует хозяйственную деятельность, основой которой является производство, базирующееся сегодня на промышленности. На современном уровне развития науки, техники и технологий, в сложившихся экономических условиях промышленность не может существовать без водных ресурсов поскольку в большинстве своем основана на «мокрых» технологиях.

Потребление воды в народном хозяйстве в количественном отношении превышает суммарное использование всех иных природных ресурсов, а образующиеся сточные воды являются самым многотоннажным отходом. Следует особо отметить, что в процессе производства часть воды испаряется, теряется.

Согласно данным Росводресурсов, объем забора воды из природных источников в 2019 году находился на уровне 68298,54 млн м³, что выше на 0,39% в сравнении с 2018 годом. При этом с 2010 года объем забора сократился на 13,49%. Свежая вода в основном расходуется на промышленные, питьевые и бытовые нужды, орошение и сельскохозяйственное водоснабжение. Основным направлением использования свежей воды является промышленное водоснабжение. В 2019 году его объем составил 26615,78 млн м³, сократившись на 9,19% с 2018 года. Значение промышленного водопотребления соответствует 55,3% от общего объема потребления свежей воды в стране.

Объем сточных вод, сбрасываемых в природные поверхностные воды Российской Федерации, в 2019 году составил 37666,22 млн м³, сократившись с 2018 года на 5,97%. За десятилетний период сокращение сброса произошло на 115252,11 млн м³ или на 23,43%. Снижение объема забора свежей воды не является следствием снижения потребности в воде, а происходит в связи с совершенствованием схем водоснабжения и водоотведения.

В разнообразных технологических процессах и системах производства давно используется рециклирование воды (повторное и оборотное водоснабжение). Так, например, в США в промышленном секторе в среднем каждый кубометр воды используется в среднем 17,1 раза, а в России почти половина систем водоснабжения в промышленном секторе построена на основе повторного и оборотного водоснабжения.

Вода обеспечивает три важнейшие для человечества функции: 1) производство продовольствия, 2) производство энергии и промышленной продукции, 3) бытовое водопотребление и удовлетворение санитарно-гигиенических потребностей. Поэтому уже с начала XX в., в связи с многократным приростом численности населения и ростом уровня жизни благодаря техническому, экономическому и социальному прогрессу, величина мирового водопотребления стала резко возрастать. В 1900–1950 гг. водопотребление населения планеты возросло в три раза, а с 1950 по 2000 гг. – уже в семь раз. На сегодняшний день динамика роста водопотребления такова, что каждые 8–10 лет мировая потребность в воде возрастает вдвое.

На многих реках России водозабор превысил все допустимые нормы и составляет более 50 % от среднего многолетнего стока. К таким рекам относятся

Кубань, Дон, Терек, Урал, Исеть, Миасс и др. При чем 60 % от общего забранного объема приходится на маловодный летний период.

Хозяйственная деятельность человека в нашей стране в первую очередь связана с добычей и переработкой полезных ископаемых. За последние 50 лет добыто из недр и переработано сырья больше, чем за всю предыдущую историю цивилизации. С одной стороны, несмотря на регулярное снижение удельного расхода воды на тонну перерабатываемого сырья, выработанной продукции и широкого внедрения водооборота, в технологических процессах горно-рудного производства задействованы десятки миллионов кубических метров воды в сутки. При этом трудности изменения технологии производства пока не позволяют значительно уменьшить потребление свежей воды, что вызывает усиленную деградацию водных объектов, особенно в европейской части страны и на Урале.

Деградации способствует и сброс в речную сеть дебалансных вод горных предприятий, несущих с собой через малые реки в большие различные загрязнения.

Для уменьшения забора свежей воды и снижения объемов сточных вод необходимо продуманное, рациональное использование водных ресурсов.

ГЛАВА 1. ВОДА И ЕЁ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ

1.1. Вода, её состав, основные свойства

По определению Вода́ — это бинарное неорганическое соединение с химической формулой H_2O : молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного — кислорода, которые соединены между собой ковалентной связью. Три ядра в молекуле воды образуют равнобедренный треугольник с двумя протонами водорода в основании и кислородом в вершине. Пространственное представление и структура молекулы даны на рис. 1. Молекулярная масса воды 18,0160, на водород приходится 11,19% по массе, а на кислород - 88,81%.

Молекула воды имеет угловое строение: ядра атомов, входящих в ее состав, образуют равнобедренный треугольник, в основании которого находятся два протона, а в вершине - ядро атома кислорода. Стороны треугольника имеют длину 0,96 А (ангстрем), расстояние между ядрами водорода $HH = 1,5$ А. Треугольник НОН находится внутри сферы, по которой движутся электроны. Центр инерции сферы не совпадает с центром атома кислорода. Он находится от него на расстоянии 0,13 А (ангстрем). Атом кислорода в молекуле воды находится в состоянии sp^3 -гибридизации. Поэтому валентный угол НОН ($104,45^\circ$) близок к тетраэдрическому ($109,5^\circ$). Молекула воды имеет дипольный момент. Он возникает по двум причинам:

а) каждая из связей О-Н полярна и на том ее конце, где находится ядро водорода имеется избыток положительного заряда, а на "кислородном" конце - избыток отрицательного;

б) неподеленные электронные пары атома кислорода создают дополнительную плотность отрицательного заряда на атоме кислорода.

Диполь молекулы характеризуется дипольным моментом, который находится как произведение зарядов на расстояние между ними и равен 1,85 Дебая.

Эти особенности строения молекул воды имеют следующие следствия:

а) большой дипольный момент является причиной возникновения диполь-дипольных и ион-дипольных взаимодействий в водных растворах;

б) молекула воды образует водородные связи с электроотрицательными атомами других молекул, в том числе других молекул воды;

в) неподеленные электронные пары позволяют молекуле воды образовывать соединения по донорно-акцепторному механизму (например, с катионами металлов).

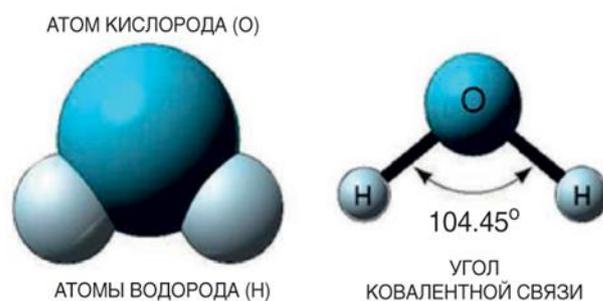


Рис. 1. Пространственное представление и структура молекулы воды

Образование молекулы воды из двух атомов водорода и одного атома кислорода показано на рисунке 2.

Два атома водорода замещают вакансию двух недостающих (до 8) электронов наружной оболочки для ее устойчивости.

Несмотря на то, что вода- вещество, принятое в качестве эталона меры плотности, объема и т.д. для других веществ, сама вода, является самым аномальным среди них. Рассмотрим некоторые аномалии воды.

Анализ обыкновенной воды показывает, что на самом деле это смесь нескольких разновидностей воды с общей формулой $H_{2n}O_n$, представляющих собой соединения изотопов кислорода и водорода со значением n (по Вернадскому И. И.) от 1 до 6. Состав воды в г/л приведен на рисунке 3.

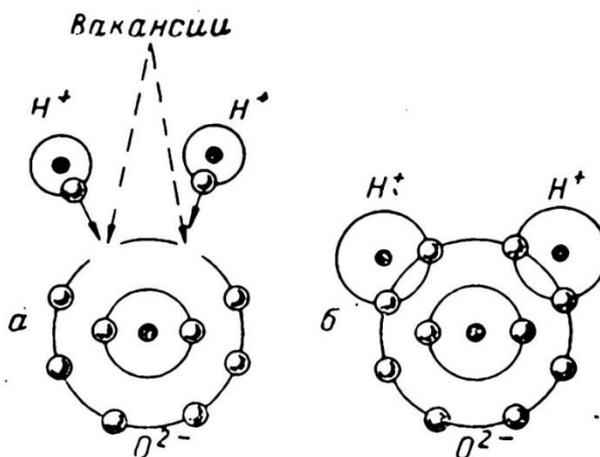


Рис. 2. Схема образования молекулы воды

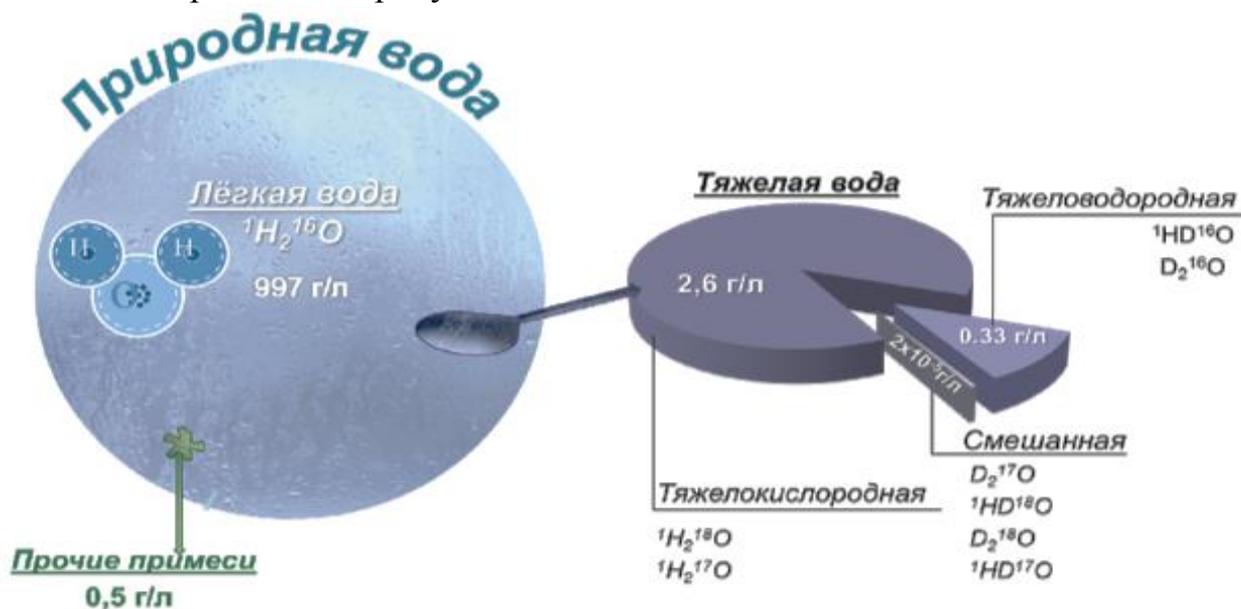


Рис. 3. Состав воды

Исследования показали, что 99,73 мол. % (997,0325 г/л) гидросферы состоит из обычной воды с молекулярным составом H_2O^{16} . Еще 0,04 мол % - это тяжелоокислородная вода с составом H_2O^{17} и 0,02 мол % - с составом H_2O^{18} . Доля тяжелой воды, в состав которой входит изотоп водорода с массой 2- дейтерий (D), составляет в среднем 0,15 мл на 1 литр природной воды.

В природе вода находится в трех фазах, газообразной (пары воды), жидкой и твердой (лед). Значительный дипольный момент молекулы воды определяет ее способность ассоциироваться в различные комплексы В парообразном состоянии (при температуре 100°C) вода состоит главным образом из простых молекул, называемых гидролями и соответствующих формуле H_2O . В жидкой

фазе вода представляет собой смесь гидролей, дигидролей (H_2O)₂ и тригидролей (H_2O)₃. При изменении температуры и давления соотношение между гидролями, дигидролями и тригидролями изменяется. Вода в различных фазах имеет различную структуру (рис.4), т. е. характер расположения и упаковки молекул относительно друг друга. В газообразном состоянии вода состоит из отдельных молекул. В жидком и твердом состоянии молекулы образуют ассоциаты с помощью водородных связей.

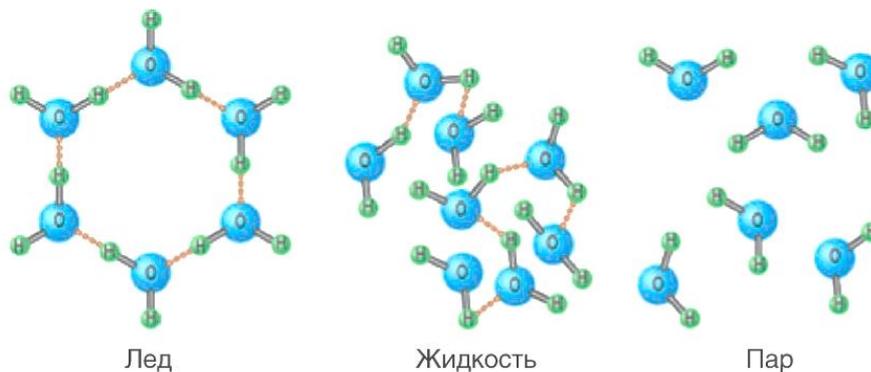


Рис. 4. Структуры воды

Вода как химически чистое вещество при нормальных условиях представляет собой прозрачную жидкость, не имеющую цвета, запаха и вкуса. Вода – самое распространенное вещество на Земле. Она непрерывный спутник жизни, поэтому космические зонды ищут на других небесных телах в первую очередь признаки воды. Физико-химические свойства воды отличаются от других жидкостей, а термодинамические параметры резко выделяются из ряда гидридов - соединений водорода с соседями по Периодической таблице. Рассмотрим зависимость значений точки кипения и точки плавления относительно молекулярной массы гидридов и положения в таблице аниона. Экстраполяция дает для воды температуру почти на двести градусов ниже фактического (установленного экспериментально) значения (рис.5,6).

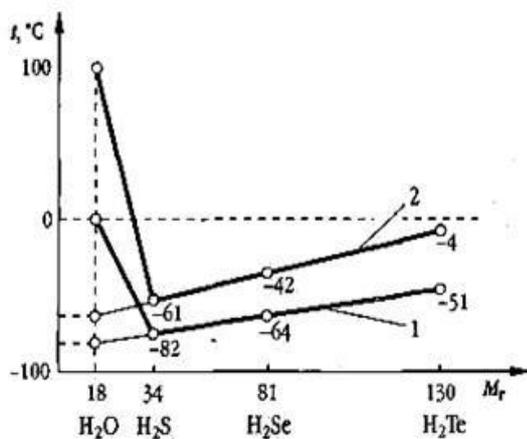


Рис. 5. Свойства гидридов в зависимости от молекулярной массы

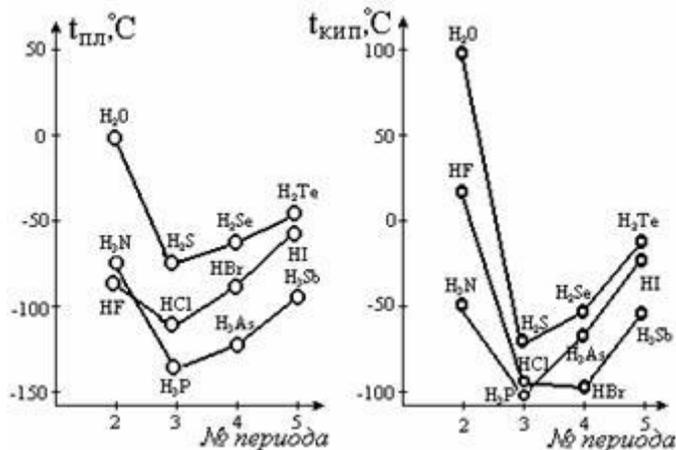


Рис. 6. Свойства гидридов

Вода плотнее льда, что также необычно, т.к. тепловое движение молекул при кристаллизации ограничивается, приводя к более плотной упаковке. Она может быть переохлаждена более чем на 40 градусов ниже точки замерзания, и при последующем нагревании не расширяется, но сжимается, пока не достигнет максимальной плотности приблизительно при 4° С. Изотермическая сжимаемость воды снижается с увеличением температуры, достигая минимума вблизи 46° С, тогда как другие жидкости при нагреве становятся более сжимаемыми.

Вода также обладает уникальными термическими свойствами. Когда ее температура понижается до 0° С и она замерзает, то из каждого грамма воды высвобождается 79 кал. При конденсации водяного пара каждый его грамм отдает 540 кал. Благодаря высокой теплоемкости вода поглощает большое количество теплоты без изменения температуры.

Необычному поведению воды трудно найти объяснение, если считать её жидкостью, однородной в структурном отношении вплоть до молекулярных масштабов.

Сегодня мы знаем, что уникальные свойства воды обусловлены квантовыми особенностями строения ее молекул, способных быть как донорами, так и акцепторами водородных атомов. Относительно большая, в сравнении с вандер-ваальсовой, энергия и направленный характер водородных связей отличают лед и воду от многих других веществ.

Вода - уникальное вещество по своим физическим и химическим свойствам. Для большинства тел при переходе из жидкой фазы в твердую характерно уменьшение *удельного объёма* и увеличение *плотности*. Наибольшую плотность – 1,000 г/см³ - чистая вода имеет при температуре 3,98°С. Дальнейшее охлаждение ее приводит к переходу в лед и сопровождается уменьшением плотности до 0,9167 г/см³ при 0°С. Поэтому лед держится на поверхности, предохраняя водоемы от промерзания до дна. Образующийся внутриводный и донный лед всплывают к поверхности. При плавлении (таянии) льда в интервале температур от 0 до +4 °С происходит уменьшение объема и увеличение плотности в связи с частичным разрушением тетраэдральной структуры, а при дальнейшем повышении температуры, наоборот, плотность уменьшается, а удельный объем увеличивается вследствие увеличения расстояния между молекулами. У морской воды температура наибольшей плотности зависит от солености. С повышением температуры и понижением солености плотность уменьшается, а с понижением температуры и повышением солености – увеличивается.

Вода обладает наибольшей из всех веществ за исключением водорода и жидкого аммиака *удельной теплоёмкостью*, равной 4,19· 10³ Дж/(кг·К). Для сравнения теплоемкость водорода 14,2·10³ Дж/(кг·К), воздуха - 993 Дж/(кг·К), гранита 838 Дж/(кг·К), кварца - 796 Дж/(кг·К). Обычно теплоемкость всех тел, как жидких, так и твёрдых, увеличивается с повышением температуры. Теплоемкость воды с повышением температуры от 0 до 27 °С падает, а затем начинает повышаться. Теплоемкость морской воды уменьшается и с увеличением со-

лености. Высокая удельная теплоемкость, медленное нагревание и охлаждение наряду с другими факторами определяют годовые, суточные и даже часовые колебания температур океанов и озер. Эти колебания заметно отличаются от изменений температуры на суше. Указанное свойство воды определяет различие в температурном режиме почв.

Теплопроводность воды весьма незначительна. У химически чистой воды при температуре 20 °С она равна 0,557 Вт/(м·К). Для морской воды эта величина составляет 0,561 Вт/(м·К), для морского льда - 1,173, а для воздуха - 0,023. Вода, лед и воздух плохо проводят теплоту, поэтому в естественных водоемах передача теплоты в глубину происходит чрезвычайно медленно.

Весьма высока у воды *диэлектрическая постоянная* - она равна 81. У большинства веществ она находится в пределах 2-8. Вследствие высокой диэлектрической постоянной вода обладает большой растворяющей и диссоциирующей способностью в сравнении с другими жидкостями.

У воды самое большое *поверхностное натяжение* из всех жидкостей за исключением ртути. Оно изменяется от $7,13 \cdot 10^2$ Н/м в зависимости от температуры и солености. С поверхностным натяжением связана хорошая смачиваемость водой твердых тел, что позволяет воде продвигаться вверх по тонким порам и трещинам вопреки силе тяжести.

Вязкость воды быстро уменьшается с повышением давления и температуры при 0° С она составляет $1,789 \cdot 10^3$, при 20°С - $1.002 \cdot 10^3$ Н с/м².

Химически чистая вода плохо проводит электрический ток. Ее *электропроводность* составляет при 18 °С $0,04 \cdot 10^{-6}$ (Ом·м)⁻¹. Электропроводность морской воды зависит от температуры и солености. При изменении температуры от 0 до 24 °С, а солености от 6 до 40% электропроводность увеличивается от 0,6 до 61 (Ом·м)⁻¹.

Вода - отличный растворитель и прекрасная среда обитания живых организмов, поэтому на Земле невозможно встретить в природе жидкую "чистую" воду, то есть воду, в которой не растворены неорганические и органические вещества и в которой бы не обитали микробы, бактерии, моллюски, рыбы и т.д.

Вода относится к веществам, которые очень сложно получить в чистом виде. На Земле нет абсолютно чистой воды. Она прекрасный растворитель, в то же время растворитель инертный, который обычно не вступает в реакцию с растворенным веществом. Хотя по отношению к галогенам, щелочам, металлам, атомарному кислороду вода весьма реакционноспособна.

Вода - обязательное условие и среда жизни. Вода является главным фактором, определяющим климат на поверхности планеты. Ее аномальные свойства обеспечивают жизнь на Земле. Присутствующий в атмосфере водяной пар играет роль фильтра для солнечной радиации, а вода на земной поверхности служит буферной системой, смягчающей действие экстремальных температур. Вода является источником водорода и кислорода, необходимым условием для процесса, которому обязана вся жизнь нашей планеты - фотосинтеза.

Интересный факт

Премия в один миллион долларов, объявленная за проверяемый опыт, демонстрирующий память воды, никем не получена[1][2]. Эксперименты, проведенные в ИТЭБ РАН, показали, что «вода не помнит о прошлом наличии в ней этих [ранее содержавшихся] веществ, также она не помнит и о прошлых внешних физических воздействиях на неё»[3]. Премия в один миллион долларов, объявленная за проверяемый опыт, демонстрирующий память воды, никем не получена[2][3]. В бюллетене «В защиту науки», издаваемом Комиссией по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований при Президиуме РАН, концепция существования памяти воды охарактеризована как **лженаука**[4].

1. Миллион за доказательство памяти воды — Фонд Джеймса Рэнди; 2. Homeopathy: The Test
3. Г. Р. Иваницкий, А. А. Деев, Е. П. Хижняк. Может ли существовать долговременная структурно-динамическая память воды? (рус.) // Успехи физических наук. — Российская академия наук, 2014. — Т. 184, № 1. — С. 43—74. — doi:10.3367/UFNr.0184.201401b.0043.; 4. [Сергеев, А. Г. Синекдоха отвлечения, или Защита гомеопатическая // В защиту науки. — 2017. — № 19. — С. 90.](#)

Подводя итог вышесказанному следует особо подчеркнуть, что вода - это бесценное богатство!

1.2. Мировые запасы воды

Мировые запасы воды слагаются из статических (вековых) запасов, которые, по сути, являются стратегическим водным резервом, и динамических (возобновляемых) запасов, которые можно использовать в хозяйственной деятельности.

Общие запасы **гидросферы** оцениваются в 1,45 - 1,5 млрд. куб. км. (табл. 1.)

По оценкам ученых, на соленые воды морей и океанов приходится 97,5%. Иными словами, пресная вода составляет только 2,5% ее мировых запасов. Но даже из всего этого количества 75% пресной воды «заморожено» в вечных ледниках и полярных шапках. Если весь лед, имеющийся на планете, равномерно распределить на поверхности Земли, то образуется слой толщиной 53 метра, что количественно равно запасу стока всех рек планеты за 500 лет.

Почти четверть воды – 24% находится под землей в виде грунтовых вод, а еще 0,5% «рассредоточено» в почве в виде влаги. Получается, что на наиболее доступные и дешевые источники пресной воды - реки, озера и другие наземные водоемы приходится чуть больше 0,01% мировых запасов воды.

Возобновляемые водные ресурсы (рис.7) представлены среднесуточным годовым стоком поверхностных и подземных вод.

Виды возобновляемых водных ресурсов



Рис. 7. Виды возобновляемых водных ресурсов

Таблица 1

Стационарные водные ресурсы Земли

(по М. И. Львовичу 1988г.)			Современные данные					
Части гидросферы	Объём воды, тыс. км ³	Активность водообмена, число лет	Виды вод	Площадь распространения F, тыс. км ²	Объём W, тыс. км ³	Доля запасов, %	Расход Q, тыс. км ³ /год	Период водообмена T = 2(W/Q), год
Мировой океан	1 370 000	3000	Воды Мирового океана	361800	1500000	94,3254	507,2	6000
Подземные воды	(60 000)*	(5000)*	Подземные воды активного водообмена до глубины 5 км	148800	60000	3,7731	14,5	8300
в т. ч. зоны активного обмена	(4000)*	(330)*	Воды криосферы	37227	30000	1,8865	3,8	15800
Ледники	24000	8600	Воды озёр	2058	200	0,0126	1,2	330
Озёра	230	10	Атмосферная влага	510000	14	0,0009	577,1	0,05
Почвенная влага	82	1	Воды болот	2683	12	0,0008	2,6	9,23
Речные (русловые)			Воды водохранилищ	800	10	0,0006	11,5	1,74
Воды	1,2	0,032	Воды рек	148800	2	0,0001	45,8	0,09
Пары атмосферы	14	0,027	Воды растительного и животного мира	510000	1	0,0010	8,45	0,24
Вся гидросфера	1 454 327,2	2800	Общий объём вод	510000	1590239	100,0000	577,10	5511

*В скобках — приближённые данные.

К **невозобновляемым водным ресурсам** относят подземные водные объекты (обычно находящиеся в глубоко залегающих водоносных горизонтах), отличающиеся незначительными темпами пополнения запасов по сравнению с объемом водоносного горизонта (то есть являющиеся хранилищами или запасами водных ресурсов).

Сегодня **водообеспеченность** – наличие и качество воды, управление водными ресурсами и их охрана – стала важной проблемой развития человека и обеспечения экологической и экономической устойчивости, особенно в свете роста численности мирового населения. Для оценки устойчивого распределения водных ресурсов – как поверхностных, так и подземных – необходимы основательные научные знания о количестве и качестве воды.

Россия, занимая 1/6 всей земной суши с протяженностью 60 тыс. км водного побережья, омывается водами 12 морей, принадлежащих бассейнам Северного Ледовитого, Тихого и Атлантического океанов, а также внутриматерикового Каспийского моря. Отличается обилием природных вод, хорошо развитой речной сетью и системой озер.

На территории России насчитывается свыше 2,5 млн больших и малых рек, более 2 млн озер, сотни тысяч болот и других объектов водного фонда. В целом под водой (без болот) занято 72,2 млн га, из них 27,4 млн га.

Общий объем статических водных ресурсов России оценивается приблизительно в 88,9 тыс. км³ пресной воды, из них значительная часть сосредоточена в подземных водах, озёрах и ледниках, оценочная доля которых составляет 31%, 30% и 17% соответственно. Доля российских статических запасов пресной воды в общемировых ресурсах в среднем составляет около 20% (без учёта ледников и подземных вод). В зависимости от типа водных источников данный показатель меняется от 0,1% (для ледников) до 30% (для озёр).

Динамические запасы водных ресурсов России составляют 4 258,6 км³ в год (более 10% мирового показателя), что делает Россию второй страной в мире по валовому объёму водных ресурсов после Бразилии. При этом по такому показателю как обеспеченность водными ресурсами Россия занимает **28-е** место в мире (**30,2 тыс. м³** в год на душу населения).

В нашей стране широко используются для различных хозяйственных целей ресурсы подземных вод. Этому способствуют большая равномерность их территориального распределения и чистота. Ресурсы подземных вод делятся на естественные и эксплуатационные.

Россия располагает значительными водными ресурсами и использует ежегодно не более 2% их динамических запасов. При этом целый ряд регионов испытывает дефицит в воде, что связано, главным образом, с неравномерным распределением водных ресурсов (преимущественно поверхностных вод) по территории страны (табл.2).

**Структура общих средних многолетних ресурсов стока по
экономическим районам**

Экономический район	Местный сток, км ³ /год	Приток с сопредельных территорий, км ³ /год	Общие ресурсы речного стока, км ³ /год	На одного человека	
				местный сток, тыс. м ³ /год	общие ресурсы, тыс. м ³ /год
Северный	494,0	18,0	512,0	85,4	88,5
Северо-Западный	47,7	42,5	90,2	6,0	11,5
Центральный	88,7	25,4	112,0	3,0	3,8
Центральночернозёмный	16,1	4,8	20,9	2,1	2,7
Волго-Вятский	46,9	105,0	152,0	5,7	18,5
Поволжский	31,4	244,0	275,0	1,9	16,5
Северо-Кавказский	44,1	27,0	71,1	2,5	4,0
Уральский	123,0	9,5	152,0	6,0	6,5
Западно-Сибирский	515,0	70,0	585,0	54,0	58,6
Восточно-Сибирский	1097,0	27,0	1124,0	121,0	124,0
Дальневосточный	1558,0	512,0	1850,0	210,0	252,0
Калининградская область	2,7	20,4	25,1	2,9	24,5
Российская Федерация	4045,0	219,0	4262,0	27,5	29,0

Россия стабильно входит в группу стран мира, наиболее обеспеченных водными ресурсами, как по общим запасам, так и в расчете на 1 жителя. Однако из таблицы 2 видно, что на наиболее освоенные районы Европейской части России, где сосредоточено более 80% населения, приходится не более 10–15% водных ресурсов.

Очень хорошо обеспечены водными ресурсами Дальневосточный и Сибирский ФО, несколько менее - Уральский и Северо-Западный; ограниченные водные ресурсы имеют наиболее густонаселенные округа - Приволжский, Центральный, Крымский и Северо-Кавказский.

1.3. Причины недостатка пресной воды

Долгое время человечество полагало, что в его распоряжении находятся неисчерпаемые запасы пресной воды и что они достаточны для всех нужд. Общие запасы воды на планете остаются неизменными и неисчерпаемыми, но под влиянием деятельности людей в отдельных районах Земли они сильно уменьшаются или становятся непригодными. Даже воды мирового океана в ре-

зультате загрязнения нефтью и некоторыми отходами теряют свои свойства. А пресные воды перешли в категорию исчерпаемых ресурсов.

Проблема недостатка пресной воды возникла по следующим основным причинам:

1. Интенсивное увеличение потребностей в воде в связи с быстрым ростом народонаселения планеты и развитием отраслей деятельности, требующих огромных затрат водных ресурсов.
2. Потери пресной воды вследствие сокращения водоносности рек, обмеления и осушения озёр.
3. Загрязнение водоёмов промышленными и бытовыми стоками.

Потребности же в чистой пресной воде с каждым годом растут. Достаточно отметить, что на производство 1 т стали её расходуется 250 м³, меди - 500 м³, целлюлозы - 1500 м³; для переработки 1 т нефти необходимо около 60 000 м³; для получения 1 т пшеницы - 1500 м³, 1 т хлопка - 10000 м³, 1 т риса - 25000 м³ и т.д.

Становится очевидным, что к водным ресурсам и особенно к ресурсам пресной воды необходимо относиться экономно, бережно, другими словами - рационально.

Существуют и природные факторы недостатка вод. Один из них - неравномерное распределение стока по территории, другим природным фактором, вызывающим возникновение водных проблем, является неравномерное распределение стока по сезонам года.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. Перечислите основные свойства воды, ее значение для экосистемных и биосферных процессов.
2. С какими видами деятельности связано основное потребление воды человеком?
3. Какие факторы обуславливают нехватку пресной воды для хозяйственной деятельности?
4. Как неравномерно распределение водных ресурсов по территории нашей страны?
5. Какова удельная потребность в чистой воде для разных производств?
6. Каким объемом оцениваются общие и не возобновляемые запасы гидросферы?
7. Каковы основные причины вызывают необходимость рационального использования водных ресурсов?

ГЛАВА 2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД

Под качеством воды понимается совокупность физических, органолептических, химический и бактериологических показателей, определяющих её свойства и пригодность для использования. Качество воды определяется лабораторными исследованиями отобранных проб. Качество используемой воды оценивают с технологических позиций. Качество сбрасываемой воды - с экологических позиций в соответствии с ГОСТ Р 58556-2019.

2.1. Показатели качества природных и промышленных вод

Под природными водами мы понимаем воды поверхностных и подземных источников. Под промышленными водами – шахтные и карьерные воды, сточные воды технологических процессов и их производное – оборотные воды.

Показатели качества разделяются на четыре основные группы: органолептические; физические; бактериологические; химические.

2.1.1. Органолептические показатели

К этой группе показателей относятся

- Цветность (Цвет)
- Запах
- Привкус (Вкус)
- Прозрачность

Цвет и запах воды, обусловлены, как правило, наличием в воде органических соединений. Цвет или окраска природной воды создаётся гуминовыми веществами, водорослями, развивающимися в водоёме, коллоидными соединениями железа и некоторых других металлов.

Цвет промышленных вод напрямую зависит от места их применения в технологическом процессе и растворения в них компонентов перерабатываемого сырья, индифферентных к очистке.

Запах и вкус природной воде могут придавать различные примеси. Различают четыре основных вида вкуса: солёный, 5 кислый, сладкий и горький. Все другие виды вкусовых ощущений называются привкусами. Чаще всего вкус и привкус воде придают растворенные в ней в избытке соли: NaCl - солёный, MgSO₄ – горький; избыток растворенной CO₂ придает воде кислый вкус, а соли железа или марганца придают воде чернильный, железистый или металлический привкус; CaSO₄ – вяжущий. Запахи воды могут быть самыми различными. Они не оказывают существенного влияния на технологические процессы, но могут оказывать вредное действие на обслуживающий персонал, вызывая аллергическую реакцию и другие болезненные явления. Запах промышленной воды обусловлен видом исходного сырья и реагентами, предусмотренными технологическим режимом для его переработки.

Органолептические показатели позволяют определить наличие в воде загрязнений без использования сложных приборов и методов. Благодаря им на

первом этапе исследований можно ориентировочно предположить тип загрязнения, его количество и происхождение.

2.1.2. Физические показатели

- Мутность
- Температура
- Удельная электрическая проводимость

Мутность или прозрачность природных вод, в первую очередь, зависит от тонкодисперсных веществ, в ней содержащихся. Мутность промышленных вод связана с высоким содержанием в них взвешенных и коллоидных веществ.

Температура природной воды может колебаться в значительных пределах. Она зависит от времени года и географического расположения водоисточника.

На промышленных предприятиях значительная часть воды расходуется на охлаждение продуктов в теплообменных аппаратах. При этом вода практически не загрязняется, но нагревается.

Удельная электрическая проводимость характеризуемая электрической проводимостью 1см^3 (1м^3) жидкости с размером граней 1см (1м) и выражаемая в См/см (См/м), является важным показателем качества природной и обработанной воды, указывающим на суммарную концентрацию ионогенных примесей. Удельная проводимость воды, не содержащей примесей, при 25°C составляет $0,063\text{ мкСм/см}$.

2.1.3. Бактериологические показатели

- Микробное число
- Коли-индекс
- Коли-титр

Бактериологические свойства характеризуются наличием в воде микроорганизмов. Анализируется общее заселение воды микроорганизмами и отдельно кишечными палочками. Микробное число — это число бактерий, содержащееся в 1 мл воды. Косвенный показатель бактериологического загрязнения воды определяется по содержанию в ней бактерии кишечной палочки. Количество кишечной палочки в воде характеризуется двумя показателями: коли-индексом и коли-титром. Коли-индекс (шт/л) — количество кишечной палочки на 1 л воды. Коли-титр (л/шт) — объём воды, приходящийся на 1 кишечную палочку.

В шахтных водах, как правило, содержатся микроорганизмы, участвующие в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в рудных телах. Например, некоторые микроорганизмы способствуют окислению или восстановлению железа и марганца.

2.1.4. Химические показатели

- Показатель концентрации водородных ионов (pH);
- Минерализация;

- Жёсткость воды;
- Щёлочность;
- Растворённые газы
- Окисляемость (БПК и ХПК).

Показатель концентрации водородных ионов (рН) воды характеризует реакцию воды и учитывается при всех видах обработки воды. При рН=7 вода нейтральная, при рН меньше 7 — кислая, при рН больше 7 — щелочная.

В соответствии с законом действующих масс для воды, частично диссоциирующей на ионы H^+ и OH^- , согласно уравнению:



можно записать

$$\left| \frac{[(C_{H^+} \cdot f_{H^+}) \cdot (C_{OH^-} \cdot f_{OH^-})]}{C_{(H_2O)}} = K \right. \quad (2.2.)$$

$$\left. a_{H^+} a_{OH^-} = K C_{(H_2O)} = K_{(H_2O)} \right.$$

Константа K_{H_2O} , или, как ее часто обозначают, K_w , называется ионным произведением воды. При диссоциации воды, не содержащей посторонних примесей, ионы H^+ и OH^- образуются в равных молярных (грамм - ионных) концентрациях, в связи с этим активность каждого из них согласно уравнению (2.3.):

$$a_{H^+} = a_{OH^-} = \sqrt{K_w} \quad (2.3.)$$

и составит при 22° С 10^{-7} моль/кг, рН такой нейтральной воды равно 7.

Минерализация показывает содержание в питьевой воде растворенных солей и измеряется в мг/л. По уровню минерализации различают воды

- ультрапресные (меньше 0.2 г/дм³);
- пресные (0.2-0.5 г/дм³);
- с относительно высоким содержанием соли (0.5-1.0 г/дм³);
- солончатые (1.0-3.0 г/дм³);
- солёные (3-10 г/дм³);
- с увеличенной солёностью (10-35 г/дм³);
- рассолы (больше 35 г/дм³).

Жёсткость воды один из важнейших показателей ее качества. Общей жесткостью называют суммарную концентрацию ионов кальция и магния, выраженную в эквивалентных единицах (мг - экв/кг, а при очень малых значениях - в мкг - экв/кг). Общую жесткость воды подразделяют на кальциевую и магниевую. Часть общей жесткости, эквивалентная содержанию бикарбонатов, называется карбонатной жесткостью; разность между общей и карбонатной жесткостями называется некарбонатной жесткостью. Природные воды глубоких подземных источников имеет более высокую жесткость (8-10 мг-экв/л), а поверхностных источников — относительно небольшую (3-6 мг-экв/л). С 1 января 2014 года в России введен Национальный стандарт ГОСТ 31865-2012. Вода. Единица жесткости, согласно которому жесткость воды выражается в градусах жесткости (°Ж). Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного эле-

мента, численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/дм³ (или мг/л) (1°Ж = 1 мг-экв/л = 1/2 моль/м³). Таким образом, 1 мг-экв/л жесткости соответствует 1 ммоль/л.

Щёлочность обусловлена наличием в воде анионов слабых кислот.

Совокупностью показателей жёсткость, щёлочность, минерализация характеризуется составом воды. Составом воды, как по составляющим компонентам, так и по содержанию их в водах различных водных источников очень разнообразен. Составом большей части рек, искусственных водохранилищ и некоторых озёр представлен примерно на 80% гидрокарбонатами, на 13% сульфатами и на 7% хлоридами. Морские воды минерализованы и содержат приблизительно 89% хлоридов, 10% сульфатов и около 1% гидрокарбонатов. Наличие в промышленной воде соединений угольной кислоты вызывает ряд нежелательных явлений. Особое значение эти соединения приобретают при оборотном водоснабжении, когда в результате многократного оборота происходит накопление солей, в том числе карбонатов и бикарбонатов. Карбонатные и бикарбонатные ионы взаимодействуют с кальцием с образованием осадка. При протекании воды по трубам на стенках откладываются эти соли, в результате чего уменьшается «живое» сечение труб вплоть до закупорки, что может привести к аварийной ситуации.

Растворённые газы. Растворимость газов в воде зависит от химической их природы, а также от температуры, давления и минерализации воды. Процессы растворения и поглощения газов водой протекают медленно. Растворимость газов понижается с увеличением минерализации. Растворимость газов, встречающихся в естественных условиях, весьма различна. Характерна большая растворимость в воде двуокиси углерода и сероводорода, объясняемая химическим взаимодействием этих газов с водой.

Двуокись углерода содержится в природных водах в широких пределах – от нескольких десятков долей до 3-4 тыс. мг/л. Наименьшая концентрация СО₂ наблюдается в поверхностных минерализованных водах.

Сероводород в природных водах содержится в основном в виде молекулярно-растворённого газа Н₂С и гидросульфидных ионов HS⁻. Соотношение между различными формами сероводорода в растворе зависит от рН.

Кислород в природных водах содержится в пределах от 0 до 14 мг/л. Наибольшее количество кислорода растворяется в водоёмах при хорошем перемешивании в них воды (волны, ветер). Повышение концентрации растворённых солей в воде до 40 г/кг понижает растворимость кислорода примерно на 25%. Колебания содержания кислорода в водоёмах носят сезонный характер и связаны с интенсивностью фотосинтеза у растений и изменением температуры окружающей среды.

В промышленных сточных водах, так же как и в природных, содержатся растворённые газы. В большинстве случаев сточная вода насыщается газами в результате химических реакций между компонентами сточных вод и в процессе мокрой газоочистки.

Окисляемость характеризует содержание в воде растворённых органических соединений. Окисляемость воды - это показатель, имеющий условное зна-

чение и представляющий собой расход какого-либо сильного окислителя, необходимого для окисления в определенных условиях органических примесей, которые содержатся в 1 л воды. Окисляемость чистых грунтовых вод составляет обычно 1-3 мг O_2 /кг, в то время как в водах поверхностных источников окисляемость повышается до 10 - 12 мг O_2 /кг. Реки болотного происхождения и поверхностные источники, в период паводка отличаются очень высокой окисляемостью, превышающей, например, 30 мг O_2 /кг. Сточные воды, содержащие органические вещества и сбрасываемые в водоемы, могут повышать окисляемость воды различных источников.

Говоря о качественной характеристике производственных сточных вод, следует всегда подчёркивать их специфические загрязнения, которые по существу определяют возможность использования этих стоков в оборотном водоснабжении.

К свойствам вод, влияющим на технологические процессы (например, обогатительные), относятся: мутность, температура, солевой состав воды, концентрации катионов и анионов, рН, жёсткость, щелочность воды, наличие растворенных газов.

Перечень базовых аналитов-маркеров при определении антропогенной нагрузки, создаваемой при сбросе вод в окружающую среду включает: рН, сухой остаток, взвешенные вещества, азот аммония, азот нитритов, азот нитратов, фосфор общий или фосфор фосфатов, железо общее, марганец общий, химическое потребление кислорода (ХПК), биологическое потребление кислорода.

2.2. Методы определения показателей качества

2.2.1. Органолептические показатели

Цветность (цвет) воды следует определять в прозрачной воде, не содержащей взвешенные вещества. Для анализа воду предварительно фильтруют. Качественную оценку цветности производят, сравнивая воду с дистиллированной водой на фоне белого листа бумаги или путём сравнения исследуемой воды с образцами воды, окрашенными бихромат-кобальтовым раствором (шкала цветности). Количественно цветность питьевой воды оценивают в градусах цветности путем фотометрического сравнения проб испытуемой воды с растворами, имитирующими цвет природной воды. Цветность производственных сточных вод рекомендуется определять измерением их оптических плотностей на спектрофотометре при различных длинах волн. Длина волны света, максимально поглощаемого исследуемой водой, является характеристикой её цвета, а величина D служит мерой интенсивности её окраски. Вода в водоеме после смешения её со сточной водой не должна иметь окраски при толщине слоя 10 см. Поэтому важно уметь определять степень разбавления сточной воды. Для этого на лист белой бумаги помещают 3 цилиндра из бесцветного стекла диаметром 20-25 мм. В первый наливают сточную воду (высота слоя 10 см), в третий столько же дистиллированной воды, во второй – разбавленную сточную воду. Степень разбавления (1:1; 1:2; 1:3 и т.д.) увеличивают до тех пор пока бу-

мага при просматривании сверху во втором и третьем цилиндрах не будет выглядеть одинаково белой.

Для определения запаха воду наливают в широкогорлую колбу на 2/3 её объема, накрывают часовым стеклом, встряхивают вращательными движениями в закрытом состоянии, открывают и органолептически идентифицируют запах. Количественно интенсивность запаха определяется по пятибальной системе в соответствии с таблицей 3. Опыт проводят при 20° С и после нагревания пробы воды на водяной бане до 60° С. Для сточных вод интенсивность запаха может быть определена также степенью разбавления исследуемой воды до исчезновения запаха. Для разбавления применяют воду без запаха (родниковую или артезианскую) или после обработки водопроводной воды активированным углем.

Таблица 3

Характеристика проявления интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности, балл
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании.	1
Слабая	Запах замечается потребителем, если обратить на это его внимание.	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде.	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья.	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению.	5

Интенсивность вкуса и привкуса определяют при 20° С и оценивают по пятибалльной системе, согласно ГОСТ 3351-74*. Анализу подвергают сырую воду, имеющую температуру 20°С. Воду опасную в санитарном отношении, анализируют только после кипячения и охлаждения до 20°С. Для определения привкуса и вкуса воду набирают в рот небольшими порциями и держат во рту 3-5 сек., не проглатывая.

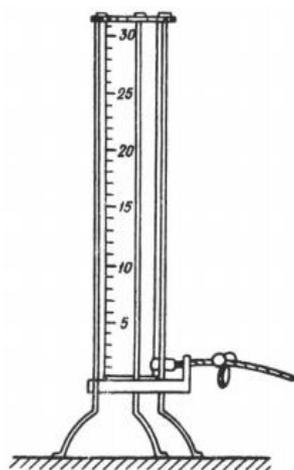


Рис. 8. Прибор Снеллена для определения прозрачности воды

Чтобы измерить прозрачность, жидкость помещают в цилиндр. Его устанавливают поверх листа бумаги с напечатанным текстом. Высота столба воды в мм, при котором текст можно легко прочитать, и является величиной прозрачности пробы. В лабораторных условиях прозрачность воды измеряют по «шрифту» на приборе Снеллена (рис. 8). Пробу воды хорошо взбалтывают и наливают в цилиндр. Прибор устанавливают так, чтобы стандартный шрифт находился на расстоянии 4 см от

дна цилиндра. Постоянно сливая воду через отводную трубку, находят предельную высоту столба, при которой рассматриваемый сверху шрифт становится читаемым. Определение проводят несколько раз и находят среднее значение. Прозрачность воды питьевого качества должна быть не менее 30 см.

2.1.2. Физические показатели

Мутность (показатель содержания взвешенных веществ в воде) определяют фотометрическим путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результат измерений выражают в мг/дм³. При значительном содержании взвешенных веществ используется гравиметрический или весовой метод анализа. Испытуемую воду хорошо встряхивают и 100-1000 см³ наливают в мерный цилиндр. Далее фильтруют через предварительно высушенный при 105° С и взвешенный в закрытом бюксе бумажный фильтр «белая лента». После высушивания фильтра в сушильном шкафу при 105°С в течение 1,5-2 часов до постоянной массы его взвешивают. Содержание взвешенных веществ X рассчитывают по формуле:

$$X = (m_1 - m_2) \cdot 1000 / V, \text{ мг/дм}^3 \quad (2.1)$$

где m_1 – масса бюкса с высушенным фильтром и осадком, мг; m_2 – масса бюкса с фильтром, мг; V – объем воды, взятый для анализа, дм³.

Температуру воды определяют в момент взятия пробы с помощью термометра. Температуру природных и сточных вод измеряют там, где позволяют условия, погружая термометр в воду (прямой солнечный свет необходимо затемнить). Если измерение в выпускном устройстве выполнить невозможно, то 1 дм³ воды наливают в бутылку, температура которой предварительно доведена погружением в воду до температуры испытуемой воды. Погружают нижнюю часть термометра в воду и температуру считывают после установления неизменного показания термометра, не вынимая его из воды.

2.2.3. Бактериологические показатели

Микробное число определяют посевом в агаризованную среду. Для этого 1 мл воды вносят в пустую стерильную чашку Петри, куда затем наливают 10-12 мл расплавленного МПА (45° С) и тщательно перемешивают. После застывания агара посева инкубируют при 37° С 24 ч. Из одной пробы воды засевают 3 параллельных чашки и не только на МПА, но и на сусло - агар для выявления роста дрожжей и грибов, в этом случае посева инкубируют 2-3 суток при температуре 24° С. По количеству выросших колоний подсчитывают микробное число.

Измерение удельной электрической проводимости основано на измерении электрического сопротивления раствора, находящегося между двумя платиновыми (платинированными) электродами с поверхностью 1 см², расстояние между которыми равно 1 см. Для измерения электропроводности используют рН-метр-милливольтметр.

Химические показатели

Измерение pH основано на определении разности электрических потенциалов (потенциометрический метод) двух помещенных в анализируемый раствор электродов - индикаторного и электрода сравнения.

Экспериментально *щелочность* определяют титрованием пробы воды кислотой в присутствии кислотно - щелочных индикаторов, меняющих свою окраску при различных значениях pH (фенолфталеин при pH=8,2, метиловый оранжевый при pH=4,4). При титровании легко идентифицировать бикарбонатную гидратную и карбонатную щелочность.

Общую жесткость определяют комплексонометрическим титрованием, согласно ГОСТ 31954-2012. Метод основан на способности комплексона (трилона Б) взаимодействовать с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} с образованием окрашенного комплекса, устойчивого в слабощелочной среде (pH≈10).

Минерализацию определяют по сухому и прокаленному остаткам. Гравиметрический метод определения сухого остатка основан на выпаривании аликвотной части профильтрованной анализируемой пробы воды, высушивании полученного остатка при температуре $(105 \pm 2) ^\circ C$ и его взвешивании. Гравиметрический метод определения прокаленного остатка основан на выпаривании аликвотной части профильтрованной анализируемой пробы воды, прокаливании полученного остатка при температуре $(600 \pm 20) ^\circ C$ и его взвешивании.

Для определения *окисляемости* применяют перманганат калия ($KMnO_4$) или бихромат калия ($K_2Cr_2O_7$), различая соответственно перманганатную и бихроматную окисляемость. Методы определения основаны на окислении органических и неорганических веществ, присутствующих в пробе воды, известным количеством окислителя, в присутствии кислоты при заданной температуре определенное время. Например окислению перманганатом калия, в сернокислой среде при кипячении в течение 10 минут.

Концентрации катионов, анионов определяют титриметрическими методами или атомно-адсорбционным методом или с помощью ион селективных электродов.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. Перечислите органолептические показатели качества воды и приведите их нормы для питьевой воды.
2. Какие химические компоненты влияют на вкусовые свойства воды?
3. В каких единицах выражается прозрачность и мутность воды?
4. Как определяется цветность воды?
5. Перечислите химические показатели качества воды.
6. Как нормируются привкусы и запахи воды количественно?
7. В чем принцип метода определения щелочности воды?
8. В чем принцип метода определения жесткости воды?

ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ ПО ОТРАСЛЯМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ВОДЫ

3.1. Использование воды в промышленности

Для обеспечения всех потребностей промышленности из гидросферы ежегодно забирается порядка 1000 км³ воды. В качестве исходной воды используются в основном поверхностные источники, такие как реки, пруды, озера и т. д. Примерно половина этой воды затрачивается на теплоэлектростанциях для получения пара и охлаждения, а остальная — в других отраслях промышленности. В России в 2019 г. объем водопотребления промышленностью составил 26615,78 млн м³. Значение промышленного водопотребления соответствует 55,3% от общего объема потребления свежей воды в нашей стране.

Со второй половины XX в. началось применение оборотного водоснабжения, что означает многократное использование одной и той же воды, однажды забранной из водоисточника после ее очередной очистки. Поэтому на самом деле промышленность использует гораздо больше воды, чем забирает ее из водоисточников. Так на производственные нужды в 2018 г в России было использовано 29309 млн м³, а объем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения составил 144166 млн м³.

Вода используется в производстве для весьма разнообразных целей (рис.9 и прил. А). В качестве основных категорий производственного водопотребления могут быть названы: использование воды для охлаждения, для промывки, замочки, увлажнения, для парообразования, для гидротранспорта, в составе производимой продукции и т. д.

Исключительно важное значение для многих отраслей промышленности имеет соблюдение требований относительно допустимого содержания в используемой воде различных веществ. Требования эти весьма различны для различных технологических процессов и в количественном и в качественном отношении. Требования к качеству технической воды централизованно не регламентируются, а устанавливаются условиями её использования применительно к конкретным производ-



Рис. 9. Классификация технической воды по целевому назначению

ственным целям. Вода с высокой степенью очистки необходима для резки металла, а также для обслуживания различных электроэрозионных станков.

Промышленность Российской Федерации характеризуется высоким уровнем использования оборотных систем водоснабжения, за счет которого экономия свежей воды составляет 78 %, в том числе на предприятиях черной (93 %) и цветной (91 %) металлургии.

Несмотря на внедрения водооборота серьезной проблемой остаётся очистка сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. Процент нормативно-очищенных сточных вод к объему вод, требующих очистки, в России составляет (по данным 2018 г.) 13,4 % (рис.10).

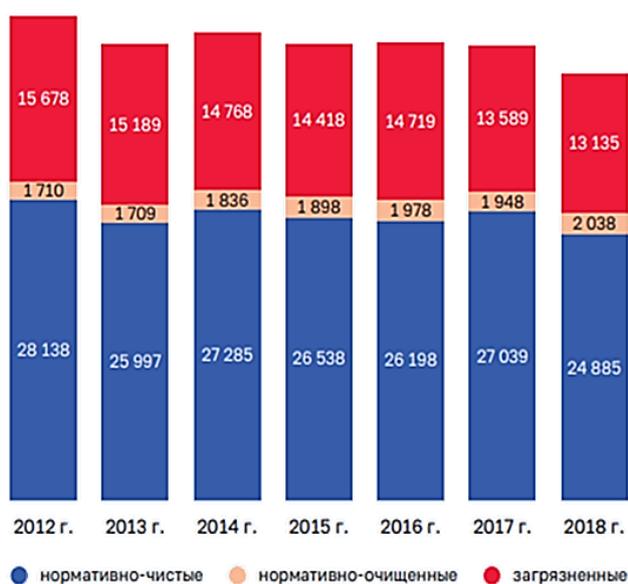


Рис. 10. Динамика сброса сточных вод (млн куб. м) в Российской Федерации

Интересный факт

По данным сводной статистической информации по форме 2-ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды» за период 2018–2019 годов, наибольшие суммарные объемы сброса загрязненных стоков в водоемы приходились на городские агломерации: г. Санкт-Петербург (951,2 млн куб. м), г. Москва (854,6 млн куб. м), г. **Магнитогорск (333,6 млн куб. м)**, г. Владивосток (218,2 млн куб. м), г. Самара (197,8 млн куб. м), г. Братск (185,2 млн куб. м), г. Казань (173,6 млн куб. м), г. Челябинск (149,0 млн куб. м).

В системах водоснабжения США ежегодно происходит разрыв 240 000 водопроводных магистралей, что приводит к потере 1,7 триллиона галлонов воды. В США ежегодно сбрасываются 3-10 млрд галлонов (прил.Б) неочищенных сточных вод. *Symonds G. Using Smart Grid Technologies To Protect Human Health In Water Distribution Systems. – 2014.*

Промышленность продолжает оставаться источником развития процессов, оказывающих отрицательное влияние на состояние гидросферы.

3.2. Использование воды на предприятиях черной металлургии

Чёрная металлургия включает добычу и обогащение руд чёрных металлов, производство чугуна, стали и ферросплавов. Включает предприятия - гиганты отечественной индустрии. Наиболее крупные из них расположены в городах Липецкой, Свердловской, Челябинской, Вологодской областей, Красноярского края.

Чёрная металлургия – один из крупнейших потребителей воды. Её водопотребление составляет 15-20% общего потребления воды промышленными предприятиями страны. Современное металлургическое предприятие на производство 1 т стального проката расходует 180-200 м³ воды.

Суточный оборот воды на отдельных предприятиях достигает 3 млн. м³ и более. Из этого количества около 48% приходится на охлаждение оборудования, 26% - на очистку газов, 12% - обработку и отделку металла, 11% - гидравлическую транспортировку и 3% - на прочие нужды.

В таблице 4 показан расход воды по видам металлургического производства.

Таблица 4

Расход воды по видам металлургического производства

Вид производства	Продукция	Удельный расход воды, м ³ продукции		Доля в общем удельном расходе воды, %
		всего	вт.ч. свежей	
Горнорудное	руда	12	4,5	5,0
Агломерационное	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксохимическое	кокс	12,5	1,0	5,2
Доменное	чугун	60	4,5	25,0
Сталеплавильное	сталь	52	3,5	21,7
Прокатное	прокат	96	5,5	40,0
Всего	сталь	240	20	100

Вода, используемая металлургическими предприятиями, должна иметь определенные качественные характеристики: содержание солей жесткости, температуру, содержание взвешенных частиц, содержание масел и смол, водородный показатель рН.

Например вода, используемая для целей охлаждения, не должна содержать механических примесей и взвешенных частиц во избежание засорения трубок и камер теплообменной аппаратуры. При наличии в исходной воде органических веществ в количествах, вызывающих образование биологических отложений на охлаждаемых поверхностях, ее необходимо подвергать соответствующей обработке. Охлаждающая вода должна содержать минимальное количество солей временной жесткости, чтобы не допускать образования накипи на поверхностях трубопроводов.

Из 100 процентов воды, используемой для охлаждения около 75%, расходуется на охлаждение конструктивных элементов металлургических печей и машин, при котором вода только нагревается и практически не загрязняется. До 20% воды используется на охлаждение оборудования, например прокатных станов, путём непосредственного с ними соприкосновения, а также на транспортирование механических примесей (шлама, окалины) и т.п. При этом вода и нагревается, и загрязняется механическими и растворёнными примесями. Часть воды участвует в процессе мокрого обогащения железорудного сырья. При этом вода не нагревается, но загрязняется также механическими и растворёнными примесями.

При этом вода и нагревается, и загрязняется механическими и растворёнными примесями. Часть воды участвует в процессе мокрого обогащения желе-

зородного сырья. При этом вода не нагревается, но загрязняется также механическими и растворёнными примесями.

Интересный факт

Анализ системы водопотребления 29 зарубежных металлургических заводов, производящих 8 % (или около 111 млн. т) мирового объема стали, выполненный в рамках проекта рационального использования водных ресурсов (Suvio P. et al. Watermanagement for sustainable stee lindustry //Ironmaking&Steelmaking. – 2012. – Т. 39. – №. 4. – С. 263-269.) показал, что потребление воды (потребление: на металлургическом заводе в целом: только забор воды для конкретных технологических процессов: фактическая потребность в воде для этих процессов = забор воды + оборотная вода) на различных металлургических заводах колеблется от 1 до 150 м³ на 1 т выплавленной стали. Структура металлургического предприятия, его географическое расположение и местное законодательство нередко определяют способ потребления, количество и качество потребляемой воды и жидких стоков. Почти 82 % воды используется в системах прямоточного охлаждения.

На долю чёрной металлургии приходится всего 3 % объёма используемой промышленностью РФ свежей воды.

По объёму сброса загрязнённых сточных вод вклад черной металлургии оценивается на уровне 1/14 общего объёма сброса сточных вод этой категории в целом по промышленности РФ. Источники образования сточных вод представлены в таблице 5.

Таблица 5

Источники образования сточных вод металлургического предприятия

Вид производства	Операции
Доменное	Очистка доменного газа; гидравлическая сборка осевшей пыли и просыпи в подбункерном помещении; грануляция доменного шлака и разливка чугуна
Агломерационное и производство окатышей	Очистка газов; сборка просыпи от обжиговых машин и пылевых мешков; мокрая уборка помещений
Коксохимическое	Углеобогащение и пылеулавливание; химические процессы (фенольные сточные воды); тушение кокса
Сталеплавильное	Очистка газов; охлаждение и гидроочистка изложниц и МНЛЗ; при обмывке котлов-утилизаторов
Прокатное	Охлаждение валков, шеек валков и подшипников; смыв и транспортировка окалины; охлаждение вспомогательных механизмов; гидравлическое испытание труб

Вместе со сточными водами сбрасывается значительное количество загрязняющих веществ, в том числе взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, соединения железа и других тяжёлых металлов.

Водопотребление при добыче и переработке полезных ископаемых обычно связано с хозяйственно-бытовыми и коммунальными нуждами, производственными и техническими, а также с пожаротушением. Для этого используют системы водоснабжения, в состав которых входят водозаборные сооружения, насосные станции, станции очистки и подготовки воды, магистральные или разводящие трубопроводы или каналы, резервуары и водонапорные башни, а также вспомогательные сооружения: лаборатории, склады и др. Предприятия используют большое количество воды в процессе обогащения и для пылеподавления.

3.3. Использование воды на предприятиях цветной металлургии

Цветная металлургия — отрасль **металлургии**, которая включает добычу, обогащение руд цветных металлов и выплавку цветных металлов и их сплавов. Предприятия цветной металлургии расположены в основном в Восточной Сибири, на Урале и Кольском полуострове. Ежегодно в цветной металлургии потребляется около 1200 млн м³ свежей воды.

Для производства основных видов продукции, включая все переделы производства (добычу, обогащение руд, металлургию), требуется значительное количество воды.

Сегодня металлы получают пирометаллургическим, гидрометаллургическим и металлотермическим способами. В зависимости от способа получения может преобладать использование воды по определенному назначению. Вода используется как охлаждающая, технологическая и энергетическая.

В отличие от предприятий черной металлургии только 20% всей используемой в отрасли воды расходуется для охлаждения.

Водооборот в среднем по отрасли составляет около 80%.

На пирометаллургических предприятиях цветной металлургии вода используется аналогично таким же предприятиям черной металлургии (см предыдущий параграф). Поэтому остановимся на рассмотрении гидрометаллургического и обогатительного производства.

Гидрометаллургия представляет собой процесс извлечения металлов из исходного сырья при помощи химических реакций в водных растворах. Поэтому вода используется преимущественно как реакционная и транспортирующая среда. Расход воды на единицу продукции относительно большой, но внедрение процессов водооборота, в конечном итоге, обеспечит переход гидрометаллургии на бессточную технологическую систему.

Специфика работы обогатительных фабрик состоит в том, что вода в них используется в качестве реакционной среды, в которой проходят процессы отделения ценных минералов от пустой породы и разделения ценных минералов друг от друга. При обогащении сложных, особенно полиметаллических руд, использование оборотной воды связано с корректировкой ее ионного состава, изменением технологических режимов обогащения - корректировкой реагентных режимов по дозировке и номенклатуре флотореагентов, плотности пульпы.

Сточные воды предприятий загрязнены минеральными веществами, флотореагентами, большинство из которых токсично, солями тяжёлых металлов, мышьяком, ртутью, сурьмой, сульфатами, хлоридами и т.п.

Одной из серьёзных проблем на предприятиях цветной металлургии остаётся утилизация отходов, в том числе «хвостов» обогащения. В хвостохранилищах их накоплено около 350 млн т.

3.4. Использование воды на предприятиях угольной промышленности

К предприятиям угольной промышленности относятся: шахты, обогатительные фабрики и открытые разработки угля. Несмотря на то, что на долю угольной промышленности приходится менее 0,5% объёма свежей воды, используемой промышленностью РФ, по объёму сброса вклад предприятий отрасли в несколько раз больше. Объём использования свежей воды (таблица 6) составляет более 100 млн. м³ в год. За счёт оборотного водоснабжения и повторно-последовательно используемой воды экономия воды производственного назначения составляет около 86%. С целью снижения потребления на производственные нужды чистой воды на разрезах и шахтах широко используется попутно забираемая шахтная вода, при этом доля её в производственном водопотреблении составляет 66,5 %. Наиболее водоёмкими технологическими процессами в отрасли является процесс гидродобычи угля на гидрошахтах и гидромеханизированной вскрыши на разрезах, а также процесс мокрого обогащения угля и сланцев на обогатительных фабриках. В указанных производственных процессах вода используется в качестве технологической и транспортирующей среды. Водоснабжение этих процессов организовано по оборотной схеме, источником пополнения которой являются подземные воды, попутно забираемые при добыче угля.

Попутно забираемая вода используется предприятиями в ряде технологических процессов: пылеподавление, гидротранспорт, заиливание выработанного пространства, гидровскрыша, тушение пожаров, подпитка оборотных систем, гидрозолоудаление в котельных (после предварительной очистки).

Таблица 6

Показатели водопользования в угольной промышленности, млн. м³

Показатель	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Использовано свежей воды, всего	131,8	139,9	122,9	114,0
Объём оборотной и повторно-последовательно используемой воды	554,1	570,1	505,9	530,7
Экономия свежей воды, %	84,4	84	84	86
Сброшено сточных вод в поверхностные водоемы, всего	471,3	517,5	486,2	440,4
в том числе:				
загрязненных	380,4	432,1	394,6	371,5
из них без очистки	96,8	121,8	122,8	114,8
нормативно чистых	41,1	48,8	54,2	38,9
нормативно очищенных	49,8	36,5	37,5	30,0

Предприятия отрасли сбрасывают в поверхностные водоёмы в год в среднем около 400 млн. м³ загрязнённых сточных вод, требующих очистки. В основном это минерализованные, с высоким содержанием железа и взвешенных частиц шахтные воды. Объем сбрасываемых сточных вод при добыче 1 млн.т.угля в среднем составляет 3,22 млн м³.

Сточные воды предприятий угольной промышленности делятся на три группы: 1) шахтные воды; 2) сточные воды углеобогатительных фабрик; 3) сточные воды открытых разработок угля (карьеров, разрезов). Со сточными водами предприятий угольной промышленности в водоёмы поступает большое количество взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов, нефтепродуктов, железа, меди, никеля, алюминия, формальдегидов и т.п.

Основными проблемами угольных бассейнов являются:

- для уральских месторождений - очистка кислых и минерализованных сточных вод;
- для подмосковного бассейна - очистка сточных вод с повышенным содержанием хлоритов и сульфатов;
- для месторождений Дальнего Востока - строительство очистных сооружений для шахтных и карьерных вод, содержащих трудноосаждаемую дисперсионную взвесь, и т.д.

3.5. Общие требования к качеству и свойствам технической воды

Состав и свойства воды, подаваемой для производственных целей, устанавливаются в каждом конкретном случае в зависимости от назначения воды и требований технологического процесса производства с учётом используемых установок, и сырья.

Общими являются следующие требования к качеству и свойствам технической воды:

1. Вода должна быть безвредной для здоровья обслуживающего персонала, коли-индекс не должен быть более 100.

2. Вода, используемая для охлаждения продукта, не должна выделять механических, карбонатных и других солевых отложений свыше допустимой величины. Допустимой величиной ориентировочно можно считать скорость отложения взвесей не более 0,25 г/(м² * ч).

3. Вода не должна вызывать точечной и язвенной коррозии, а также равномерной коррозии металла со скоростью, превышающей 0,09 г/(м² * ч), и разрушения бетона.

4. Вода не должна способствовать развитию биологических обрастаний теплообменных аппаратов и охладителей оборотной воды со скоростью, большей 0,07 г/(м² * ч) по воздушно-сухой массе.

Вода, применяемая на ОФ, должна отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать высокие технико-экономические показатели производственного процесса;

- не обладать сильным коррозионным действием на аппаратуру, трубопроводы и сооружения;
- быть безвредной для обслуживающего персонала.

В зависимости от технологической схемы ОФ требования к используемой воде могут содержать некоторые различия.

Вода для рудопромывочных фабрик не должна содержать взвешенных веществ более 1 г/л (наличие растворимых солей значение не имеет). С повышением температуры воды ход технологического процесса улучшается (особенно в зимнее время).

Вода, подаваемая во флотационный процесс, может содержать взвешенные вещества не более 200 мг/л, при этом она не должна содержать примеси, влияющие на флотационный процесс.

Особенно недопустимо содержание в воде солей тяжелых металлов, нежелательно присутствие в воде гидратов оксида железа, масел, жиров и т.п.

При организации водоснабжения ОФ, в том числе и при использовании воды в обороте, должен быть принят во внимание запах воды.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. Перечислите источники образования сточных вод металлургического предприятия/угольного разреза/обоганительной фабрики.
 2. Какие требования к свойствам технической воды являются общими для всех направлений её использования?
 3. Как классифицируется используемая на производстве вода?
 4. На какие классы подразделяют воду по целевому назначению?
1. Объясните назначение и сущность оборотного водоснабжения.
 2. В чем заключается специфика использования воды на обоганительных фабриках?

ГЛАВА 4. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РФ

Охрана вод представляет собой деятельность людей, направленную на сохранение, восстановление и улучшение природных запасов воды. Обеспечивается это **правовыми, естественнонаучными, техническими и экономическими** средствами.

Охрана вод регулируется законодательством Российской Федерации (РФ) о водных ресурсах и недрах (подземные воды являются как полезными ископаемыми, так и водными объектами), а также рядом правительственных и ведомственных нормативных актов (инструкций, положений, базовых и государственных нормативов). Водное законодательство РФ состоит из Водного кодекса РФ (Федеральный закон от 03.06.2006 №74-ФЗ (с изменениями и дополнениями) и принимаемых в соответствии с ним федеральных законов и иных нормативно-правовых актов РФ и её субъектов, регулирующих водные отношения.

Правовое регулирование в отношении подземных вод помимо Водного кодекса, также основано и на **федеральном законе «О недрах»**. Закон «О недрах» (февраль 1992) регулирует отношения, возникающие в связи с геологическим изучением, использованием и охраной подземных вод как полезного ископаемого.

К правовым актам, содержащим нормы водного права помимо актов законодательства относятся **подзаконные акты**, например, приказы Министерства природных ресурсов РФ. Особо следует отметить приказы МПР РФ от 04.07.2007 N 169 "Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов" и приказ от 26.01.2011 N 17 "Об утверждении Методических указаний по разработке правил использования водохранилищ".

Система правовых норм, регулирующих отношения в сфере взаимодействия общества и природы в целях сохранения, воспроизводства и улучшения окружающей среды, есть **экологическое право**.

Под **источниками** экологического права понимаются формы его внешнего выражения. К ним относятся нормативные акты и нормативные документы. Среди них следует выделить, прежде всего, Конституцию Российской Федерации.

4.1. Основные положения водного законодательства

В водном кодексе РФ под **водами** понимаются водные объекты, т.е. сосредоточение вод на поверхности суши, в формах её рельефа либо в недрах, имеющие границы, объём и черты водного режима (ст. 1 Водного кодекса РФ).

Вода, как химическое вещество, находящееся в окружающей среде, не является объектом правового регулирования.

Совокупность водных объектов в пределах РФ, включенных или подлежащих включению в государственный водный кадастр, образует **водный фонд РФ**, который является **государственной собственностью**.

Водный фонд образуют (п. 6 ст. 1 ВК) :

- поверхностные водные объекты (реки, озёра, водохранилища, каналы, пруды, ледники, снежники);
- подземные водные объекты;
- внутренние морские воды;
- территориальное море РФ.

Водное законодательство, кроме государственной, предусматривает иные формы собственности на водные объекты. В государственной собственности находятся все водные объекты, кроме обособленных, замкнутых водоёмов.

В **муниципальной собственности** находятся обособленные водные объекты (замкнутые водоёмы) для муниципальных нужд. В **частную собственность** могут быть предоставлены обособленные водные объекты (замкнутые водоёмы), расположенные на земельных участках, находящихся в собственности граждан и юридических лиц.

Водные объекты предоставляются в **пользование на определенный срок**: до трёх лет при краткосрочном пользовании или от трёх до двадцати пяти лет – при долгосрочном.

Объем и характер конкретных прав и обязанностей субъектов по отношению к предоставленному в пользование водному объекту определяется видом осуществляемого ими водопользования. Водное законодательство классифицирует водопользование по нескольким основаниям (рис.11).

Использование водных объектов без применения сооружений, технических средств и устройств, влияющих на состояние вод, считается **общим водопользованием**, а с применением таковых – **специальным водопользованием**.



Рис. 11. Виды водопользования

В зависимости от цели использования водных объектов выделяется множество его видов. Их перечень в законе не является исчерпывающим. Особое место среди них занимает питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, которому водное законодательство обеспечивает приоритет.

По условиям предоставления водопользования оно может быть **общим** или **ком-**

плексным, обособленным и особым. Преобладающим является комплексный характер водопользования: один водный объект используется одновременно разными субъектами для разных целей. Особое водопользование осуществляется

для обеспечения потребностей обороны, федеральных энергетических систем и транспорта, а также иных государственных и муниципальных нужд.

Характерным для правового режима вод является **всестороннее регулирование их охраны от различных вредных воздействий**. В содержание правовой охраны вод входит целый ряд мер, направленных на предотвращение их загрязнения, засорения и истощения. Загрязнением или засорением водное законодательство признаёт ухудшение качества вод в результате сброса в водные объекты или поступления в них иным способом вредных веществ (загрязнение) либо предметов или взвешенных частиц (засорение). Истощение вод – устойчивое сокращение их объёма (ст. 1 Водного кодекса РФ).

В целях охраны вод, обеспечения здоровья и безопасности населения устанавливаются нормативы содержания загрязняющих веществ в воде – их **предельно допустимые концентрации (ПДК)**. Сброс сточных вод допускается только при наличии разрешения (лицензии) компетентных государственных органов и при условии соблюдения предусмотренных для предприятий и других источников загрязнения нормативов **предельно допустимых выбросов (ПДВ)**.

Сброс в водные объекты производственных, бытовых и других отходов вообще не разрешается (ст. 96 Водного кодекса РФ).

Для того, чтобы обеспечить выполнение рассмотренных выше экологических требований, законом запрещается проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию и эксплуатация водных объектов без очистных сооружений.

Перспективным направлением охраны вод является внедрение безотходных технологий, в частности применение замкнутых систем технического водоснабжения. Регулирование рационального использования и охраны вод осуществляется также с помощью установления лимитов водопотребления (предельно допустимых объёмов изъятия вод).

Для поддержания благоприятного состояния водных объектов устанавливаются **водоохранные зоны с ограниченным режимом природопользования**.

Водным законодательством предусматриваются также экологические требования, касающиеся охраны водосборов, ледяного покрова водоёмов, производства лесосплава, защиты источников питьевого водоснабжения и т.д.

Нарушение указанных экологических требований влечёт уголовную, административную, гражданско-правовую и другую ответственность.

Административная ответственность предусмотрена ст. 81-8.40 Кодекса РФ об административных правонарушениях, ст. 130 Водного кодекса РФ за загрязнение и засорение вод, самовольное пользование водными объектами, ввод в эксплуатацию производственных объектов без очистных сооружений и другие водные нарушения.

За наиболее общественно опасные деяния в сфере охраны вод может наступить уголовная ответственность по ст. 250, 252 Уголовного кодекса РФ.

Помимо привлечения к уголовной или административной ответственности граждане и юридические лица, причинившие вред водным объектам, обязаны его возместить в соответствии со **специальными методиками исчисления ущерба**, предусмотренными законодательством. При их отсутствии – по фактическим затратам на восстановление водных объектов по общим правилам гражданского

законодательства.

Управление сточными водами горных предприятий осуществляется на основании законодательства РФ в области охраны окружающей среды на основе **отнесения предприятия к соответствующей категории** (Статья 4.2. Категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду) (введена Федеральным законом от 21.07.2014 N 219-ФЗ).

4.2. Программы и стратегии РФ в области охраны гидросферы

Одними из основных целей государственной программы Российской Федерации "Воспроизводство и использование природных ресурсов" являются устойчивое водопользование при сохранении водных экосистем и обеспечение защищенности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.

Поставленные цели должны быть достигнуты путем решения следующих задач: обеспечение безопасности водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений; обеспечение защищенности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.

Предусматривается также решение таких ключевых вопросов, как обеспечение социально-экономических потребностей в водных ресурсах, охрана и восстановление водных объектов, обеспечение безопасности водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, обеспечение защищенности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.

Реализация мероприятий, включенных в программу, предусматривается на период с 2013 по 2024 гг.

В состав государственной программы "Воспроизводство и использование природных ресурсов" включена подпрограмма "Использование водных ресурсов", а также федеральная целевая программа "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг."

Российское правительство 29 мая 2019 года утвердило Распоряжение №1124-р, внесенное Минприроды России во исполнение Указа Президента России от 19 апреля 2017 года №176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

В сфере реализации Программы приоритетами государственной политики субъектов Российской Федерации непосредственно связанными со сточными водами являются:

- обеспечение эффективного использования водных ресурсов в рамках исполнения полномочий субъектов Российской Федерации и переданных полномочий Российской Федерации для удовлетворения потребностей экономики и социальной сферы;
- предотвращение негативного воздействия вод и ликвидация его последствий в отношении водных объектов, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, а также водных объектов, находящихся в федеральной собственности, но полностью расположенных на территории одного субъекта Российской Федерации;

– обеспечение охраны, предотвращения загрязнения, а также экологической реабилитации водных объектов.

4.3. Принципы рационального и комплексного использования водных ресурсов

Рациональное использование и охрана водных ресурсов как составная часть охраны окружающей природной среды представляет собой комплекс мер: *технологических, экономических, биотехнических, административных, правовых, международных, просветительских*, и т.д.

Меры должны быть направлены на рациональное и комплексное использование ресурсов, их сохранение, предупреждение истощения, восстановление природных взаимосвязей, равновесие между деятельностью человека и средой.

Важными принципами рационального использования водных ресурсов являются:

- Профилактика - предотвращение негативных последствий возможного загрязнения и истощения вод,
- Комплексность водоохранных мер - конкретные водоохранные меры должны быть составной частью общей природоохранной программы.
- Повсеместность и территориальная дифференцированность охранных мер.
- Ориентированность на специфические условия, источники и причины загрязнения.
- Научная обоснованность и наличие действенного контроля за эффективностью водоохранных мероприятий.

Организационно-технические мероприятия по рациональному использованию водных ресурсов делятся на две основные группы: мероприятия по совершенствованию техники и технологии производства, влияющие на уровень водопотребления и водоотведения; мероприятия в области совершенствования систем водоснабжения и канализации.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. Какие федеральные законы регулируют основы водопользования?
2. Какие законодательные нормы относительно водных ресурсов регулирует Конституция РФ?
3. Какие законодательные нормы относительно водных ресурсов регулирует Федеральный закон «Об охране окружающей среды»?
4. Какие формы собственности на водные ресурсы регулируются законодательством?
5. Какие цели и способы пользования водных ресурсов выделены в законодательства?
6. Какие меры ответственности предусмотрены за нарушение правил использования и охраны водных ресурсов?
7. Назовите принципы государственного управления использованием и охраны водных ресурсов.

ГЛАВА 5. НОРМИРОВАНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Нормирование водопотребления и водоотведения – установление плановой меры потребления воды и отвода сточных вод. Нормирование может осуществляться с учётом качества потребляемой и отводимой воды и без него только с учётом обеспечения технологических потребностей.

Нормирование водопотребления на единицу продукции необходимо для разработки прогнозов, технико-экономических обоснований и проектирования схем водоснабжения промышленных узлов, экономических и административных районов, а также для составления генеральных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек. Нормирование включает разработку, согласование и утверждение норм на единицу выпускаемой продукции в установленной номенклатуре, а также контроль за их выполнением.

Основная задача нормирования – обеспечение производства технически и экономически обоснованным количеством воды в целях наиболее рационального использования водных ресурсов. Нормирование использования водных ресурсов осуществляется на предприятиях. Нормированию подлежит потребление общего количества воды, необходимой для производства единицы продукции, в том числе воде питьевой и свежей технического качества, оборотной, повторно-последовательно используемой, а также сточных вод, отводимых после очистки.

Нормой водопотребления является установленное количество воды на условную единицу, характерную для данного производства (ГОСТ 17.1.1.01-77). Это целесообразное количество воды, необходимое для производственного процесса, установленное или рекомендованное на основании опыта или научно-технического расчёта. Как правило, это минимально необходимое количество воды требуемого качества для производства единицы продукции (прил. В).

Нормой водоотведения является установленное количество сточных вод на условную единицу, характерную для данного производства. По сути, это среднее количество сточных вод, отводимых от производства в водоём или на рельеф местности при целесообразной норме водопотребления.

Нормирование осуществляется по операциям технологического процесса. Все нормы и нормативы водопотребления разрабатываются с учётом потерь воды на охлаждающих сооружениях (испарение, каплеунос, утечки), в трубопроводах (утечки), потерь на парообразование.

5.1. Классификация норм водопотребления и водоотведения

Нормы водопотребления и водоотведения классифицируются по следующим основным признакам (рис. 12).

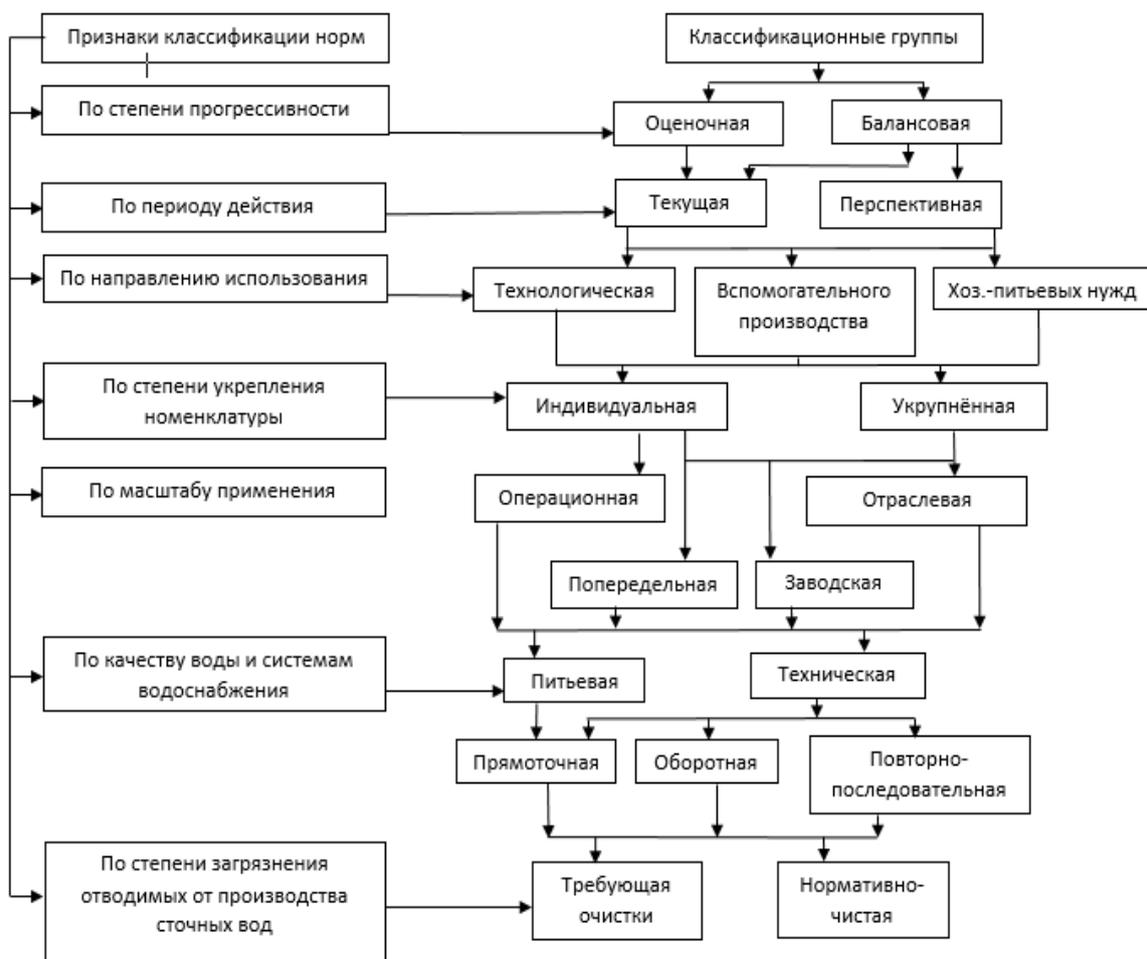


Рис. 12. Классификация норм водопотребления и водоотведения

Операционная технологическая норма водопотребления представляет собой удельный расход на операцию при обеспечении оптимального режима работы агрегата. Расход воды на операцию, отнесенный к количеству выпускаемой продукции.

Агрегатный норматив представляет собой сумму операционных технологических норм.

Цеховая индивидуальная норма определяется на основе нормативов водопотребления агрегатов, принадлежащих к производственному цеху. В эту норму включается доля потребности в воде на вспомогательные и подсобные производства.

Балансовая норма является нормой первого уровня прогрессивности. Она рассчитывается по данным технической и технологической документами, достигнутому уровню эксплуатации производственных агрегатов и их техническому состоянию. Балансовая норма предназначена для определения плановой потребности в воде по предприятиям; установления лимитов отпуска воды и сброса сточных вод по предприятиям; разработки водоохраных мероприятий; контроля за использованием воды и сброса сточных вод на предприятии.

Оценочная норма – норма второго уровня планирования, разрабатывается с учётом опыта эксплуатации лучших предприятий, совершенствования систем водоснабжения и с учётом дебита водохозяйственных объектов. Она предназна-

чена для планирования и оценки хозяйственной деятельности предприятия, стимулирования рационального использования водных ресурсов с учётом водообеспеченности и качества воды в источнике; внедрения водоохраных и водосберегающих технологий; оценки совершенства промышленных объектов по рациональному использованию водных ресурсов.

Индивидуальные нормы рассчитываются на основании данных режима эксплуатации аналогичных систем на предприятии.

В *укрупнённую норму* водопотребления входят все расходы воды на предприятии, как производственные, так и хозяйственно-питьевые. Укрупнённая норма выражается в м³ воды на единицу продукции или исходного сырья. Укрупнённая норма водоотведения включает количество очищенных производственных, бытовых, производственных, не требующих очистки, фильтрационных из прудов-осветлителей, хвостохранилищ и шламонакопителей. Укрупнённые нормы позволяют дать оценку рациональности использования воды на любом действующем предприятии.

Сегодня существующая нормативная база для определения объемов водопотребления предприятия по укрупнённым нормам устарела и не учитывает регенерации и повторного использования сточных вод собственного производства, возможностей ресурсозамещения и ресурсосбережения, однако, заложенные в ней принципы расчета до сих пор актуальны.

5.2. Общий расход воды предприятием на технологические нужды

Среднегодовой расход воды на технологические нужды для предприятия определяют по формуле:

$$Q_{\text{год}} = W \cdot N_{\text{год}}, \quad (5.1)$$

где $Q_{\text{год}}$ – среднегодовой расход воды предприятием, м³/год;

W – объем производства в год (в тоннах, шт);

$N_{\text{год}}$ – среднегодовая укрупнённая нормарасхода воды на единицу продукции или сырья, м³/т, м³/шт.

Расчетный суточный расход воды на технологические нужды предприятия определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = M \cdot N, \quad (5.2)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточный расход, м³/сут.;

M – число единиц продукции при максимальной выработке в сутки, шт;

N – норма водопотребления на единицу продукции, м³/шт.

Если в состав данного предприятия входит ряд самостоятельных цехов (производств), то расходы воды определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = M_1 \cdot N_1 + M_2 \cdot N_2 + \dots + M_n \cdot N_n, \quad (5.3)$$

Где M_n – число единиц продукции при максимальной выработке в цехе n в сутки, шт;

N_n – норма водопотребления на единицу продукции в цехе n , м³/шт.

Максимальный секундный расход на технологические нужды предприятия определяют по формуле:

$$q_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}} \times N}{3,6 \times T} K_{\text{ч}} \quad (5.4)$$

где $q_{\text{макс}}$ – максимальный расход, л/с;

$M_{\text{макс.см}}$ – число единиц продукции или перерабатываемого сырья при максимальной выработке в смену, шт, т;

3,6 – коэффициент перевода м³/ч в л/с;

T – число рабочих часов в смену, час;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности.

Нормы водопотребления для предприятий различных отраслей промышленности

определяются технологическим расчетом.

Удельные расходы воды на производственные нужды составляют для обогатительных фабрик 8-23 м³ на 1 т.руды; агломерационных фабрик 1,1-5,7 м³ на 1т. агломерата.

5.3. Разработка и расчёт индивидуальных норм водопотребления

Потребность в воде на каждую технологическую операцию определяется рядом параметров, учёт которых обеспечивает безаварийную работу технологического оборудования. Среди них такие, как климатические условия места расположения предприятия, состав воды в источнике водоснабжения, тип и режим работы сооружений систем водоснабжения, обеспечение допустимой скорости образования отложений и т.д.

Индивидуальная норма потребления свежей воды $N_{\text{и}}^{\text{св}}$ или оборотной воды $N_{\text{и}}^{\text{об}}$ определяется суммированием норм по направлению расходования воды:

$$N_{\text{и}}^{\text{св}} = N_{\text{и техн}}^{\text{св}} + N_{\text{и всп}}^{\text{св}} + N_{\text{и хоз}}^{\text{св}}; \quad (5.5)$$

$$N_{\text{и}}^{\text{об}} = N_{\text{и техн}}^{\text{об}} + N_{\text{и всп}}^{\text{об}} + N_{\text{и хоз}}^{\text{об}}; \quad (5.6)$$

где $N_{\text{и техн}}^{\text{св}}$ – индивидуальная техническая норма;

$N_{\text{и всп}}^{\text{св}}$ – индивидуальная норма потребления воды вспомогательными и подсобными производствами;

$N_{\text{и хоз}}^{\text{св}}$ – индивидуальная норма потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды.

Нормы по водопотребляющим процессам рассчитываются по следующим формулам:

$$N_{\text{итехн}i} = N_{\text{итехн}i} * V/Q; \quad (5.7)$$

$$N_{\text{ихоз}i} = N_{\text{ихоз}i} * V/Q; \quad (5.8)$$

$$N_{\text{ивсп}i} = N_{\text{ивсп}i} * V/Q; \quad (5.9)$$

где N – $N^{\text{св}}$ или $N^{\text{об}}$;

N – норматив потребления свежей воды или оборотной воды определённого качества в i -м водопотребляющем процессе;

V – объёмный показатель, учитывающий объём водопотребления в данном процессе;

Q – годовой объём производства продукции предприятия.

Индивидуальная норма водоотведения по предприятию $N_{\text{и}}^{\text{ст}}$ определяется суммированием норм водоотведения по направлениям:

$$N_{и}^{ст} = N_{и\text{техн}}^{ст} + N_{и\text{всп}}^{ст} + N_{и\text{хоз}}^{ст}. \quad (5.10)$$

Следует различать два направления развития систем нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты: экологический и технологический. В данной главе представлено нормирование водоотведения по технологическому основанию.

Индивидуальные нормы водоотведения по направлениям рассчитываются по следующим формулам:

– норма водоотведения технологических стоков для недобывающих предприятий

$$N_{и\text{техн}}^{ст} = \sum_i^n N_{и\text{техн}i}^{св} * \gamma_i; \quad (5.11)$$

– норма водоотведения от технологических нужд для горнодобывающих предприятий

$$N_{и\text{техн}}^{ст} = \beta \quad (5.12)$$

– норма водоотведения от вспомогательного производства и хозяйственно-бытовых нужд

$$N_{и\text{всп}}^{ст} = \sum_i^n N_{и\text{всп}i}^{ст} * \gamma_i; \quad N_{и\text{хоз}}^{ст} = \sum_i^n N_{и\text{хоз}i}^{ст} * \gamma_i; \quad (5.13)$$

где γ - норматив водоотведения, отражающий величину водоотведения от объема потребления свежей воды, по отдельному водопотребляющему процессу или группе процессов;

β – удельная величина попутно-добываемых вод, отводимых в водоёмы, м³/тыс.т добычи.

5.4. Расчёт индивидуальных норм водопотребления для технологических процессов мокрого обогащения

Технологические процессы мокрого обогащения организованы, как правило, по оборотной системе водоснабжения, включающей в качестве конечного наружного очистного сооружения шламоотстойник и хвостохранилище.

Норма водопотребления свежей воды учитывает расход воды на восполнение потерь в технологическом процессе делением суммы потребностей в воде, компенсирующих все виды потерь, на объём переработки. К потерям в технологическом процессе относятся: потери с продуктами обогащения, потери при испарении с водной поверхности (зеркала) отстойников, потери при фильтрации через ограждение (дамбы) хвостохранилища.

Расчёт потребности в свежей воде, компенсирующей потери влаги с продуктами обогащения $\Pi_{пр}$, тыс.м³, производится по формуле

$$\Pi_{пр} = \frac{\sum_i^n (Q^J w^J - Q^C w^C)}{100}, \quad (4.14)$$

где w^C, w^J – влажность исходного сырья и продуктов обогащения, %;

Q^C, Q^J – масса исходного сырья, поступившего на обогащение, и продуктов, а также отходов обогащения, тыс. т;

J – виды продуктов и отходов обогащения.

Расчёт потребности в свежей воде, компенсирующей потери влаги на испарение $\Pi_{\text{исп}}$, тыс. м, производится по формуле

$$\Pi_{\text{исп}} = kS, (4.15)$$

где k – удельная среднегодовая величина испарения с водной поверхности в данной климатической зоне, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$;

S – суммарная площадь поверхности наружных отстойников, хвостохранилища, прудов-накопителей и т.д., м^2 .

Расчёт потребности в свежей воде, компенсирующей потери влаги на фильтрацию $\Pi_{\text{ф}}$, производится по формуле

$$\Pi_{\text{ф}} = C(S_{\text{л}} + S_{\text{с}}), (4.16)$$

где C – средняя скорость фильтрации в зависимости от характеристики пород ложа и стенок хвостохранилища, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}$ в год;

$S_{\text{л}}, S_{\text{с}}$ – площадь ложа и стенок хвостохранилища, м^2 .

Расчёт объёма оборотной воды $W_{\text{техн}}^{\text{об}}, \text{м}^3$, рекомендуется производить исходя из баланса технологической воды на фабрике по следующей формуле:

$$W_{\text{техн}}^{\text{об}} = Q_{\text{р}} \left(\sum_1^n W_i d_i \right) - W^{\text{св}}, (5.17)$$

где $1 \dots n$ – виды методов обогащения, применяемые на фабрике;

$Q_{\text{р}}$ – объём сырья, поступившего на обогащение, тыс. т;

W_i – удельный расход технологической воды на тонну обогащаемого сырья, $\frac{\text{м}^3}{\text{т}}$;

$W^{\text{св}}$ – потребность в свежей воде, компенсирующая потери в технологическом процессе;

d_i – удельный вес i -го метода обогащения, выраженный в долях единицы.

При мокром обогащении в соответствии с требованиями к качеству вод следует нормировать воду техническую, попутно-забираемую из шахт и разрезов или из других источников.

Нормативы и объёмные показатели для расчётов принимаются по справочной литературе, берутся из отчётных производственных документов (табл. 7).

Таблица 7

Источники информации, необходимые для расчёта потерь влаги на испарение и фильтрацию

Параметр		Источник	Пример
Расчетная величина среднегодового испарения с 1 м^2 водной поверхности	k	Справочник по климату страны	Для Челябинской области – $0,30 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в год; Карагандинский угольный бассейн – $0,71 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в год;
Среднегодовая скорость фильтрации с 1 м^2 земляных отстойников	C	Справочники по гидрологии, исследовательские отчёты	Для водонепроницаемых пород (глины, суглинки) в ложе отстойника среднегодовая скорость фильтрации

Параметр		Источник	Пример
			- 0,5 м ³ /м ² в год;
Площадь наружных отстойников и хвостохранилищ. Площадь их водной поверхности (зеркал)	$S_L + S_C$	Паспорт обогатительной фабрики	Суммарная площадь земельных отстойников – 125 тыс. м ²
	S		Суммарная площадь зеркала отстойников – 110 тыс. м ²

Если величина безвозвратных потерь составляет 100 % потребности в свежей воде, то водоотведение отсутствует.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

Тестовые задания

1. Количество воды, расходуемое данным потребителем за определенный период времени или количество воды, необходимое для производства единицы продукции – это:

1. расчетный расход воды
2. норма водопотребления
3. фактический расход воды

2. По какой формуле рассчитывается потребность в свежей воде, компенсирующей потерю воды с продуктом?

1. $P_{исп} = kS$
2. $P_{ф} = C(S_L + S_C)$
3. $P_{пр} = \frac{\sum_i^n (Q^J w^J - Q^C w^C)}{100}$

3. Нормой водоотведения является:

1. расход воды на операцию, отнесенный к количеству выпускаемой продукции
2. установленное количество сточных вод на условную единицу, характерную для данного производства
3. максимальное фактическое количество сточных вод, образующееся в результате производства единицы продукции

4. Удельный расход на операцию при обеспечении оптимального режима работы агрегат – это:

1. агрегатный норматив
2. операционная технологическая норма
3. цеховая индивидуальная норма
4. балансовая норма

5. Максимальный секундный расход на технологические нужды предприятия определяют по формуле:

$$1. q_{\text{макс}} = W \cdot N_{\text{год}}$$

$$2. q_{\text{макс}} = M \cdot N$$

$$3. q_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}} \times N}{3,6 \times T} K_{\text{ч}}$$

ГЛАВА 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В составе инженерных коммуникаций каждого промышленного предприятия имеется комплекс сетей и сооружений, обеспечивающих водопотребление свежей технической и питьевой воды.

Вопрос водоснабжения решается комплексно, т.е. с учётом всех потребителей данного района: обогатительной фабрики, рудника, завода, рабочего посёлка, энергетических установок, железнодорожного транспорта и т.д. и с учётом возможного повторного использования воды и применения оборотного водоснабжения на обогатительной фабрике и в других производственных процессах данного предприятия или смежного с ним.

6.1. Общие сведения о водоснабжении промышленных предприятий

На промышленных предприятиях для технологических целей используется промышленная вода, а для обеспечения обслуживающего персонала – специально подготовленная вода (хоз-питьевая). Система водоснабжения состоит из сооружений для забора воды из источника, ее транспортирования, обработки, хранения и регулирования подачи.

В зависимости от источника питания водой объекта они подразделяются на системы, забирающие воду из поверхностных источников и из подземных. К поверхностным источникам относятся реки, озера, моря, каналы, водохранилища и т.д. Подземные воды могут быть шахтными или грунтовыми. Шахтные воды поступают от откачивающих устройств из шахт или других горных выработок. Грунтовые воды делятся на безнапорные (находящиеся под атмосферным давлением) и напорные или артезианские (находящиеся под давлением). По способу подачи воды потребителям системы бывают напорными и безнапорными. Возможна комбинация этих систем подачи воды.

В зависимости от источника водоснабжения предприятия промышленная вода может называться: свежей – вода, подаваемая из естественного водоисточника; повторной – вода, подаваемая на фабрику после использования её на других предприятиях или в быту; оборотной – вода стоков обогатительной фабрики или отдельных узлов её схемы, которая после кондиционирования возвращается на фабрику.

Вода из поверхностных и безнапорных грунтовых вод подаётся принудительно в резервуары ОФ. Напорные воды могут подаваться самотёком. В том или другом случаях важным критерием выбора источников воды являются экономические соображения, поскольку при прямоточном водоснабжении вся вода сбрасывается без повторного использования, и стоимость её должна удовлетворять требованиям рентабельности предприятия.

Основная задача водоснабжения любого предприятия (в т.ч. обогатительных фабрик) – *беспрерывная и равномерная подача необходимого количества воды требуемого качества*. Правильно организованное водоснабжение имеет большое значение для нормальной работы горнорудного предприятия в

целом и обогатительной фабрики в частности.

Освоение месторождения очень часто зависит от наличия воды в районе будущего рудника, а выбор местоположения обогатительной фабрики – от источника водоснабжения.

Водоснабжение осуществляется четырьмя сетями: 1) оборотной охлаждающей воды; 2) технической свежей (не всегда); 3) оборотной загрязненной воды; 4) хозяйственно-противопожарной воды.

6.2. Использование воды на промышленных предприятиях

Как было показано в главе 2, вода на промышленных предприятиях используется, как правило, для вспомогательных целей и в состав продукции входит лишь в некоторых технологических процессах и сравнительно в небольших количествах.

Соответственно назначению воду в системах производственного водоснабжения можно разделить на четыре категории:

- вода I категории используется для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах без соприкосновения с продуктом; вода нагревается и практически не загрязняется; могут наблюдаться лишь аварийные утечки жидких и газообразных продуктов в воду при неисправных теплообменных аппаратах, загрязняющие её;
- вода II категории служит в качестве среды, поглощающей различные нерастворимые (механические) и растворённые примеси; вода не нагревается (обогащение полезных ископаемых, гидротранспорт), но загрязняется механическими и растворёнными примесями;
- вода III категории используется так же, как и вода II категории, но с нагревом (улавливание и очистка газов в скрубберах, гашение кокса и т.п.);
- вода IV категории служит в качестве экстрагента и растворителя реагентов (например, при флотационном обогащении природных ископаемых) и др.

На рудообогатительных фабриках вода расходуется непосредственно в технологическом процессе, на обеспыливание для создания нормальных условий труда, а также на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды.

В технологическом процессе вода расходуется на промывку руды и нерудных ископаемых, на приготовление растворов флотационных реагентов и пульпы. Вода здесь служит средой для поглощения и транспортирования хвостов (шламов). Водой охлаждаются подшипники дробилок, сушильных вращающихся печей, шаровых мельниц и др.

Свежая техническая вода расходуется на приготовление растворов флотореагентов и на восполнение потерь в оборотном цикле. При этом вода, подаваемая из источника на восполнение потерь оборотной воды, может предварительно использоваться для охлаждения оборудования.

Вода питьевого качества расходуется только на хозяйственно-противопожарные нужды, а также на нужды котельной, обеспыливание и приготовление растворов флотореагентов в том случае, когда техническая вода имеет высокую жесткость или содержит загрязнения.

6.3. Схемы водоснабжения промышленных предприятий

В зависимости от технологического процесса, резервов воды и санитарно-технических требований водоснабжение производственных предприятий (ПП) осуществляется по различным схемам: прямоточной; с повторным использованием воды; оборотной; комбинированной.

Рассмотрим особенности каждой из этих систем обеспечения ПП водой.

Прямоточное водоснабжение

Эта схема предусматривает непосредственный забор воды из источника с однократным использованием её в процессе и последующим сбросом в открытый водоём или на рельеф местности (рис. 13). Источником водоснабжения могут быть подземные и поверхностные воды.

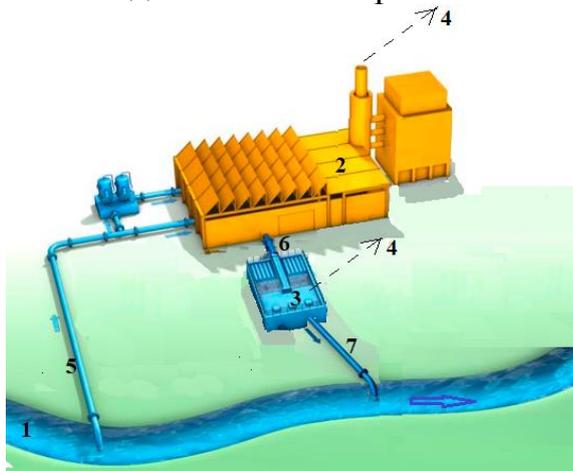


Рис. 13. Прямоточная схема водоснабжения:

- 1 – источник водоснабжения;
- 2 – промышленное предприятие;
- 3 – очистные сооружения;
- 4 – потери воды;
- 5 – вода свежая, чистая;
- 6 – сточная вода, загрязнённая;
- 7 – очищенная вода (сток).

При прямоточной схеме водоснабжения возможна организация специальной подготовки воды перед поступлением её в технологический процесс. Водоподготовка осуществляется в тех случаях, когда необходимо очистить воду от примесей, снизить её жёсткость или подогреть. Для этого предусматривается строительство цеха водоподготовки, что удорожает стоимость воды. При отсутствии близлежащих источников воды требуемого качества может быть осуществлена транспортировка её достаточно удалённых мест, что связано с дополнительными расходами.

При прямоточном водоснабжении вся используемая вода направляется на очистные сооружения. Стоки должны подвергаться очистке до санитарных или рыбохозяйственных норм, а затем сбрасываться в поверхностные водоёмы. Прямоточные схемы водоснабжения являются наименее рациональными с точки зрения сохранения водных источников от загрязнения. К тому же, в случае глубокой очистки сточных вод до санитарных и рыбохозяйственных норм, эти схемы оказываются дорогостоящими.

Водоснабжение с повторным использованием воды

При повторном использовании воды (рис. 14) предусматривается однократное (или многократное) потребление очищенных или неочищенных стоков одного предприятия (цеха) или передела в водоснабжение другого предприятия

(цеха, передела). После чего их направляют на очистные сооружения или в хвостохранилище, затем в водоём или на рельеф местности.

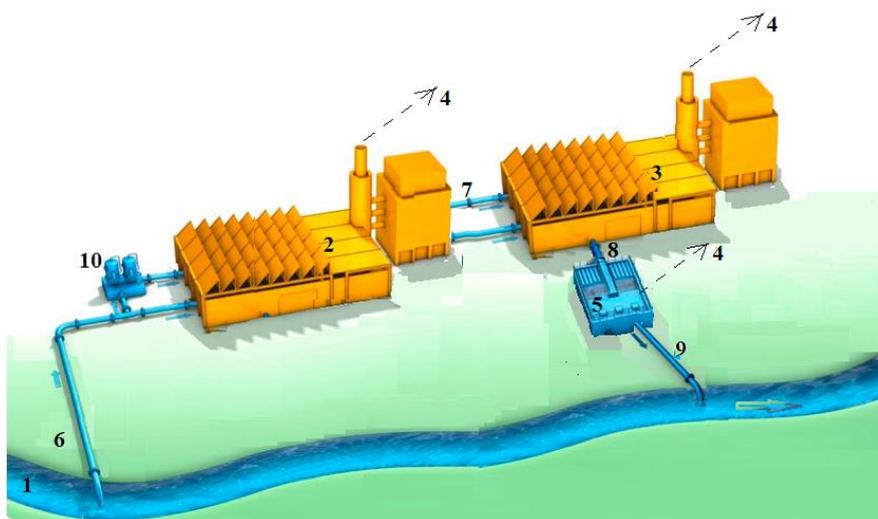


Рис. 14. Схема водоснабжения с повторным использованием воды:

- 1 – источник водоснабжения;
- 2 – первое предприятие (или населённый пункт);
- 3 – промышленное предприятие;
- 4 – потери воды;
- 5 – сооружения очистки сточных вод;
- 6 – вода свежая, чистая;
- 7 – сточная вода, используемая повторно;
- 8 – сточная вода, загрязнённая;
- 9 – очищенная вода (сток);
- 10 – водоподготовка (при необходимости).

При этом достигается экономия свежей воды на промышленные нужды, но не гарантируется охрана окружающей природы от загрязнения промышленными стоками, если не принимаются специальные меры по очистке стоков.

Если состав повторно используемой воды не отвечает требованиям технологического процесса, необходимо проводить специальную операцию водоподготовки перед её использованием.

Повторное использование воды может быть организовано и внутрифабрики. В этом случае сточные воды одной операции, могут использоваться для водоснабжения другой операции.

Оборотное водоснабжение

Потери воды с продуктами, выводимыми из технологического процесса, потери от испарения с зеркал отстойников, от фильтрации через ложе гидротехнических сооружений восполняются свежей водой. При оборотном водоснабжении (рис.15) предусматривается постоянное полное или частичное использование стоков, что даёт не только экономию свежей воды, но и снижает количество сбрасываемых вод, а при полном водообороте гарантирует охрану окружающей среды от загрязнения её сточными водами.

Водооборот может быть полным и частичным. *Полный водооборот* характеризуется использованием всех стоков предприятия без их сброса. В схеме ча-

стичного водооборота часть стоков используется без очистки или с очисткой. Остальная часть после очистки до санитарных и рыбохозяйственных норм сбрасывается. Естественные потери в процессе производства и недостающая часть восполняются свежей водой. Соотношение оборотной и свежей воды может быть различным.

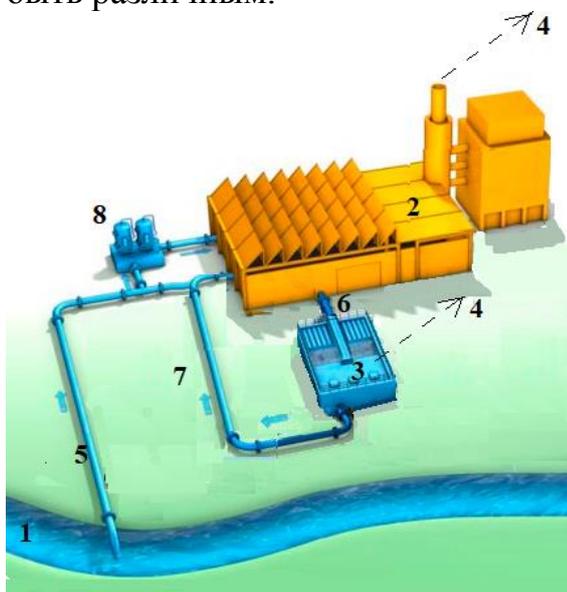


Рис. 15. Схема оборотного водоснабжения:

- 1 – источник водоснабжения;
- 2 – фабрика;
- 3 – сооружения очистки сточных вод (м.б. хвостохранилище);
- 4 – потери воды;
- 5 – вода свежая, чистая (подпитка);
- 6 – сточная вода, загрязнённая;
- 7 – очищенная вода (вода в оборот);
- 8 – сооружения водоподготовки (при необходимости).

Важным направлением исследовательских и проектных работ является разработка эффективной схемы водооборота.

Разные схемы водоснабжения применяются и на обогатительных фабриках, но в настоящее время преимущество отдается оборотному водоснабжению.

6.4. Схемы оборотного водоснабжения обогатительных фабрик

Возможны различные варианты организации оборотного водоснабжения обогатительных фабрик. *Схема оборотного водоснабжения зависит от типа руды и принятой технологии обогащения.* Водооборот может быть **поцикловым, поцеховым и общим.**

Рассмотрим применение **поциклового водооборота.** Для руд с двумя или более полезными компонентами возможны различные комбинации прямой селективной или коллективно-селективной схем флотации. При прямой селективной схеме каждый полезный компонент выделяется последовательно из руды в отдельном цикле флотации. По коллективно-селективной схеме все полезные компоненты извлекаются в коллективный концентрат в цикле коллективной флотации и затем коллективный продукт разделяется на отдельные компоненты с получением одноимённых концентратов. В этих схемах по наименованию концентрата различают соответствующие циклы (цикл свинцовой флотации, медной и т.д.). В таких схемах желателен возврат воды после обезвоживания концентрата, полученного в определенном цикле в этот же цикл.

Преимуществом поциклового оборотного водоснабжения является то, что повторно используемые стоки содержат практически только те примеси, которые характерны для данного цикла обогащения. То есть возможно повторное

использование полезных компонентов. Кроме того, в процессе кондиционирования требуется корректировка только некоторых параметров оборотной воды. Поцикловой водооборот является внутренним. Вода данного цикла полностью возвращается в этот же цикл, а стоки хвостохранилища используются, как правило, в последнем цикле обогащения. Схема поциклового водооборота на ОФ зависит от перерабатываемой руды и применяемой технологической схемы – обогащения, а для фабрик, перерабатывающих руды флотационным методом, от ассортимента и количества вводимых в процесс флотационных реагентов.

На рисунке 16 представлена схема поциклового водооборота при обогащении по схеме прямой селективной флотации. При флотации первого компонента сливы сгустителя и фильтрат без очистки или с очисткой и воды хвостов первого цикла возвращаются в голову этого же цикла (в измельчение). Воды второго цикла обогащения формируются также за счёт фильтрата и сливов сгустителей этого цикла (с очисткой или без очистки) и слива сгущения хвостов второго цикла.

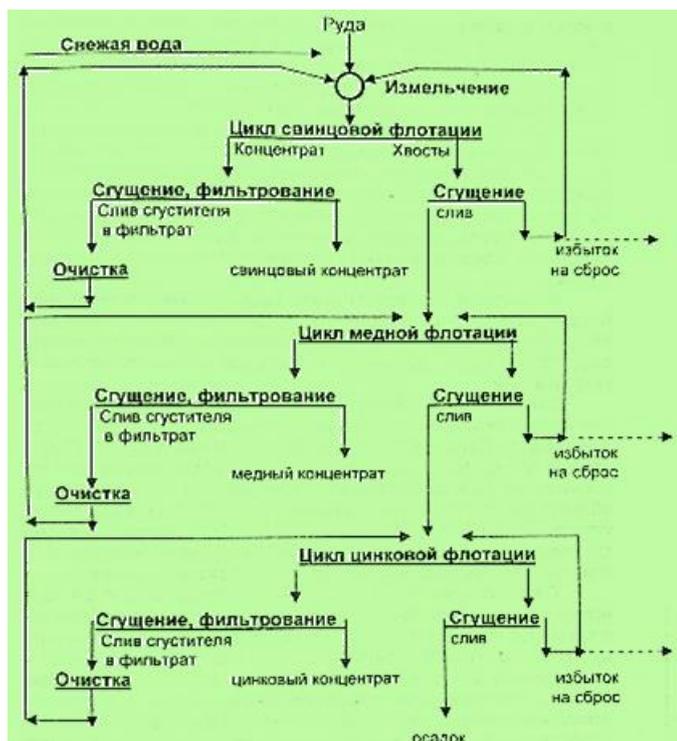


Рис. 16. Схема поциклового водооборота при прямой селективной флотации

В последний цикл флотации, наряду со сливами и фильтратами этого цикла, поступает слив хвостохранилища (или промежуточного сгустительного устройства). Слив хвостохранилища может подаваться на измельчение, а также частично сбрасывается. При переработке полиметаллических руд по схеме прямой селективной флотации допускается поцикловой селективный оборот с разделением хвостохранилища на отдельные отсеки.

При коллективно-селективной схеме флотации в первом цикле (например, медно-свинцовой флотации) используются сливы сгустителей (например, медного и свинцового концентратов), фильтраты и сливы сгустителей хвостов коллективной флотации. Во втором цикле (например, цинковой флотации) используются сливы сгустителя цинкового концентрата, фильтрат и слив хвостохранилища. Здесь также может предусматриваться локальная очистка вод. При переработке полиметаллических руд по схеме коллективной флотации основное количество воды может быть возвращено в процесс из коллективного цикла. В циклах селекции следует применять поцикловой оборот с добавкой свежей воды. Иногда в цикле селекции применяют только свежую воду.

Недостатком поцикловой схемы водооборота является то, что в результате многократного оборота происходит накопление в оборотной воде неразлагающихся реагентов (реагентов, индифферентных к очистке), что является недостатком данной схемы. В некоторых случаях это может привести к нарушению технологического процесса. Поэтому в таких случаях предусматриваются локальная очистка вод или сброс части засоленных растворов с заменой их на менее концентрированные.

Поцикловой водооборот может быть полным или частичным. В последнем случае часть стоков после очистки до санитарных или рыбохозяйственных норм сбрасываются в естественные водоёмы. Потери воды восполняются, как и при полном водообороте, свежей водой.

Использование замкнутого водооборота на полиметаллических обогатительных фабриках при использовании цианидной технологии так же требует применения поциклового водооборота. Это связано как с необходимостью снижения расхода реагентов, так и с необходимостью уменьшения экологических последствий.

Схема **поцехового водооборота** предусматривает объединение стоков нескольких циклов или переделов и их обработку по одной схеме. Предполагается, что объединяемые продукты близки по своему составу, а очищенная оборотная вода пригодна для использования во всех переделах. Преимущества поцехового водооборота заключаются в его большей устойчивости и возможности использования более производительного оборудования. Недостаток схемы – усреднение концентрации примесей и невозможность повторного использования содержащихся в стоках реагентов.

Схема **общего водооборота** была рассмотрена в п. 6.3. Она используется весьма часто. При этом в очистные сооружения направляются стоки (отходы) как смежных, так и не связанных между собой производств. Положительные стороны такой схемы – значительное снижение общего и частного соленакопления, применение синергических процессов взаимоочистки, возможность использования более производительного оборудования.

Основные недостатки – усложнение ионного состава и снижение концентраций отдельных компонентов. Полный водооборот может быть организован по схеме: ОФ - хвостохранилище – ОФ. Здесь все стоки фабрики с предварительной очисткой наиболее загрязнённых вод (например, сливов сгустителей) или без очистки сбрасываются в хвостохранилища после отстоя также без очистки или с очисткой возвращается в технологический процесс обогащения. Полный водооборот допускается при переработке монометаллических руд. В схеме *частичного водооборота* только часть потребности фабрики покрывается оборотной водой, остальная часть – свежей. Соотношение определяется технологическими показателями обогатительного передела и технико-экономическими расчётами в целом по фабрике. Если в процессах используют реагенты, присутствие которых недопустимо в цикле основной флотации, то оборотную воду применяют только в основной и контрольной флотации, а в остальном – свежую воду.

Наиболее перспективным являются схемы *общего водооборота со ступенчатой водоочисткой*. Построение таких схем предусматривает:

- организацию ступеней очистки стоков после отдельных циклов и переделов;
- объединение частично очищенных сливов для совместной очистки;
- доочистку отдельных потоков общего слива в соответствии с требованием того технологического процесса, в который каждый поток направляется.

Схемы общего водооборота со ступенчатой водоочисткой применяют для производств, характеризующихся значительным количеством различных переделов и находящихся вблизи предприятий аналогичного или иного профиля.

Ступенчатая водоочистка обеспечивает возможность эффективной утилизации извлекаемых ценных компонентов путём их направления в предшествующие технологические операции или переработки в отдельном цикле. Объединение частично очищенных стоков позволяет использовать эффекты взаимочистки и резко снижает эффект соленакопления, наблюдаемый при поцевом и поцикловом водооборотах.

Нужно отметить, что схемой водоснабжения производства предопределяется и количество сточных вод, сбрасываемых в водоёмы. Оно зависит в основном от количества очищенных стоков, используемых в системах оборотного водоснабжения на данном предприятии.

Оборотное водоснабжение на обогатительных фабриках решает следующие задачи:

- экономия свежей воды из природных источников;
- защита водоемов от загрязнений;
- снижение потерь ценных компонентов со сточными водами;
- совершенствование систем оборотного водоснабжения;
- применение внутризаводского водооборота со сгущением хвостов;
- применение систем глубокого обезвоживания хвостов со складированием хвостов в сухом виде.

Принципиальные схемы организации водооборота обогатительных фабрик представлены на рисунке 18.

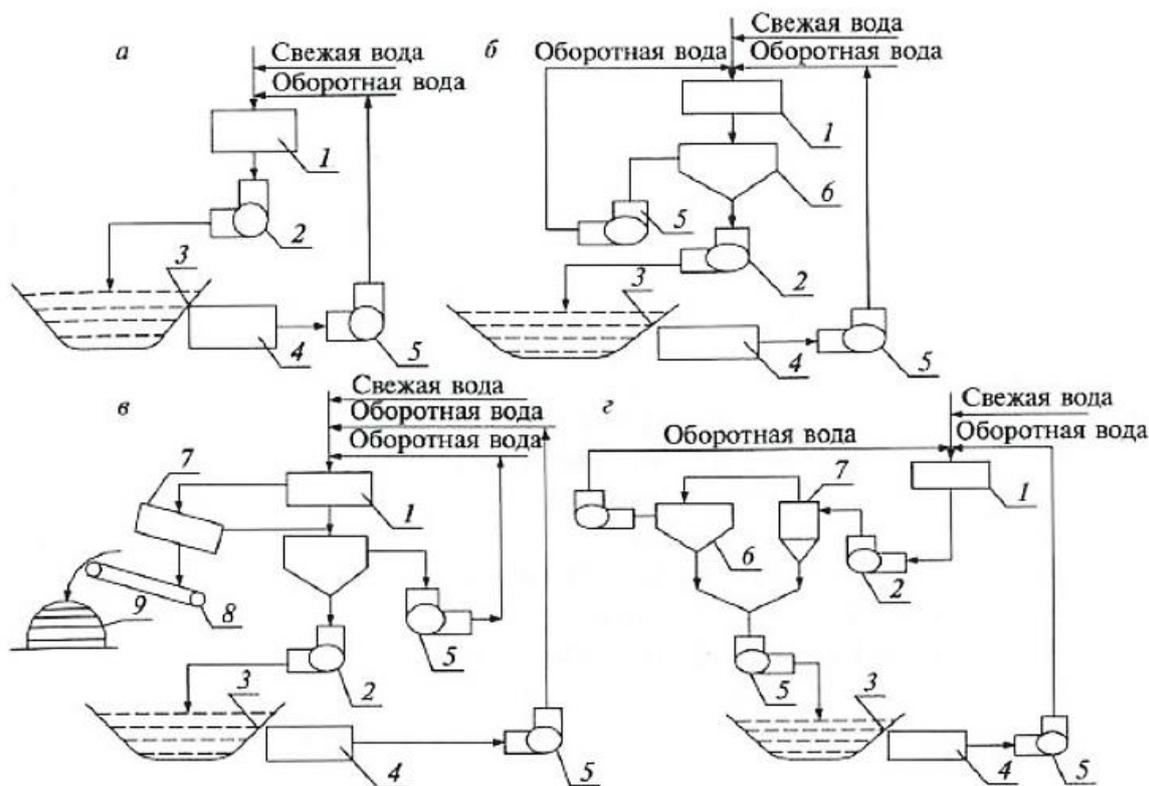


Рис. 18. Принципиальные схемы организации оборотного водоснабжения на обогатительных фабриках

На ОФ применяются следующие схемы оборотного водоснабжения (рис. 1.3):

1. через хвостохранилище. Имеет наибольшее распространение. Использованная вода с хвостами обогащения в виде хвостовой пульпы подается грунтовыми насосами 2 в хвостохранилище 3. Осветленная вода из хвостохранилища, пройдя водоподготовку 4 или без неё, насосами станции оборотного водоснабжения 5 снова подается на ОФ (рис. 1.3 а);

2. через сгустители. В хвостохранилище поступает не вся пульпа обогатительной фабрики, а только сгущенные хвосты. Осветленная в сгустителе 6 вода подается в систему оборотного водоснабжения насосами 5 (рис. 1.3 б);

3. через сгустители с подачей части хвостов на сухое складирование. Схема предусматривает классификацию хвостов 1-ой стадии ММС в спиральных классификаторах с последующей подачей их на обезвоживающую установку 7, а затем ленточным конвейером 8 на склад сухих хвостов 9. В остальном схема аналогична рис.3.1 б. (рис. 1.3 в);

4. через гидроциклоны и сгустители. Предварительная классификация хвостов в гидроциклоне 10. Слив г/ц подается в сгуститель 6. Слив сгустителя используется в качестве оборотной воды, а сгущенные хвосты из сгустителя и пески г/ц грунтовыми насосами 2 подаются в хвостохранилище (рис. 1.3 г);

5. через сгустители «пастового» сгущения;

6. через сгустители и фильтры.

6.5. Показатели рациональности использования воды на предприятии в условиях водооборота

Эффективность использования воды на промышленном предприятии оценивается тремя показателями:

1. Техническое совершенство системы водоснабжения оценивается количеством используемой оборотной воды в процентах

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_c} \cdot 100, (5.1)$$

где $Q_{об}$, $Q_{ист}$, Q_c – соответственно количество воды, используемой оборотной, забираемой из источника свежей и поступающей с сырьём.

При этом чем ближе $P_{об}$ к 100%, тем совершеннее система. Среднее значение $P_{об}$ в промышленности страны составляет 71%. На предприятиях горно-обогатительного комплекса этот показатель варьируется в широких пределах от 5 до 85% (табл. 8).

Таблица 8

Потребление свежей воды и сброс сточных вод обогатительных фабрик,
млн м³/год

Подотрасль	Водопотребление				Сброс сточных вод
	Всего	В том числе воды			
		свежей	оборотной	повторной	
Полиметаллическая	137,8	60,0	19,3	58,5	94,3
Вольфрамомолибденовая	106,9	69,7	21,2	16,0	70,9
Медная	362,1	52,6	233,0	76,5	43,3
Кобальтоникелевая	107,3	27,3	67,9	12,1	36,9
Редкометаллическая	214,6	27,0	170,7	16,9	31,3
Золотоизвлекательная	45,7	22,4	17,1	6,2	13,1
Сурьмяно-ртутная	1,9	0,8	0,4	0,7	1,0
Плавикошпатовая	16,8	2,6	12,1	2,1	1,3
Оловянная	62,7	3,7	54,7	4,3	1,0

2. Рациональность использования воды, забираемой из источника, оценивается коэффициентом использования

$$K_{и} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c} \leq 1, (5.2)$$

где $Q_{сбр}$ – количество сбрасываемых вод.

K – должен быть как можно ближе к 1.

3. Потери воды определяются в процентах по формуле

$$P_{пот} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c + Q_{посл} + Q_{об}} \cdot 100, (5.3)$$

где $Q_{посл}$ – количество воды, используемой в производстве последовательно.

В среднем безвозвратные потери для промышленности страны составляют 2 – 5%.

Для систем водообеспечения промышленных предприятий рекомендуется составлять баланс воды. Он должен включать потери на сбросы и необходимое добавление компенсирующих расходов воды в систему. Нужно учитывать, что поступление воды в систему осуществляется не только из источников водоснабжения и после повторного её использования, но также с исходным сырьём и полуфабрикатами, со вспомогательными веществами (топливо, реагенты), с атмосферными осадками, в виде шахтного или рудничного водоотлива, а также подземной (дренажной), инфильтрационной воды.

Для расчёта систем водоснабжения и водоотведения необходимо составлять графики притока сточных вод, а также графические схемы водного баланса по каждому потребителю воды на территории промышленного предприятия (рис. 19). В них указывается количество воды, подаваемой каждому потребителю (аппарату, цеху, корпусу и т.д.), сбрасываемой каждым потребителем, теряемой безвозвратно. В схеме, кроме того, указывается направление движения воды; виды отводящих и подводящих коммуникаций или категории транспортируемой по коммуникациям воды; расположение потребителей воды, сооружений по охлаждению воды и очистке и т.д. Такие схемы составляются либо в абсолютных количествах циркулирующих вод за единицу времени ($\text{м}^3/\text{ч}$; $\text{м}^3/\text{сут}$), либо в удельных расходах на единицу продукции или перерабатываемого сырья ($\text{м}^3/\text{т}$).

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. Как соотносится водопотребление свежей и оборотной воды в медной и золотоизвлекательной подотрослях промышленности?
2. Как оценивается техническое совершенство системы водоснабжения?
3. Каким образом организуется обратное водоснабжение на обогатительных фабриках?
4. В каких случаях более целесообразно применение поцевового/ поциклового/ общего водооборота?
5. Как организован поцевовой/ поцикловой/ общий водооборот?
6. Из чего состоит система водоснабжения предприятия?
7. На какие категории соответственно назначению в системах производственного водообеспечения делится вода?

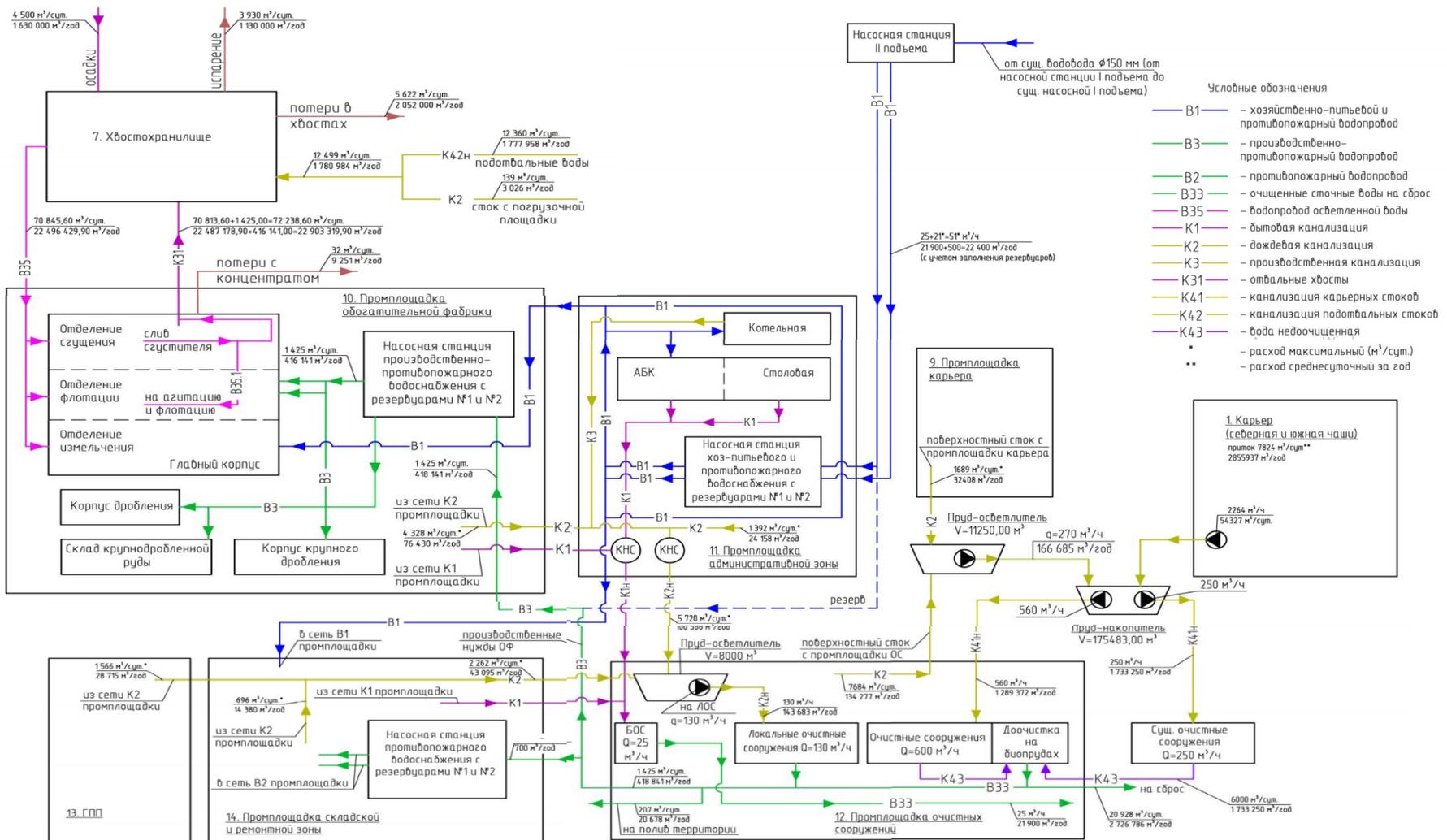


Рис. 19. Балансовая схема водопотребления водоотведения горно-перерабатывающего предприятия

ГЛАВА 7. СТОКООБРАЗОВАНИЕ И СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД

Качество сточных вод, образующихся на предприятиях, и концентрация в них загрязняющих веществ определяется многими факторами: отраслью промышленного производства и видом исходного сырья; режимом технологических процессов, возможностью утилизации отходов производства, удельным расходом на единицу продукции. В составе инженерных коммуникаций каждого промышленного предприятия имеется комплекс канализационных сетей и сооружений, с помощью которых осуществляется отведение с территории предприятия отработанных вод, а также сооружений по предварительной обработке сточных вод и извлечению из них ценных веществ и примесей.

7.1. Общие сведения о сточных водах

Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, по своему составу могут быть разделены на три вида:

- 1) *производственные* - использованные в технологическом процессе производства или получающиеся при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руд и т. п.);
- 2) *бытовые* - от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющих на территории промышленных предприятий;
- 3) *атмосферные* – дождевые и от таяния снега.

Производственные сточные воды делятся на две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые).

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси и подразделяются на три группы:

1. Загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности; заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных изделий и материалов и др.);

2. Загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, молочной, рыбной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);

3. Загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, лёгкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и др.).

По концентрации загрязняющих веществ производственные сточные воды разделяются на четыре группы:

- слабо-загрязненные (с содержанием примесей 1—500 мг/л);
- средне-загрязненные (с содержанием примесей 500—5000 мг/л);
- сильно-загрязненные (с содержанием примесей 5000—30000 мг/л);
- спасные (с содержанием примесей более 30000 мг/л).

Производственные сточные воды могут различаться по физическим свойствам загрязняющих их органических продуктов (например, по температуре кипения: менее 120, 120 – 250 и более 250°С).

По степени агрессивности эти воды разделяются на слабоагрессивные (слабокислые с рН = 6 – 6,5 и слабощелочные с рН = 8 – 9), сильноагрессивные (сильнокислые с рН <6 и сильнощелочные рН >9) и неагрессивные (рН=6,5-8).

Незагрязненные производственные сточные воды поступают от холодильных, компрессорных, теплообменных аппаратов. Кроме того, они образуются при охлаждении основного производственного оборудования и продуктов производства.

На различных предприятиях, даже при одинаковых технологических процессах, состав производственных сточных вод, режим водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции весьма разнообразны.

Большое значение в формировании состава производственных сточных вод имеет вид перерабатываемого сырья. Так, например, основным загрязняющим компонентом сточных вод на нефтедобывающих предприятиях является нефть; на рудообогатительных фабриках – руда. Состав сточных вод зависит также от технологического процесса производства, применяемых компонентов, промежуточных изделий и продуктов, выпускаемой продукции, состава исходной свежей воды, местных условий и др.

7.2. Классификация сточных вод горных предприятий

Рудничные воды в научной литературе относят к сточным или природно-техногенным водам горной-промышленности.

Все сточные воды горной промышленности следует делить на:

- I. Попутно – забираемые (рудничные): шахтные, карьерные, дренажные.
- II. Производственно-технологические: охлаждающие, промывочно-обеспыливающие.
- III. Поверхностные: дождевые, талые, поливочно-мочные.
- IV. Инфильтрационные: подотвальные, дренаж хвостохранилищ.
- V. Хозяйственно-бытовые: банно-прачечные, фекальные, мочные.

Нередко горное производство совмещено с металлургическим переделом и сточные воды, образующиеся в металлургических процессах, также чрезвычайно разнообразны по составу, причем на одном и том же предприятии со сложным технологическим циклом они могут быть совершенно различными.

Шахтные воды образуются в результате фильтрации подземных и поверхностных вод в подземные горные выработки. Проходя горные выработки, вода подвергается различного рода загрязнению.

Такая вода не может быть сброшена в водоемы без очистки и использована для технического водоснабжения, как правило, без соответствующей обработки.

Карьерные воды формируются при поверхностной отработке месторождения за счет выпадения атмосферных осадков (дождевых и талых вод) и за

счет поступления в карьер подземных вод. Попавшая вода в горные выработки, подобно шахтной, загрязняется и должна быть очищена перед сбросом в водоемы или при техническом водоснабжении.

Дренажные воды формируются из поверхностных и подземных вод откачиваются на поверхность через дренажные горные выработки или сооружения с целью осушения шахтных или карьерных полей. Дренажные воды не имеют контакта с загрязняющими их объектами горного производства и поэтому могут быть использованы в хозяйственно-бытовом и техническом водоснабжении. Как с очисткой, так и без нее.

Подотвальные воды формируются в результате фильтрации атмосферных осадков или вод зоны подтопления через «тело» отвала. В зависимости от материала в отвале могут быть разной степени минерализации и загрязненности. Подотвальные воды от отвалов забалансовых руд или минерализованной вмещающей породы наиболее загрязнены и опасны.

Производственно-технологические сточные воды могут быть как сильно загрязненными, так и «условно чистыми».

Сильно загрязнены и требуют очистки **технологические воды, которые** являются рабочей средой в технологических процессах. К таким технологическим процессам можно отнести: мокрое обогащение руд, углей, гидродобычу, гидротранспорт, гидрозолоудаление, гидровскрышу, гальванические процессы в машиностроении и т.д.

Очень сильно загрязнены и нуждаются в очистке при их использовании и сбросе в водоемы **промывочно-обеспыливающие воды**, которые образуются в результате смыва полов в фабричных цехах, продувки котлоагрегатов, промывки деталей и узлов машин на ремонтных заводах и мастерских, а также для борьбы с пылью на предприятиях.

К категории «**условно чистые**» воды относятся охлаждающие воды, которые образуются при охлаждении машин и аппаратов, а также деталей машин при термообработке и т.д. Эти воды в основном имеют, так называемые "температурные" загрязнения. Они нуждаются в охлаждении и могут повторно использоваться в процессах.

Поливочно-мочные стоки образуются за счет поливки территории с целью их обеспыливания, санитарной уборки, орошения трав и зеленых насаждений. Загрязнены и нуждаются в очистке.

Дренаж хвостохранилищ. Относится к так называемому неорганизованному сбросу, который достигает 17 % от общего водопотребления, куда входят потери в результате испарения воды с поверхности отстойных прудов и дренаж сточных вод через ложа хвостохранилищ.

Дождевые стоки создаются атмосферными осадками – дождями, стекающими с территории промышленных площадок. Загрязнены в той или иной степени и нуждаются в очистке.

Часто наиболее загрязненными и имеющими очень агрессивную среду кислую или щелочную являются инфильтрационные воды, к которым относятся подотвальные воды и дренаж хвостохранилищ.

Большую часть стоков металлургического передела концентратов обога-

щения составляют воды I, II и III категорий, обрабатываемые в «чистых» и «грязных» оборотных циклах и подотвальные воды. Следует особо отметить их весьма сложный состав.

Банно-прачечные воды образуются при работе душевых, для работающих на производстве, а также после стирки спецодежды. Загрязнены и нуждаются в очистке и обеззараживании. **Фекальные воды** образуются при работе санузлов, загрязнены и нуждаются в очистке и обеззараживании. **Моечные воды** образуются при санитарной уборке производственных помещений, мытье обуви и т.д., загрязнены и нуждаются в очистке и обеззараживании.

Сточные воды горнообогатительных производств являются сложными поликомпонентными системами и существенно разнятся между собой по химическому составу вследствие различий в вещественном составе перерабатываемых руд, схемах и реагентных режимах их переработки, изменения состава загрязняющих примесей в условиях протекания сложных физикохимических процессов. При этом *процесс формирования химического состава сточных вод горных и горно-металлургических предприятий ограничен строго определенным набором геохимических ситуаций, выражаемых через окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) Eh-pH показатели.*

На южном и среднем Урале выделяют следующие геохимические типы природно-техногенных и сточных вод горных предприятий.

1-й тип – кислые кислородные с высокими значениями окислительно-восстановительного потенциала. Такие условия отмечены в рудничных водах при добыче медноколчеданных руд и в формирующихся в соответствующих техногенно-минеральных образованиях сточных водах. В водах в аномально высоких концентрациях присутствуют *Cu, Zn, Fe, Mn, V, Ni и Co.*

2-й тип – щелочные с низкими положительными значениями окислительно-восстановительного потенциала. Этим условиям отвечают подотвальные воды, продуцирующиеся, например, в шлаковых отвалах ОАО «НижнеТагильский МК». Наибольшие концентрации в этих водах имеются по *V, Cu, Mn и Cr.*

3-й тип – околонейтральные бескислородные с низкими положительными значениями окислительно-восстановительного потенциала. Подобным геохимическим условиям отвечают дренажные воды Высокогорского, Естюнинского, Гороблагодатского и других железных рудников, промстоки ОАО «НТМК». Для большинства этих стоков характерны высокие содержания *Mn, V.*

4-й тип – околонейтральные и щелочные сульфидные с отрицательными значениями окислительно-восстановительного потенциала. Подобным геохимическим условиям отвечают воды шламоохранилищ обогатительных фабрик и подотвальные воды железорудных месторождений. Фиксируется эпизодическое увеличение концентраций в воде *Cu, Mn, Zn.*

7.3. Образование сточных вод в процессах обогащения

Сточные воды обогатительных фабрик состоят из жидкой фазы хвостов флотации, сливов сгустителей, шахтных и других вод. При расположении обогатительной фабрики вблизи рудника шахтные воды могут объединяться со

стоками фабрики. Хвосты фабрики сбрасываются в хвостохранилища или специальные сгустительные устройства, а затем после отстоя твёрдой фазы слив направляется в оборот или в некоторых случаях сбрасывается в водоём и на рельеф местности.

На обогатительных фабриках образуются следующие виды производственных сточных вод:

- технологические хвосты – твёрдые и жидкие отходы непосредственно процесса обогащения;
- сливы и фильтрат от сгущения и обезвоживания концентратов – жидкие отходы вспомогательных процессов обогащения;
- смывные стоки – стоки смыва полов и стен, после охлаждения масел, подшипников, компрессоров, гидрообеспыливания и др.;
- стоки мокрой газоочистки – сточные воды после очистки отходящих дымовых газов.

Принципиальная схема стокообразования ОФ по переработке полиметаллической руды представлена на рисунке 20. Объединённый поток вод всех категорий образует отвальные хвосты. Объём водопотребления и сброса сточных вод ОФ, особенно флотационных, их солевой и ионный составы определяются химическим составом перерабатываемых руд и продуктами реакций, протекающих во флотационной пульпе в результате взаимодействия вводимых флотационных реагентов с минералами руды и ионами жидкой фазы пульпы.

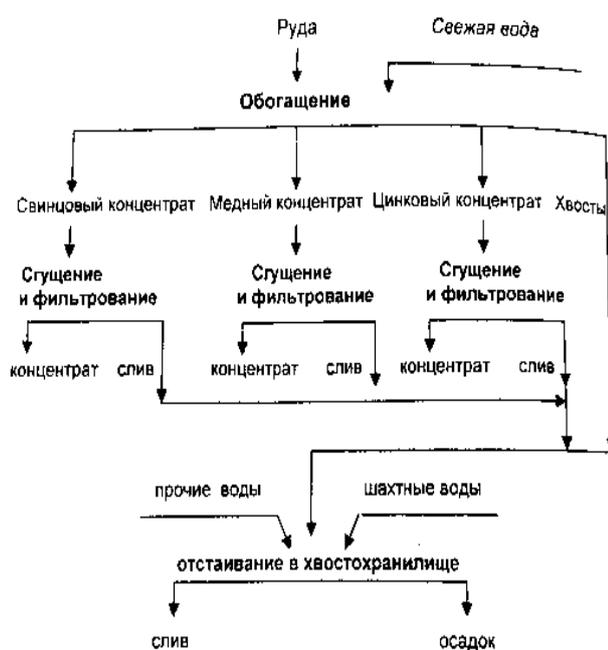


Рис. 20. Принципиальная схема образования стоков на полиметаллической обогатительной фабрике

Всё это обуславливает формирование достаточно многокомпонентных растворов. По составу производственные сточные воды можно разделить на два типа:

- с высоким содержанием взвешенных веществ и относительно низкой концентрацией растворённых солей и ионов;
- с высоким содержанием растворённых солей и низкой концентрацией взвешенных веществ.

К первому относятся технологические хвосты флотации и отвальные хвосты, в которых содержание взвешенных веществ составляет 10-20%. Летучая часть минеральной взвеси не превышает 2% и представляет собой флотореагенты, адсорбированные на поверхности частиц, и остатки органических примесей,

содержащихся в рудах. Плотный остаток таких сточных вод представлен водорастворимыми солями минералов руд, органическую часть загрязнений составляют остаточные реагенты флотации.

Ко второму относятся сливы сгустителей и вакуум фильтров, основными загрязнениями которых являются растворённые соли – остатки коагулянтов, использованных в процессах сгущения и обезвоживания концентратов. Содержание взвешенных веществ, как правило, небольшое. Следует отметить высокое содержание в осадке этих вод основных минералов, которые являются потерями технологического процесса.

Содержащиеся в сточных водах полезные компоненты являются вторичным сырьём, выделение и использование которого может в значительной мере снизить себестоимость очистки сточных вод.

7.4. Классификация примесей в сточных водах обогатительных фабрик с учётом способов очистки вод

Классификацию примесей воды с учётом особенностей физико-химического состояния компонентов, влияющих на выбор метода очистки воды, провел Л. А. Кульский. В классификации все многообразие загрязнений природных и промышленных вод объединено в ограниченное количество групп (табл.9) по дисперсно-фазовому составу.

Интересный факт

Леонид Адольфович Кульский (1903-1993) — советский химик, академик АН УССР, заслуженный деятель науки УССР, один из основоположников научного направления химической технологии — химии и технологии очистки воды.

Таблица 9

Классификация примесей по дисперсно-фазовому составу

Система	Гетерогенная		Гомогенная	
	1	2	3	4
Физико-химическая характеристика	Суспензии и эмульсии	Коллоидно-растворимые вещества	Молекулярно-растворимые вещества	Вещества, диссоциированные на ионы
Размер, мкм	От 10^3 до 10^{-1}	От 10^{-1} до 10^{-2}	От 10^{-2} до 10^{-3}	Менее 10^{-3}
Основные представители	Крупная взвесь. Мелкая взвесь Бактерии	Гуминовые вещества. Вирусы Органические электролиты	Растворенные газы	Анионы и катионы

Для каждой группы могут применяться определенные методы водоочистки. Рассмотрим данную классификацию применительно к стокам обогатительных фабрик.

В первую группу примесей входят рудные и нерудные минералы, мало-растворимые гидроокиси металлов, образованные при измельчении и переработке руды, взвеси органических веществ и т.д. Системы, образованные примесями этой группы, кинетически неустойчивы и удерживаются во взвешенном состоянии под действием перемешивающих потоков пульпы. Для очистки воды от примесей этой группы достаточно отстаивание в хвостохранилище хвостов после обогащения, сгущения и фильтрования промпродуктов и концентратов. Для ускорения осаждения частиц могут добавляться коагулирующие реагенты.

Вторая группа объединяет гидрофильные и гидрофобные коллоидные примеси, находящиеся в воде в виде зольей, а также высокомолекулярные вещества. К этой группе относятся коллоидные минеральные и органоминеральные частицы, образованные при измельчении и переработке руд в результате добавки флотационных реагентов. Эти примеси существенно влияют на результаты флотации, часто снижая извлечение, качество концентрата и скорость флотации.

Коллоидные примеси из воды наиболее эффективно удаляются поливалентными электролитами, а также органическими полимерами типа ПАА и др.

Третья группа примесей (растворённые в воде газы и молекулярно-растворимые органические соединения) формирует гомогенные растворы.

Как отмечалось, газы, особенно кислород, существенно влияют на технологический процесс обогащения. В практике обогащения отсутствуют примеры очистки стоков от газов.

Растворённые в воде органические соединения (вспениватели и некоторые собиратели) разрушаются под действием сильных окислителей. Многие вещества, входящие в данную группу, выводятся из воды или их вредное влияние на флотацию нейтрализуется с помощью сорбентов, например, активированного угля.

В четвёртую группу примесей входят три группы анионов и пять групп катионов. Такая классификация выполнена в аналитической химии в зависимости от химического действия ионов. Примеси этой группы также формируют гомогенные растворы. Влияние катионов и анионов на флотируемость минералов различно. Оно связано с возможностью ионов реагировать с реагентами, участвующими в процессе флотации, замещать ионы на поверхности минерала, изменять электропроводность раствора и т.п.

Классификация катионов аналитических групп по влиянию на флотируемость минералов представлена в таблице 10. Показано действие на минералы основных собирателей в присутствии примесей четвёртой группы. Под рубрикой «флотируют», «не флотируют» понимается действие на минерал собирателя, катионная часть которого представлена данной группой ионов.

Примеси четвёртой группы удаляют из воды переводом ионов в малорастворимые и слабодиссоциирующие соединения, используя для этого реагенты.

Таблица 10

Классификация катионов аналитических групп по влиянию их на флотуемость минералов

Свойства	I группа	II группа	III группа	IV группа	V группа
		$K^+Cs^+Na^+$	$Ca^{2+}Mg^{2+}Ba^{2+}$	$Zn^{2+}Fe^{2+}Fe^{3+}Al^{3+}$	$Cu^{2+}Pb^{2+}Cd^{2+}Bi^{3+}$
Характерные химические свойства	Соли катионов растворимы в воде и флотационные реагенты их не осаждают	Катионы осаждаются в виде карбонатов	Сульфиды и гидраты окислов катионов в нейтральной и щелочной средах нерастворимы в воде	Сульфиды катионов нерастворимы в слабокислой и щелочной средах	Сульфиды катионов растворимы в избытке Na_2S
Действие ксантогената	Ксантогенаты катионов растворимы в воде		Ксантогенаты катионов образуются в нейтральных и щелочных средах	Ксантогенаты катионов образуются в широком диапазоне pH	Ксантогенаты катионов растворимы в избытке Na_2S
	Не флотируют		Флотируют при pH = 7	Флотируют	Флотируют в отсутствии Na_2S
Действие олеата	Олеаты катионов не образуются в воде	Олеаты катионов образуются в нейтральной и щелочной средах	Олеаты катионов образуются в широком диапазоне pH		
	Не флотируют	Флотируют при pH = 7	Флотируют		

7.5. Технологическая классификация примесей в оборотных водах обогатительных фабрик

С увеличением числа оборотов воды на ОФ общая минерализация воды увеличивается до определённого предела, затем содержание примесей стабилизируется, и дальнейшее увеличение числа оборотов воды не даёт увеличение общей минерализации.

Содержание примесей в оборотной воде становится равным 3 – 5 г/л (в редких случаях 10 – 15 г/л). При оборотном водоснабжении значительно возрастает жёсткость воды, причём в отдельных случаях она достигает такой величины, что приводит к выпадению осадков и к «зарастанию» труб; наблюдается увеличение содержания органических примесей, повышается концентрация ионов-депрессоров (например, цианидов и цианосодержащих комплексов) и др. Всё это создаёт определённые технологические трудности при внедрении оборотного водоснабжения.

Классификация примесей в оборотных водах на ОФ целесообразно основывать на особенностях флотационного действия примесных веществ с учётом применяемых методов очистки. Такую классификацию в известной мере можно считать технологической.

В зависимости от состава и влияния на технологию флотационного обогащения примеси в оборотных водах можно разделить на следующие группы:

- индифферентные;
- специфически действующие;
- органические соединения;
- растворённые газы;
- твёрдые взвеси и коллоиды.

Рассмотрим в общих чертах влияние примесей этих групп на флотацию руд.

К индифферентным примесям следует отнести вещества, образующие в воде ионы, влияние которых на флотацию данной руды незначительное. Это, главным образом, соли, образующие в воде ионы K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{2-} , CO_3^{2-} и некоторые др. Понятие «индифферентный» в данном случае относительное. Например, при обогащении медных и полиметаллических руд не было установлено существенного влияния (при имеющихся концентрациях) катионов K^+ , Na^+ . С другой стороны, при флотации полевых шпатов жирно-кислотными собирателями эти ионы оказывают решающее влияние на процесс и должны быть отнесены к группе специфически действующих примесей. Таким образом, к индифферентным примесям относятся вещества, ионы которых при флотации данной руды существенно не влияют на результаты технологического процесса. Выведение веществ как индифферентных в данной оборотной воде полезно в том смысле, что накопление их при многократном обороте вод не приведёт к существенному изменению технологических показателей обогащения. Поэтому соответствующий контроль за их концентрацией и схема кондиционирования оборотной воды по этим веществам могут быть упрощены. Вместе с тем, от-

дельные индифферентные примеси слабо влияют на флотацию, а их сумма повышает ионную силу водного раствора. Отделение углы от минералов пустой породы осуществляется без введения реагентов-собирателей, а лишь добавлением в воду неорганических электролитов. В высококонцентрированных растворах солей может быть снижен расход собирателя при флотации ряда минералов, например, сульфидов.

К специфическим действующим примесям относятся вещества, образующие в оборотной воде ионы, концентрация которых контролирует процессы флотационной селекции. К ним следует отнести кислоты и щелочи, значительно изменяющие рН пульпы, флотационные реагенты – активаторы и подавители. Это соли тяжёлых металлов, например, медный купорос, активирующие флотацию цинковой обманки; кремнефтористый натрий, образующий в воде ионы фтора, активирующие флотацию некоторых сульфидных минералов, а также флюорита, топаза и др. Такие подавители, как цианиды, образующие в воде циан-ионы и соответствующие комплексы, существенно влияют на флотацию сфалерита, пирита, подавляя её, или анионы HS^- , подавляющие флотацию жирно-кислыми собирателями ожелезнённых зёрен кварца, также являются специфически действующими примесями по принятой классификации. Эта группа примесей должна тщательно контролироваться, а кондиционирование оборотной воды перед подачей её в соответствующий цикл флотации на фабрике осуществляется в ряде случаев именно в целях установления концентрации специфически действующих примесей на требуемом уровне.

Таким образом, в отличие от индифферентных примесей специфически действующие примеси в оборотных водах должны тщательно контролироваться, а вода подвергаться соответствующему кондиционированию.

Органические соединения, растворенные или эмульгированные в оборотной воде, влияют как, собственно, на результаты флотации, так и на ряд процессов, ей сопутствующих (например, на пенообразование в желобах и сгустителях). К ним относятся пенообразователи и собиратели (гетерополярные и аполярные) подавители типа лигносульфонатов, крахмала и других, а также полимерные коагулянты типа полиакриламида (ПАА), применяемые для сгущения концентратов и очистки хвостовой пульпы от твёрдых взвесей. Органические вещества могут попадать в оборотную воду и с рудой, содержащей эти вещества в горной массе, но чаще со щепой от крепежного леса, применяемого в горных выработках.

Если оборотные воды не очищаются от органических веществ и если в хвостохранилище органические соединения не разлагаются в достаточной степени, они будут накапливаться и могут повлиять на технологический процесс (нарушить селекцию при флотации, вызвать обильное пенообразования в желобах и сгустителях, приводящее к большим потерям ценных компонентов со сливами сгустителей и т.д.). Органические примеси в оборотных водах, если они проявляют собирательное или подавляющее действие на флотацию, аналогичны специфически действующим примесям. Их отличие состоит в том, что уже малые концентрации органических веществ, относящихся к поверхностно-активным, вызывают обильное вспенивание пульпы, в то время как от неорга-

нических электролитов пенятся только высококонцентрированные растворы. Учитывая и особенности очистки оборотных вод от органических соединений, целесообразно выделить эти вещества в особую группу примесей.

Растворённые в пульпе газы недостаточно полно изучены с точки зрения их влияния на флотацию. Наиболее существенное влияние растворённого в воде кислорода на окисление сульфидных минералов. Имеется основание считать, что температурные зависимости флотуемости некоторых минералов в значительной степени определяются изменением растворения в воде газов, и особенно кислорода. Подогрев пульпы, осуществляемый при флотации некоторых руд и операциях разделения пенных продуктов флотации, снижает количество растворённых газов, в том числе кислорода, что сказывается на результатах флотации. Растворимость газов зависит от предварительного насыщения ими пульпы, поэтому растворённые в оборотной воде газы могут оказывать влияние на результаты флотации.

Перенасыщенные газами сточные воды выделяют их при транспортировании хвостов в хвостохранилище и в самом хвостохранилище. Если температура пульпы повышается при выпуске её из фабричного здания, то выделение газов из пульпы и оборотных вод увеличивается, если температура пульпы снижается, то, соответственно, уменьшается выделение газов.

Твёрдые взвеси и коллоиды, присутствующие в оборотных водах, представляют собой особую группу примесей, роль и значение которых при обогащении могут быть существенными. Наличие твёрдых взвесей в оборотной воде может явиться следствием или недостаточно полного отстоя хвостовых вод в хвостохранилище, или нарушением условий водозабора из хвостохранилища (взмучивание пульпы при отсосе воды). Они влияют на результаты как гравитационного обогащения, так и флотации. При гравитационном обогащении повышенное содержание твёрдых взвесей в оборотной воде повышает вязкость среды, в которой осуществляется разделение минералов, и нарушает классификацию материала по крупности. Такое явление наблюдается при гравитационном обогащении углей, когда оборотные воды содержат более 120 г/л твёрдых взвесей и руд редких металлов.

Коллоидная часть растворённых в оборотной воде веществ является примесью с многократным влиянием на флотацию. Благодаря развитой поверхности коллоиды обладают большой сорбционной ёмкостью. Они поглощают из пульпы вводимые в неё флотационные реагенты, тем самым снижая их «эффективную концентрацию». Обладая способностью налипать на поверхности флотуемых зёрен, коллоиды гидрофилизуют поверхность, снижают извлечение металлов из руды. Кондиционирование оборотных вод по содержанию в них коллоидных частиц не производится. Однако степень очистки оборотных вод от коллоидов не контролируется по степени осветления оборотных вод, так как коллоидные растворы прозрачны. В практике обогащения полезных ископаемых нет примера, когда в производственных условиях осуществлялся бы контроль за коллоидным составом вод. Тем не менее, в отдельных случаях, такой контроль может быть необходимым (например, по опалесценции фильтрата пульпы или методами электролиза, или электрофореза, или путём фильтрации

осветлённой воды через коллоидные фильтры).

7.6. Флотореагенты, применяемые при обогащении руд и их влияние на состав сточных вод

При флотационном обогащении цветных металлов, а также при доводке концентратов применяются реагенты:

- собиратели, регулирующие флотируемость минералов путём избирательного закрепления на них;
- пенообразователи, регулирующие степень диспергирования воздуха в пульпе и прочность пены;
- депрессоры, препятствующие собирателю повышать флотируемость определённых минералов;
- активаторы, восстанавливающие прежнюю флотируемость подавленных минералов;
- регуляторы, создающие среду с определёнными физико-химическими свойствами, усиливающими действие флотационных реагентов на минералы.

Перечень реагентов, наиболее часто применяемых при флотации, приведён в табл. 6 с указанием их химической формулы и назначения.

На отдельных фабриках в качестве заменителей некоторых из перечисленных флотореагентов применяются такие соединения, как: нафтеновые кислоты (взамен олеиновой кислоты), сланцевая смола, окисленный уайт-спирит, триэтоксидбутан (ОПС-Б) – бесфенольный вспениватель, моноэфиры полипропиленгликолей (ОПС-М), высшие жирные спирты – спирт НИИСС, реагент ИМ-68, карбоксилметилцеллюлоза (тилоза – КМЦ), полиакриламид (ПАА) и ряд других (табл. 11).

Таблица 11

Флотореагенты, применяемые при обогащении руд

Наименование	Химическая формула	Назначение
Ксантогенаты	R-O-C-S-Me	Собиратели
Дитиофосфаты	S S R=P S-Me	
Олеиновая кислота	C ₁₇ H ₃₃ COOH	
Пиридин	C ₅ H ₅ N	Пенообразователи
Фенолы	C ₆ H ₅ OH	
Крезолы	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	
Терпинеол	C ₁₀ H ₁₇ OH	
Сосновое масло	C ₄ H ₁₇ OH	
Керосин	-	

Наименование	Химическая формула	Назначение
Известь Цианид натрия Сульфид натрия Силикат натрия	Ca(OH)_2 NaCN Na_2S Na_2SiO_3	Депрессоры
Медный купорос Сульфид натрия (для окисления минералов) Цинковый купорос	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Na_2S $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Активаторы
Известь Едкий натр Сода кальцинированная Бикарбонат натрия Сульфид натрия Серная кислота Силикат натрия Соляная кислота	Ca(OH)_2 NaOH Na_2CO_3 NaHCO_3 Na_2S H_2SO_4 Na_2SiO_3 HCl	Регуляторы

Сточные воды рудообогатительных фабрик в той или иной степени загрязнены применяющимися при флотации реагентами, а также грубодисперсными примесями. Основными источниками этих примесей являются хвосты флотации и сливы сгустителей, сбрасываемых в хвостохранилища.

В некоторых сточных водах, особенно при pH ниже 7, могут быть обнаружены катионы тяжёлых металлов, выщелачиваемые водой из измельчённых руд.

В сточных водах также находятся соединения, образующиеся в результате химического взаимодействия реагентов, вводимых на разных стадиях флотации, и соединения, образующиеся при химическом взаимодействии между реагентами и рудными составляющими. Примерами таких соединений, не вводимых в процесс, но образующихся в качестве производных, могут служить: комплексные цианиды меди и цинка, роданиды (продукты взаимодействия цианидов и сульфидов).

При рассмотрении перечисленных флотореагентов с точки зрения их токсичности и вреда, который они могут причинить при попадании в водоём, необходимо отметить, что группа реагентов среды изменяет лишь pH водоёма. Поэтому кислые сточные воды подлежат нейтрализации щелочами (обычно известью), щелочные – аэрацией воздухом для снижения их pH за счёт поглощения содержащегося в нём CO_2 .

Косвенное влияние реагенторегуляторов среды на состав сточных вод заключается в том, что кислоты, например, способствуют растворению катионов тяжёлых металлов, и в сточной воде, имеющей pH ниже 6, всегда обнаруживается та или иная концентрация ионов меди, никеля, свинца, цинка. Основные соединения, особенно силикат натрия, способствуют образованию в сточ-

ных водах коллоидных систем, приводящих к чрезвычайно медленному осветлению их при отстаивании в хвостохранилище.

Реагенты, входящие в группы пенообразователей и собирателей, сосредотачиваются в пенном продукте, представляющем товарный концентрат, и значительно в меньшей степени попадают в сточную воду.

Тем не менее, многие реагенты (ксантогенаты, дитиофосфаты и др.) при низких концентрациях (0,05; 0,1 мг/л) придают воде специфический неприятный запах и привкус.

Предельно допустимые санитарные нормы для водоёмов по этим веществам (фенолы, крезолы, нефтепродукты и др.) чрезвычайно жёсткие, поэтому сточные воды, безусловно, должны очищаться от них.

Наиболее токсичными флотореагентами являются цианиды, медный и цинковый купоросы, которые к тому же образуют растворимые ядовитые комплексные цианиды меди и цинка.

7.7. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую канализацию и водоёмы

При расположении промышленных предприятий в городах или вблизи них, а также при решении о совместной очистке сточных вод группы предприятий промышленной зоны и близлежащего жилого массива загрязнённые производственные сточные воды могут сбрасываться в городскую канализацию. Очистка смеси бытовых и производственных сточных вод в этом случае осуществляется на единых очистных сооружениях. В связи с тем, что в сточных водах промышленных предприятий могут содержаться специфические загрязнения, их спуск в городскую канализацию ограничен комплексом требований.

В соответствии с [Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов](#) выпускаемые в канализацию производственные сточные воды не должны:

- нарушать работу сетей и сооружений;
- содержать более 500 мг/л взвешенных и всплывающих веществ;
- содержать вещества, которые способны засорять трубы канализационных сетей или отлагаться на стенках труб;
- оказывать разрушающее действие на материал труб и элементы сооружений канализации;
- содержать горючие примеси и растворённые газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в канализационных сетях и сооружениях;
- содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод или сбросу их в водоём (с учётом эффективности очистки);
- иметь температуры выше 40° С.

Производственные сточные воды, не удовлетворяющие указанным требованиям, должны подвергаться предварительной очистке.

Общие условия выпуска сточных вод любой категории в поверхностные водоёмы определяются народнохозяйственной их значимостью и характером водопользования. После выпуска сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоёмах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоёма в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей.

В России принята система нормирования на основе предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных загрязнений. ПДК определяются на основе гидрологических и гидродинамических особенностей водоёма.

Условия выпуска производственных сточных вод в водоёмы регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» и «Правилами санитарной охраны прибрежных районов морей».

Нормативы качества воды различных категорий водоёмов

Правила устанавливают нормативы качества воды для водоёмов по двум видам пользования: к первому виду относятся участки водоёмов, используемые в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второму виду – участки водоёмов, используемые в рекреационных целях: для купания, спорта и отдыха населения, а также находящиеся в черте населённых пунктов.

Нормативы качества воды водоёмов, используемых в рыбохозяйственных целях установлены применительно к двум видам водопользования: к первому виду, относятся водоёмы, используемые для воспроизводства и сохранения ценных сортов рыб; ко второму – водоёмы, используемые для всех других рыбохозяйственных целей.

Нормативы состава и свойств воды водоёмов в районе выпуска сточных вод приведены в табл. 7.

Суммарный эффект воздействия на санитарное состояние водоёмов нескольких вредных веществ определяется по формуле проф. С. Н. Черкинского:

$$\frac{C_1}{C_{1п.д}} + \frac{C_2}{C_{2п.д}} + \dots + \frac{C_i}{C_{iп.д}} \leq 1, (7.1)$$

или

$$\sum_1^i \left(\frac{C_i}{C_{iп.д}} \right) \leq 1, (7.2)$$

где C_1, C_2, \dots, C_i – концентрации вредных веществ в воде водоёма (обнаруженные или расчётные); мг/л;

$C_{1п.д}, C_{2п.д}, \dots, C_{iп.д}$ – ПДК, установленные для соответствующих вредных веществ в воде источника, мг/л.

Если при расчёте условие формулы (7.1) не соблюдается, то санитарное

состояние водоёма не удовлетворяет нормативным требованиям и необходимо осуществить мероприятия по повышению эффективности очистки производственных сточных вод перед их спуском в водоём.

Для правильного определения необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоём, в каждом случае нужно иметь подробные данные об их количестве и составе, а также данные детальных обследований водоёма, характеризующие местные гидрологические и санитарные условия. Необходимая степень очистки сточных вод определяется применительно к общесанитарным и органолептическим показателям вредности и к каждому из нормативных показателей загрязнения.

Таблица 12

Общие требования к составу и свойствам воды в зависимости от категории водоёмов

Показатель качества воды	Категория водопользования			
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населённых мест	Рыбохозяйственное назначение	
			Для разведения ценных пород рыб	Прочие цели
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться больше чем на			
	0,25 мг/л	0,75 мг/л	0,25 мг/л	0,75 мг/л
	Для водоёмов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания в пределах 5%. Запрещены к спуску взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных и 0,2 мм/с для непроточных водоёмов			
Растворённый кислород	В любой период года в пробе, отобранной до 12 ч. дня, не ниже 4 мг/л		В зимний период не ниже	
			6 мг/л	4 мг/л
			В летний период в пробе, отобранной до 12ч. дня, не ниже	
			6 мг/л	6 мг/л
Биохимическая потребность в кислороде	Не должна превышать при 20°С			
	3 мг/л	6 мг/л	3 мг/л	3 мг/л
Реакция (акт.)	Не должна выходить за пределы 6,5 – 83,5 рН			
Минеральный состав	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л, сульфатов 500 мг/л	Нормируется по показателю «Привкусы»	Не нормируются	
Температура	Летняя температура не должна повышаться более чем на 3° по сравнению со среднемесячной самого жаркого месяца за последние 10 лет		Не должна превышать против естественной более чем на 5°С, с общим повышением для холодно-водных рыб летом до 20°С, зимой до 5°С, других пород летом 28°С, зимой 8°С, на	

Показатель качества воды	Категория водопользования			
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населённых мест	Рыбохозяйственное назначение	
			Для разведения ценных пород рыб	Прочие цели
			нерестилищах 2°С	
Окраска, запах и привкус	Окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой		Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и передавать их мясу рыб	
	20 см	10 см		
	Интенсивность запахов и привкусов, обнаруживаемых при			
	Непосредственно или хлорировании	непосредственно		
	Не более 2 баллов			

Расчёты по определению необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоём, производят по количеству взвешенных веществ, допустимой величине БПК в смеси речной воды и сточных вод, по потреблению сточными водами растворенного кислорода, по температуре воды, окраске, запаху и солевому составу, по ПДК токсичных примесей и других вредных веществ, а также по изменению величины активной реакции воды водоёма.

Взаимосвязь между санитарными требованиями к условиям спуска сточных вод в водоёмы (соответствие состава и свойств воды водоёма, который используется для водопользования, установленным нормативам) и необходимой степенью очистки сточных вод перед спуском их в водоём в общем виде выражается формулой:

$$C_{ст} \cdot q + C_p \cdot a \cdot Q \leq (a \cdot Q + q) \cdot C_{п.д}, \quad (7.3)$$

где $C_{ст}$ – концентрация загрязнения (вредного вещества) сточных вод, при которой не будут превышены допустимые пределы (расчётный показатель состава и свойств воды в соответствии с санитарными требованиями), мг/л;

C_p – концентрация этого же вида загрязнения (вредного вещества) в воде водоёма выше места выпуска рассматриваемого стока, мг/л;

$C_{п.д}$ – предельно допустимое содержания загрязнения (вредного вещества) в воде водоёма, мг/л;

a – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоёме смешивается со сточными водами в расчётном створе;

Q – расход воды в водоёме, м³/ч;

q – расход сточных вод, поступающих в водоём, м³/ч.

Величина Q определяется по данным гидрометеорологической службы,

величина q – по технологическим расчётам, а величина C_p – по литературным данным или на основе натуральных замеров.

Коэффициент смешения a зависит от многих факторов: конструкции выпуска, расстояния до расчётного створа, гидравлических и гидрологических параметров водоёмов. Значение коэффициента a определяется по методу В. А. Фролова и И. Д. Родзиллера.

Преобразуя формулу (6.3), получим значение $C_{ст}$, т.е. величину концентрации загрязнения (вредного вещества) в сточных водах, которая должна быть достигнута в результате их очистки и обезвреживания:

$$C_{ст} \leq \frac{a \cdot Q}{q} (C_{п.д} - C_p) + C_{п.д}, (7.4)$$

Расчётные створы ближайших пунктов водопользования устанавливаются органами Государственного надзора с учётом перспектив использования водоёма.

Определение необходимой степени очистки по количеству взвешенных веществ

Допустимое содержание взвешенных веществ m в спускаемых сточных водах в соответствии с санитарными правилами может быть определено из уравнения:

$$a \cdot Q \cdot b + q \cdot m = (a \cdot Q + q)(p + b), (6.5)$$

откуда

$$m = p \cdot \left(a \cdot \frac{Q}{q} + 1 \right) + b, (7.6)$$

где p – допустимое по санитарным правилам увеличение содержания взвешенных веществ в водоёме после спуска сточных вод (в зависимости от вида водопользования), $г/м^3$;

b – содержание взвешенных веществ в воде водоёма до спуска сточных вод, $г/м^3$.

Необходимая степень очистки D , %, по взвешенным веществам:

$$D = \frac{C - m}{C} \cdot 100, (7.7)$$

где C – количество взвешенных веществ в сточной воде до очистки, $г/м^3$.

Расчётные расходы производственных сточных вод, поступающих на очистные сооружения $Q_{сут}$, $м^3/сут$ (в сутки) и $g_{max.c}$, л/с (в смену), определяется по следующим формулам:

$$Q_{сут} = N \cdot M; (7.8)$$

$$g_{max.c} = \frac{N \cdot M_{max.c}}{T \cdot 3,6} \cdot K_{ч}, (7.9)$$

где N – норма водоотведения на ед. продукции или перерабатываемого сырья с учётом водооборота, $м^3$;

$M_{max.c}$ – число единиц продукции или перерабатываемого сырья при мак-

симальной выработке соответственно в сутки или в смену;

T – число рабочих часов в смену;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности.

Если в состав комбината или завода входит ряд производств, выпускающих различную продукцию, то необходимо определить количество сточных вод для каждого производства и комбината в целом:

$$\sum Q_{\text{сут}} = N_1 \cdot M_1 + N_2 \cdot M_2 + \dots + N_n \cdot M_n \quad (7.10)$$

При проектировании очистных сооружений необходимо знать не только суточное количество сточных вод, но и часовой график притока сточных вод. Производительность сточной воды в течение смены изменяется. Стоки могут поступать равномерно и неравномерно. На ряде производств происходят залповые поступления высококонцентрированных и высокотоксичных сточных вод. Режим спуска сточных вод целиком определяется регламентом. Расчёт труб и лотков, отводящих сточные воды от отдельных аппаратов и их групп, ведётся по максимальному секундному расходу.

7.8. Обоснование выбора схемы отведения (канализования) и очистки стоков

Канализование промышленных предприятий, как правило, осуществляется по полной раздельной системе.

Производственные сточные воды в зависимости от вида загрязняющих веществ и их концентрации, а также от количества сточных вод и мест их образования отводятся несколькими самостоятельными потоками: слабозагрязнённые, содержащие один или несколько видов загрязнений; содержащие токсичные и ядовитые вещества; кислые; щелочные; сильноминерализованные; содержащие масла и жиры, волокно, ПАВ и т.д. Незагрязнённые сточные воды, как правило, объединяют в отдельный поток.

Бытовые сточные воды, образующиеся на промышленных предприятиях, отводятся и очищаются отдельно, если производственные сточные воды по своему составу не требуют биологической очистки. Совместное отведение бытовых и производственных сточных вод целесообразно, если последние загрязнены органическими веществами, деструкция которых возможна биологическим путём; при этом концентрация токсичных примесей не должна превышать предельно допустимую.

Дождевые воды, стекающие с незагрязнённых территорий промышленного предприятия, отводятся отдельной системой канализации или объединяются с незагрязнёнными производственными сточными водами и спускаются в водоём без очистки. Дождевые воды, стекающие с площадок для складирования сырья, жидкого и твердого топлива, масел, красителей и т.п., отводятся вместе с загрязнёнными производственными сточными водами и подлежат совместной очистке перед выпуском в водоём.

Разделение производственных сточных вод может быть продиктовано санитарными причинами, пожаро- и взрывоопасностью, возможностью зарастания и разрушения канализационных трубопроводов и т.д., например, объединение кислых сточных вод с сульфидными приводит к выделению сернистого газа; со сточными водами, содержащими цианиды, - к образованию ядовитой синильной кислоты (в виде газа); с вязкими – к образованию сероуглерода. Если объединить сточные воды, содержащие серную кислоту, со сточными водами, содержащими известь, то образуется сульфат кальция, который выпадет в осадок, что приведёт к засорению труб. Объединение сточных вод, насыщенных сероуглеродом, со сточными водами, имеющим температуру выше 40°C, может привести к взрыву.

Разделение производственных сточных вод по преобладающим загрязнениям целесообразно в случае извлечения из них ценных компонентов в дополнительные продукты. Например при селективном извлечении из вод металлов.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

Тестовые задания

1. Классификация Л. А. Кульского учитывает:

- а) принцип допустимости использования вод в оборотном водоснабжении*
- б) фазовое и дисперсное состояние загрязняющих примесей*
- в) молекулярную массу загрязняющих веществ*

2. Размер коллоидно растворимых веществ в Классификация Л. А. Кульского

- 1. От 10^3 до 10^{-1}*
- 2. От 10^{-1} до 10^{-2}*
- 3. От 10^{-2} до 10^{-3}*
- 4. Менее 10^{-3}*

2. По методике растворённый кислород определяется в в пробе, отобранной

- 1. до 12 ч. дня*
- 2. в течение дня*
- 3. ночью*
- 4. в любое время суток*

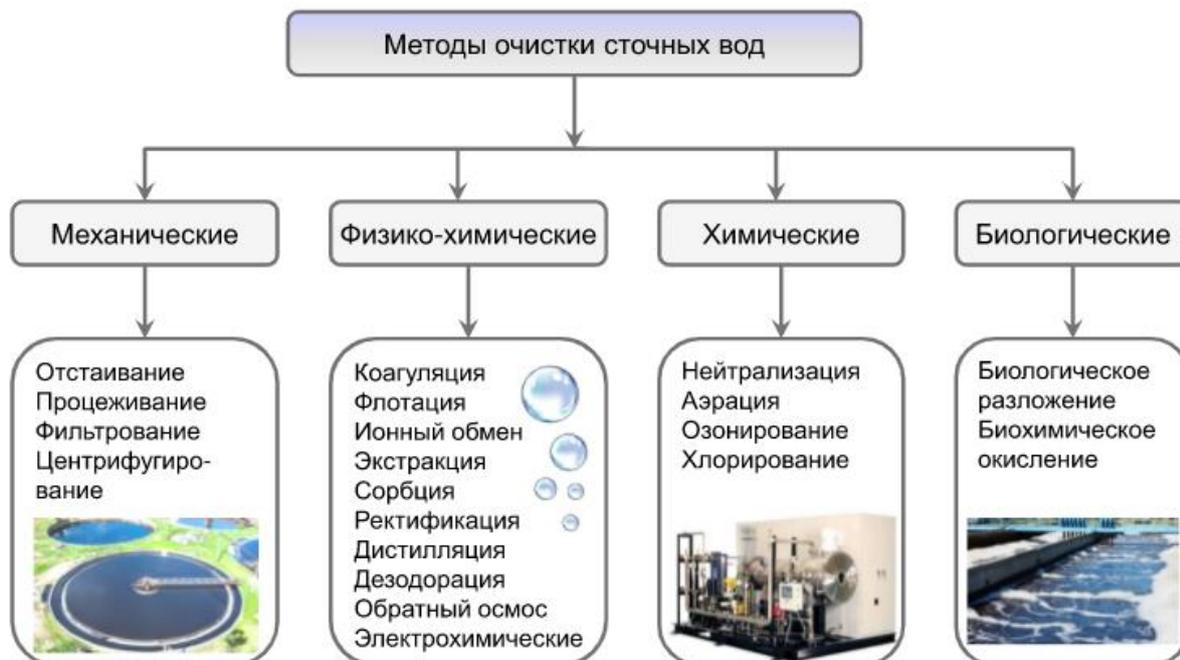
4. Совместное отведение бытовых и производственных сточных вод целесообразно, если

- 1. загрязнения производственных сточных вод могут быть обезврежены биологическим путём*
- 2. когда концентрация токсичных примесей не превышает предельно допустимую*
- 3. и в том и в другом случае*

ГЛАВА 8. КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОД И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

8.1. Общие понятия

Обычно методы очистки воды и извлечения из неё полезных компонентов разделяют на группы исходя из сущности используемых процессов. Как правило, выделяют *четыре группы методов*.



- *механические*, основанные на использовании практически лишь двух характеристик – большей относительно воды плотности загрязняющих её компонентов и больших относительно молекул воды размеров агрегатов этих компонентов;
- *физико-химические*, использующие значительно большее число характеристик (гидрофобность, электрофизические, электрохимические и магнитные свойства, растворимость, адсорбционная способность);
- *химические*, основанные на способности ионно-молекулярных компонентов к образованию фазообразующих химических соединений, легко удаляемых из воды;
- *биологические*, основанные на способности микроорганизмов разлагать загрязняющие вещества в процессах жизнедеятельности.

Однако используемые в настоящее время процессы являются, как правило, комбинированными, и входящие в них субпроцессы могут относиться ко всем четырем группам. В частности, процессы ультра- и гиперфильтрации (фильтрование на мицеллярном и молекулярном уровне) по внешним признакам должны быть отнесены к механическим, однако из-за существенного влияния электрофизических и других физико-химических свойств мицеллия молекул

и ионов их относят к физико-химическим методам. Процесс электрокоагуляции также относится к физико-химическим методам, хотя образование флоккул происходит преимущественно вследствие химических процессов гидратообразования. Наконец, такой процесс, как химическое осаждение, включает в себя физико-химическую стадию (коагуляцию) и механическую стадию (фильтрование).

Учитывая, что процессы водоочистки и утилизации ценных компонентов существенно различаются по сложности, целесообразно выделить главные стадии, на которые следует разделить каждый процесс, и систематизировать используемые физико-химические subprocesses.

1. Стадия перевода компонентов в извлекаемую форму, связанная с изменением агрегатного или фазового состояния.
2. Стадия агрегирования, концентрирования компонента в микрообъеме очищаемой жидкости или на временном носителе и извлечение носителя из воды.
3. Стадия извлечения компонента из микрообъема жидкости или из временного носителя.

С позиции эффективности водоочистки определяющими являются первая и вторая стадии. С позиции утилизации ценных компонентов очевидна важность третьей стадии, которая часто представляет собой сложный многоступенчатый процесс, начинающийся с операции удаления утилизируемого компонента с временного носителя в элюаты и заканчивающийся получением товарного продукта.

8.2. Механическая очистка сточных вод

Механическая очистка применяется для выделения из сточной воды нерастворённых минеральных примесей.

Назначение механической очистки заключается в подготовке производственных сточных вод при необходимости к биологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. Механическая очистка на современных очистных станциях состоит из процеживания через решетки, пескоулавливания, отстаивания и фильтрования. Типы и размеры этих сооружений зависят в основном от состава, свойств и расхода производственных сточных вод, а также от методов их дальнейшей обработки.

Как правило, механическая очистка является предварительным, реже – окончательным этапом для очистки производственных сточных вод. Она обеспечивает выделения взвешенных веществ из этих вод до 90 – 95% и снижение органических загрязнений (по показателю БПК_{полн}) до 20 – 25%.

Высокий эффект очистки сточных вод достигается различными способами интенсификации гравитационного отстаивания – преаэрацией, биокоагуляцией, осветлением во взвешенном слое (тонкослойные отстойники), а также с помощью гидроциклонов.

Процесс более полного осветления сточных вод осуществляется фильтрованием – пропуском воды через слой различного зернистого материала (напри-

мер, кварцевого песка) или через сетчатые барабанные фильтры и микрофильтры, через высокопроизводительные напорные фильтры и фильтры с плавающей загрузкой – пенополиуретановой или пенополистирольной. Преимущество указанных процессов заключается в возможности применения их без добавления химических реагентов.

Процессы удаления из вод грубо- и среднедиспергированных примесей относятся к наиболее простым. Они известны с момента зарождения техники и обусловлены потребностью в осветлённой воде.

Метод отстаивания, как основная или вспомогательная операция, применяется и применяется практически во всех схемах очистки сточных вод. Осветление сточных вод происходит в результате осаждения или всплывания грубо- и среднедисперсных примесей соответственно с большей или меньшей плотностью, чем у воды. Результаты процесса определяются дисперсностью и агрегативной устойчивостью загрязняющих компонентов, вязкостью жидкой фазы и гидродинамическими условиями осаждения (всплытия). Интенсификации процесса осветления способствует физико-химическое модифицирование суспензий и эмульсий, обеспечивающее увеличение размеров зёрен и капель, уменьшение их стабильности. Эффективным методом интенсификации является введение в осветлённую воду поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Благодаря избирательной адсорбции и ориентации молекул ПАВ на поверхности раздела фаз в пульпе уменьшается поверхностное и межфазное натяжение, что приводит к изменению состояния частиц твёрдой фазы пульпы. Дисперсные и коллоидные частицы слипаются, образуя хлопья, которые легко отделяются от жидкой фазы. Свертывание частиц в хлопья происходит под действием процессов коагуляции и флокуляции.

Коагуляция вызывается взаимодействием разноимённо заряженных частиц при введении в пульпу реагентов – электролитов. Притяжение частиц приводит к образованию хлопьев, что ускоряет их осаждение. Слипанию частиц способствует также действие молекулярных сил сцепления. В качестве реагентов-коагулянтов применяют известь, хлористый кальций, хлорное и хлористое железо, железный купорос, алюмокалиевые квасцы и др.

Флокуляция происходит при гидрофобизации поверхности частиц минералов реагентами-собирателями, благодаря чему снижается степень гидратированности поверхности твёрдых частиц, чем устраняется расклинивающее действие воды между частицами и усиливается их слипание. Флокуляцией называется также процесс образования хлопьев, частицы которых связаны за счёт химических сил мостиками из молекул полимеров. В качестве флокулянтов используют высокомолекулярные ПАВ, отличающиеся линейным (цепным) строением молекул и относительной молекулярной массой (M_i) от одного до нескольких миллиметров. Часто применяют полимеры с $M_i = (1 + 5) \cdot 10^5$. Эти вещества растворяются в воде, что способствует их быстрому контакту с минеральными частицами. При флокуляции образуются более прочные и крупные агрегаты, чем при коагуляции. Такие агрегаты быстрее оседают или всплывают за счёт уменьшения вязкостных составляющих сопротивления жидкости.

Улучшению осветления воды под воздействием реагентов способствует

её обработка ультразвуком и подогрев паром. Положительный эффект при этом обусловлен снижением вязкостных составляющих силы сопротивления движению частиц или капель в воде.

Разновидностью процесса отстаивания является процесс центробежного осветления, осуществляемый в гидроциклонах и осадительных центрифугах.

Центробежное осветление характеризуется высокой эффективностью благодаря значительному (в 3 – 30 раз) росту скорости осаждения (или всплытия) удаляемых примесей. Однако эффективность использования ПАВ в гидроциклонах заметно снижается из-за разрушения флокул вследствие появления сдвиговых напряжений.

Перспективное направление развития технологии центробежного осветления – использование турбулентного режима в гидроциклонах для интенсификации процессов химического осаждения, дегазации и нейтрализации вод. Во Львовском ПО «Луч» гидроциклоны использовались в качестве реакторов для содового и известково-содового умягчения водопроводной воды. Развитие технологии осаждения примесей в центрифугах позволяет решить проблему очистки сливов сгустителей концентратов в угольной и горно-металлургической промышленности.

Надо отметить, что процессы отстаивания и центробежного осветления являются неселективными, однако в ряде случаев выделяемые (утилизированные) фракции используются в качестве промпродуктов (в нефтехимии) или даже товарных концентратов (в обогащении полезных ископаемых).

Процессы фильтрации весьма широко используются в схемах очистки вод и утилизации извлекаемых веществ. Современный уровень развития технологии фильтрующих материалов позволяет получить абсолютно чистую воду вплоть до удаления ионных компонентов.

Для очистки вод от взвешенных частиц применяют зернистые фильтры. В качестве фильтрующего материала используют гравий, щебень, мраморную крошку, кварцевый песок, керамзит, гранитный щебень, дробленый антрацит и керамзит, горелые породы, чугунолитейный шлак или смеси указанных материалов. Часто применяют двухслойные и трёхслойные фильтры с убывающей по направлению движения воды крупностью зернистого материала (до 0,08 мм).

Для выделения из сточных и природных вод мелкодиспергированных примесей применяют микрофильтры, основные рабочие элементы которых – микросетка с ячейками размером от единицы до десятков микрометров, ткань, волокнистая металлическая или синтетическая матрица, пористая керамика или металлокерамика. С целью улучшения характеристик фильтров, в частности уменьшения зарастания, выпускают керамические фильтры с модифицированной поверхностью. Высокими эксплуатационными характеристиками обладают микрофильтры из фторопласта. Перспективно использование некоторых полимеров и химволокон, в частности полистирола и пенополиуретана в качестве «всплывающих» фильтров. Зернистые фильтры и микрофильтры обеспечивают удаление из воды до 95% всех взвешенных примесей, в том числе, нефтепродуктов, масел, жиров.

Эффективность очистки возрастает при использовании коагулянтов и

флокулянтов, а также ультразвуковой обработки.

Макро- и микрофильтрация, заканчивающаяся получением частично очищенной воды и смывов с фильтров с содержанием 5 – 20% твёрдых и маслообразных включений, в ряде случаев (нефтепереработка, обогащение полезных ископаемых, металлообработка) позволяет утилизировать находящиеся в загрязнённой воде ценные компоненты в виде промпродуктов и т.д., направляемых на дальнейшую переработку.

Важным направлением исследований является изучение процессов фильтрации стоков грунтами, в частности для учёта фильтрующей и сорбционной способности грунтов при выборе площадок для складирования отходов обогащения и металлургии.

В научном плане процессы осаждения и фильтрации считаются «исчерпанными», однако, определённое число исследований связано с поиском новых фильтрующих материалов, разработкой эффективных конструкций аппаратов. Так, в НИИ стройкерамика созданы керамические фильтрующие элементы с мембранным покрытием для тангенциальной микрофильтрации маслоэмульсионных стоков. Выпущены опытные партии керамических фильтров с покрытием из глинозема и окиси титана. В МИСиС разработана технология фильтрации масло- и окислительно-восстановительных стоков через волокнистую загрузку с использованием для интенсификации процесса акустических колебаний.

8.3. Химические методы очистки

Основными методами химической очистки являются: нейтрализация, окисление и осаждение. Химическая очистка может применяться как самостоятельный метод перед подачей производственных сточных вод в систему оборотного водоснабжения, а также перед спуском их в водоём или городскую канализационную сеть.

В качестве предварительной очистки химические методы применяют перед биологической или физикохимической очисткой. Также методы химической очистки находят применение в глубокой очистке производственных сточных вод с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов. При локальной очистке производственных сточных вод в большинстве случаев предпочтение отдаётся химической очистке.

Сущность процесса нейтрализации заключается в изменении агрессивности сточной воды в результате химических реакций. Производственные сточные воды многих предприятий с повышенным содержанием кислот или щелочей нельзя спускать в канализационную сеть, на очистные станции и в водоёмы без предварительного доведения концентрации этих загрязнений до допустимых значений. Это сточные воды химических, машиностроительных, металлургических и нефтеперерабатывающих заводов, и особенно тех заводов, где имеются гальванические и термические цеха.

Существуют несколько способов нейтрализации производственных сточных вод:

1. Непосредственное смешение кислых стоков со щелочными перед спуском их в канализационные сети.
2. Добавление реагента (раствора кислоты HCl , H_2SO_4 , негашёной извести CaO , гашённой извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кальцинированной соды Na_2CO_3 , каустической соды NaOH , аммиака и т.д.) в пропорциях, необходимых для нейтрализации.
3. Фильтрация загрязнённых вод через нейтрализующие материалы (известь CaO , известняк CaCO_3 , магнезит MgCO_3 , обожжённый магнезит MgO_3 , доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, мел).
4. Барбатирование загрязнённых вод отводящими газами, содержащими CO_2 , SO_2 , NO_2 и др.
5. Использование активной щелочности городских сточных вод или водоёма.

Выбор способа нейтрализации зависят от ряда факторов: вида и концентрации кислот, загрязняющих производственные сточные воды; расхода и режима поступления сточных вод на нейтрализацию: наличия реагентов, местных условий и т.д.

Традиционно для перевода ионно-молекулярных примесей в конденсированные фазы применяют процессы химической очистки, предполагающие воздействие реагентов-осадителей, окислителей и восстановителей.

Процесс химического осаждения сводится к связыванию ионов примесей в малодиссоциирующие и малорастворимые соединения. Для очистки от ионов тяжёлых металлов достаточно повышение pH до 9 – 11 или насыщение раствора ионами CO_3 , PO_4 . Очистка от ионов S^{-2} , As^{-3} осуществляется дозированием водорастворимых солей тяжёлых металлов (Fe , Al) или извести. Очистка стоков от ионов и комплексов цианида осуществляется подачей солей Fe . Существенный недостаток химической очистки с использованием реагентов-осадителей – увеличение засоленности очищенных вод.

В ряде случаев вышеназванного недостатка лишены методы, основанные на применении реагентов-окислителей. Использование газообразного хлора и гипохлорита эффективно для разрушения комплексных соединений тяжёлых металлов, в частности цианидных и роданидных, с последующим осаждением гидроксидов и окислительным разрушением цианидных и роданидных ионов до углекислого газа и азота или до промежуточных соединений. Недостаток методов с использованием соединений хлора – образование ядовитых соединений и утечка газообразного хлора. Более безопасны методы, предполагающие использование в качестве окислителя озона, кислорода или перекиси водорода. Недостаток этих методов – низкая кинетика окислительных процессов и высокая стоимость используемых реагентов.

Перспективы окислительного метода связаны с развитием каталитических, фотохимических и электрохимических методов интенсификации, предполагающих активирование окислительно-восстановительных реакций неорганическими и органическими катализаторами, различными видами облучений (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного спектров), радиочастотным воздействием, электрическими разрядами и т.д. Преимущество метода – совмеще-

ние процессов и санация воды.

Процессы химической и окислительной обработки завершаются процессами механической, сорбционной, флотационной или другой очистки сточных вод от сконденсированных примесей. В ряде случаев полученные осадки представляют собой ценное металлургическое сырьё, химические удобрения и т.д.

Научные исследования в области повышения эффективности химической очистки направлены на поиск новых осадителей, в том числе селективного действия, и интенсификации окислительно-восстановительных процессов. Так, Казахским политехническим институтом на основе известняка и некондиционных бокситов методом восстановительной плавки получен реагент для осаждения сульфатов и тяжёлых цветных металлов из сточных и шахтных вод. Остаточное содержание сульфатов составляет 30 – 40 мг/л, меди, кобальта, никеля и железа – до 0,05 мг/л, солесодержание – до 200 мг/л, что позволяет использовать промышленную воду на промышленных предприятиях и в рыбных хозяйствах. Из полученных осадков легко утилизируют ценные компоненты. В московском химико-технологическом университете (РХТУ) разработана технология использования отходящих газов ТЭЦ для карбонизационной очистки концентрированных сточных вод гальванического производства. Зола ТЭЦ, содержащую 45 – 55% CaO, успешно применяют для очистки кислых сточных вод.

Японская компания Quificaltd разработала процесс удаления фосфатов из сбросовых вод рудников.

Интенсификация методов окислительной очистки с помощью микроорганизмов (бактерий, водорослей) получила быстрое развитие и выросла в самостоятельное направление, характеризуется высокой эффективностью и универсальностью.

8.4. Физико-химические методы очистки производственных сточных вод

Физико-химические методы играют значительную роль при очистке производственных сточных вод. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, химическими и биологическими методами. В последние годы область применения физико-химических методов очистки расширяется, а доля их среди других методов очистки возрастает.

К физико-химическим методам очистки относятся коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, гиперфльтрация, диализ, эвапорация, выпаривание, испарение, кристаллизация, магнитная обработка, а также методы, связанные с наложением электрического поля, - электрокоагуляция, электрофлокуляция.

8.4.1. Процессы удаления из вод тонко- и ультратонкодисперсных примесей

Наибольшие проблемы возникают при наличии в очищаемой воде твёрдых и жидких включений размером от целых до сотых долей микрометра. Традиционным путём их решения было использование процессов флокуляции и коагуляции для укрупнения размеров включений до десятых долей микрометра,

после чего использовали обычные методы осветления – осаждение и фильтрацию.

Весьма важным с позиции утилизации находящихся в промышленных водах ценных компонентов является процесс *селективной флокуляции*, позволяющий за счёт использования сочетания реагентов достигать образования флокул одного вещества (минерала), при том, что другие вещества остаются в диспергированном виде. Процессы селективной флокуляции широко применяются для повышения степени извлечения тонких фракций железных и марганцевых минералов, каменных углей. В качестве флокулянтов используют крахмалосодержащие продукты, полиакриламид, жирно-кислотный собиратель в качестве дисперсантов – едкий натрий, известь, жидкое стекло.

Перспективным направлением развития технологии очистки является поиск новых коагулирующих минералов, в том числе из промышленных отходов. Московским институтом коллоидной химии и химии воды предложено использовать смеси гидроксида и силиката магния в качестве коагулянтов при очистке сточных вод от нефтепродуктов; Белорусским институтом общей неорганической химии – использовать хлоридосодержащие отходы титаномагниевого производства для очистки промышленных и городских стоков. Высокая эффективность очистки сточных вод достигается при использовании в качестве флокулянтов отходов переработки хлопка, а также отходов сельскохозяйственной продукции и животноводства.

Успехи в развитии технологии фильтрующих материалов позволили разработать методы прямой фильтрации ультратонких и молекулярных примесей.

Метод ультрафильтрации позволяет выделить из воды твёрдые и жидкие вещества коллоидной крупности, крупные органические молекулы, полимеры с $M > 500$. При фильтрации используется относительно невысокое давление (0,2 – 1 МПа) и проницаемые мембраны с размером пор до 10 нм.

Мембраны изготовлены в виде тонких плёнок из полиамидов, полисульфанов, целлюлозы, полиэтиленгликоля, полипропилена.

Наибольшее распространение метод ультрафильтрации получил для очистки малосодержащих сточных вод. Перспективным является удаление из стоков металлоорганических соединений, хорошо растворимых в воде.

Метод гиперфильтрации (обратного осмоса) предназначен для очистки воды от примесей, находящихся в ионной и молекулярной форме. При гиперфильтрации используется давление от 3 до 10 МПа, размер пор приближается к размерам водных кластеров. Мембраны изготовлены из ацетат- и ацетилцеллюлозы, полиамидных и иных материалов. Наибольшее применение метод получил при очистке стоков, содержащих большое количество ионов ценных металлов (золото, хром, никель и т.д.).

Методы ультра- и гиперфильтрации являются универсальными для сточных и природных вод любого типа. Развитие технологии мембран и способ их регенерации приводит к широкому распространению этих методов во всех отраслях промышленности. Так, разработка ультрафильтрационных полиакрилонитринных мембран и микрофильтрационных мембран с регулируемым зазором позволила решить проблемы ультрафильтрационного фракционирования

лигносульфонатов, разделения растворов красителей, селективного разделения комплексом металлов. Высокая эффективность достигнута при очистке стоков ванн электрохимического никелирования, хромирования и т.д.

Ташкентским филиалом ВНИИВОДГЕО технология гиперfiltrации применена для очистки подземных солоноватых вод (солесодержание до 6 г/л) повышенной жёсткости с целью опреснения воды. Во ВНИИ теплотехники разработана установка для подготовки воды, поступающей в котлы ТЭЦ.

Для оптимального применения баромембранных методов необходимо решить проблему очистки и деполяризации мембран, а также утилизации получаемых концентрированных растворов и эмульсий выделенных примесей.

Универсальным методом очистки сточных и природных вод от грубого, тонко- и гепиртонкодиспергированных примесей являются различные процессы флотации, предполагающие насыщение очищаемой жидкости всплывающими пузырьками воздуха и создание условий для закрепления на пузырьках загрязняющих примесей.

Флотация диспергированным воздухом предполагает первоначальную подачу газовой фазы в аэратор, а затем из аэратора в виде пузырьков размером до 3 мм в очищаемую воду. При флотации растворённым воздухом пузырьки размером до 0,5 мм образуются непосредственно из воздуха, растворённого в очищаемой воде.

Электрофлотация предполагает насыщение очищаемой воды пузырьками газов, образующихся на электродах в результате электролиза воды. Размер пузырьков при электрофлотации составляет примерно 0,1 мм.

Из методов флотации диспергированным воздухом наибольшее распространение получили процессы пенной сепарации и колонной флотации. При **пенной сепарации** очищаемая вода подаётся сверху на специально подготовленный пенный слой, который задерживает гидрофобные частицы или капли загрязнений. При **колонной флотации** очищаемая вода аэрируется пузырьками воздуха, на которых закрепляются гидрофобные взвешенные компоненты, выносимые при всплывании пузырьков в пенный слой.

Методы пенной сепарации и колонной флотации применяют для извлечения из сточных вод, предварительно проведенных во флотоактивную форму катионов тяжёлых металлов и содержащих ценные компоненты зёрен минеральных суспензий.

Из способов флотации растворённым воздухом наибольшее распространение получил метод **компрессионной флотации**, предполагающий насыщение очищаемой воды воздухом под избыточным давлением до 785 кПа и выделение пузырьков по всему объёму воды при сбросе давления.

Ограниченное распространение получил метод **напорной флотации**, при котором насыщение воды воздухом происходит под действием гидростатического давления столба очищаемой жидкости на глубине 14 – 15 м, а выделение пузырьков воздуха – по мере подъёма очищаемой жидкости и уменьшения гидростатического давления.

Эффективность флотационного извлечения твёрдых и жидких загрязнений при их малых концентрациях и размерах возрастает при использовании

процессов (предварительно или одновременно с флотацией) коагуляции и флокуляции.

Флотофлокуляцию и флотокоагуляцию, включающие агрегирование извлекаемых при флотации фракций под действием электролитов или полимеров, применяют при очистке сточных вод от эмульсий жиров, масел, нефтепродуктов.

Объектом исследований по применению флотации являются в основном процессы очистки вод, содержащих нефть, масла, жиры ПАВ, соединения металлов. Институтом ВНИИВОДГЕО разработана технология реагентной напорной флотации для очистки стоков БелАЗа и Ступинской ТЭЦ. В Одесском государственном университете предложена эффективная технология флотационной очистки гальваностоков, содержащих ионы тяжёлых металлов и цианида. Разработаны процессы напорной реагентной флотации для очистки балластных танкерных вод и реагентной флотации для очистки стоков красильной и кожевенно-обувной промышленности.

Получаемые при флотационном извлечении из сточных и природных вод пенные фракции, как правило, поступают в последующие операции, включающие гашение пены, отстаивание твёрдой фракции и отделение всплывшей фракции.

Процесс электрофлотации нередко сопровождается процессом **электрокоагуляции**. Ионы металлов, мигрируя к катоду, попадают в зону подщелачивания, превращаются в гидроксиды и, коагулируя, образуют хлопья, которые без реагентной гидрофобизации извлекаются пузырьками газов. Процесс коагуляции способствует интенсивной флотации эмульгированных и осаждению гидрофильных частиц.

Эффективная установка электрокоагуляции – флотации разработана ВНИИОС углём для очистки сточных вод, загрязнённых взвешенными веществами, нефтепродуктами, ионами металлов, ПАВ, при суммарном содержании загрязняющих веществ до 1 г/л.

Развитие технологии магнитной полиградиентной сепарации для извлечения из руд редкометалльных минералов сделало возможным использование **метода высокоградиентной магнитной сепарации** в схемах очистки сточных вод и природных вод от тонкодисперсных магнитных загрязнений. Суть метода заключается в удерживании парамагнитных и ферромагнитных веществ в областях с высокой напряжённости магнитного поля, создаваемой магнитной системой (магнитным фильтром) специальной конструкции. Преимущество метода – возможность получения концентратов ценных компонентов, соединения которых характеризуется наличием магнитных свойств. Весьма эффективным решением является использование магнитной флокуляции тонкодисперсных загрязнений на тонкоизмельчённом магнетите.

Электрические свойства некоторых минеральных загрязнений вод позволяют использовать для их извлечения **электрическую сепарацию**. Так, например, на основе изучения электроповерхностных свойств частиц сапонита в институте ИПКОН РАН научно обоснован и экспериментально подтвержден эффективный электрохимический метод извлечения сапонитас из оборотных вод

предприятий ОАО “Севералмаз”. Отрицательно заряженные тонкодисперсных частицы сапонита закрепляются на аноде и выделение осветленной воды происходит на катоде.

8.4.2. Процессы удаления из вод и утилизации ионных и молекулярных компонентов

Очистка природных и сточных вод от ионных и молекулярных примесей первоначально была направлена на получение питьевой воды, доизвлечение драгоценных металлов из стоков ювелирного производства и удаление ядовитых металлов (ртути) из карьерных вод. Промышленная революция обусловила развитие процессов металлургии и металлообработки, переработки нефти, что, в свою очередь, вызвало необходимость очистки сточных вод от катионов тяжёлых металлов, нефтепродуктов и ПАВ. С этого времени начинается развитие процессов удаления из вод ионных и молекулярных примесей.

Фундаментальные основы процессов водоочистки закладывались одновременно с развитием физической и коллоидной химии, причём в 1940 – 50-х гг. именно водоочистка становится одной из главных побудительных причин исследований в области физической и коллоидной химии.

Ионные молекулярные примеси удаляются из сточных и природных вод методами, которые разделяются на две группы: к первой относятся методы, в которых ионные и молекулярные компоненты переводят в конденсированное состояние, а затем извлекают в чистом виде или в виде промпродуктов с использованием процессов, сопровождающихся фазообразованием. Главное отличие методов заключается в наличии стадии концентрирования извлекаемого компонента.

Процессы *ионной флотации* характеризуются как непосредственным концентрированием извлекаемых ионных компонентов в приповерхностном слое всплывающих пузырьков воздуха, так и концентрированием после осаждения в виде конденсированных фаз.

Одним из важнейших методов концентрирования компонентов, извлекаемых из природных и сточных вод, является процесс *сорбции*. В общем случае под процессом сорбции понимают совокупность процессов перехода из объёма раствора на межфазную границу твёрдое-жидкое или жидкое-жидкое ионных и молекулярных компонентов.

Следует выделить главные сорбционные процессы, широко используемые в промышленности.

Процесс сорбции с активированным углём и органическими сорбентами универсален и используется для извлечения из вод катионов тяжёлых металлов, органических соединений и других веществ. В 1863 г. Липскоунт впервые предложил применять активированный уголь для очистки питьевой воды. Широкое распространение получил метод очистки сточных вод активированным углём от нефтепродуктов. После насыщения уголь сжигали или регенерировали. Активированный уголь применяют также для извлечения из сточных вод катионов и комплексов тяжёлых цветных металлов, в том числе золота и сереб-

ра. Утилизацию извлечённых активированным углём металлов обычно проводят подмешиванием угля в шихту металлургического процесса.

Более эффективен метод утилизации, заключающийся в десорбции с поверхности угля адсорбированных соединений. Его проводят низкокипящими органическими растворителями, а в случае очистки от металлов – минеральными кислотами или комплексообразователями.

Несмотря на давнюю известность процесса сорбции на активированных углях, число исследований в этой области велико. Основная цель их – повышение устойчивости угля во время регенерации, а также повышение его сорбционной ёмкости и замена более дешёвыми сорбентами. Так, в последние годы разработана технология производства и использования активированных углеродных волокон в качестве сорбентов для ионов металлов, а также разработаны фильтрующие сорбенты на основе торфа для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Насыщенный сорбент представляет собой хорошее топливо.

Сорбция неорганическими сорбентами получила меньшее распространение, в основном, из-за невысокой ёмкости по отношению к улавливаемым компонентам. В качестве сорбента используются силикагель, природные и искусственные цеолиты, туфы, бентонитовые глины, диатолиты, вермикулиты, глаукониты и т.д. В ряде случаев возможно применение различных отходов – шлаков, золы. Существенный недостаток неорганических сорбентов – низкая регенерационная способность.

Интенсивным направлением исследований в области разработки новых эффективных технологий очистки вод является поиск новых сорбентов. Так, шунгит предложен для адсорбции мышьяковистых и сернистых минералов, карбамидформальдегидная пена – для удаления нефтепродуктов с поверхности воды. На основе обожжённого сапропелеглинистого сырья получен материал, проявляющий свойства сорбента к тяжёлым металлам, ПАВ, нефтепродуктам. Казанским химико-технологическим институтом разработаны принципиально новые цеолит-полимерные сорбенты для очистки сточных вод от фенолов. Интересные результаты получены при использовании в качестве сорбентов ПАВ и красителей дисперсного магнетита и модифицированного базальтового волокна. Значительные перспективы связаны с получением неорганических сорбентов с развитой поверхностью.

Относительно новым направлением водоочистки является процесс *экстракции*, при котором, в отличие от процесса сорбции, органические и неорганические загрязнения концентрируются непосредственно в объёме экстрагента, что заметно повышает его ёмкость. Фактор, сдерживающий применение экстрагентов в гидрометаллургии, - их высокая растворимость в воде – дал в процессах очистки положительный результат. Была разработана технология извлечения ПАВ алифатическими спиртами фракций $C_4 - C_8$ и алифатическими аминами. Для концентрирования микропримесей тяжёлых металлов предложена группа хелатов сорбентов, малорастворимых в воде.

Разработана технология извлечения тяжёлых металлов из шахтных вод при помощи жидких экстракционных мембран.

Так же, как экстракция, из гидрометаллургии в водоочистку «пришли»

процессы ионного обмена, получающие в настоящее время всё большее применение, распространение. Метод *ионного обмена* позволяет, с одной стороны, очищать воду от требований ПДК, с другой – селективно выделять отдельные компоненты растворов, облегчая их утилизацию. Применяемые для ионного обмена вещества (иониты) обеспечивают извлечение практически любых ионных компонентов сточных и природных вод. Молекулярные компоненты в ряде случаев могут быть удалены ионным обменом после подкисления или подщелачивания очищаемой жидкости. Недостаток процесса – высокая стоимость ионообменных смол и необходимость использования реагентов для элюирования (очистки) смол после их насыщения.

Метод ионного обмена для улавливания меди из медно-алюминатных растворов при производстве искусственного шёлка применяли в Германии ещё в 1936 г. Очищенную воду, а также сульфат меди возвращали в производство. Затем метод ионного обмена стали применять для очистки цианосодержащих сливов сгустителей, отходов цианирования золотосодержащих руд, сточных вод горно-металлургической промышленности, отходов травильного и электролизного производства. Ионообменные установки используют, как правило, в заключительных стадиях водоочистки, поскольку они обеспечивают предельно допустимое значение остаточных концентраций извлекаемых компонентов. Всё большее распространение в настоящее время получают ионообменные методы при очистке природных вод от солей жёсткости или вредных для человека и животных компонентов, а также для извлечения из природных рассолов щелочноземельных, редких и рассеянных элементов.

В значительной мере недостатков ионообменного метода очистки лишены *электродиализные методы*, основанные на явлении переноса ионов примесей через селективные ионообменные мембраны под действием электрического тока. Мембраны представляют собой плёнки из синтетических полимеров, содержащие ионообменные активные группы, диссоциирующие в воде. Катионные мембраны проницаемы для катионов, анионные – для анионов, биполярные – для тех и других. При чередовании в межэлектродном пространстве катионных и анионных мембран образуются концентрирующие камеры, в которых собираются загрязняющие примеси и обессоливающие камеры, из которых сливается очищенная вода. Область применения – очистка концентрированных металлосодержащих стоков цветной и черной металлургии, металлообработки, обессоливание сточных и природных вод. Прямой электродиализ требует предварительной очистки сточных вод от взвешенных и коллоидных частиц, солей жёсткости. Весьма эффективен электродиализ для переработки элюатов сорбционных процессов, не содержащих вышеперечисленных примесей.

Институтом Казмеханобр в последние годы были разработаны технологии очистки от фтора и хрома сточных вод криолитового и титаномагниевого производств, цехов проката, медных сплавов, обогатительных и золотоизвлекающих фабрик, шахтных вод. Эти технологии характеризуются высокой эффективностью и возможностью утилизации извлекаемых примесей. Представляют интерес исследования по очистке никель- и хромсодержащих сточных вод. Проведённые НИИ ядерной физики при Томском техническом университе-

те исследования доказали эффективность очистки стоков на электродиализных установках, работающих на переменном токе.

Рассмотренные выше методы (сорбция, экстракция, ионный обмен, электродиализ) обеспечивают концентрирование примесей в микрообъёмах очищаемых жидкостей или на временных носителях и получение очищенной воды, но не обеспечивают утилизацию ценных компонентов.

Методы, рассмотренные далее, являются либо заключительной ступенью, либо самостоятельными процессами водоочистки и утилизации ценных компонентов.

Эффективным методом перевода ионных и молекулярных компонентов в конденсированную фазу и удаления их из очищаемой воды является *электролиз* растворов, при котором протекают процессы катодного восстановления, анодного окисления, электрофореза коллоидных частиц, электрокоагуляции, электрофлотации. Катодное восстановление катионов металлов обеспечивает образование металлической фазы на катоде или вблизи катода (катодный шлам). Катодное восстановление некоторых органических соединений (например, фенолов и других ароматических нитросоединений) способствует их переводу в малорастворимые в воде соединения, легко извлекаемые флотацией или коагуляцией. Окисление примесных анионов раствора приводит к переводу примесей в газовую фазу (Cl_2), образованию труднорастворимых соединений (до CO_2, N_2, H_2O). Процесс движения примесных нейонных частиц под действием электрического поля (электрофорез) обеспечивает удаление из очищенной воды коллоидных частиц с положительным или отрицательным электрокинетическим потенциалом. Сочетание электрофореза коллоидных частиц с электрофлотацией обеспечивает при электролизе удаление из очищаемой воды органических загрязнений. При выполнении анода из железа, алюминия протекает интенсивная анодная электрокоагуляция диспергированных и растворённых примесей гидроксидами соответствующего металла, образующимися при электрохимическом растворении анодов. Сочетание при электролизе прикатодной электрокоагуляции с электрофлотацией обеспечивает удаление невосстанавливаемых катионов металлов.

Область применения электролиза растворов – очистка металлосодержащих стоков горно-обогатительных, металлургических и металлообрабатывающих предприятий; очистка от нефтепродуктов и ПАВ стоков нефтяной и химической промышленности; очистка сложных по составу кожевенных, текстильных, пищевых и сельскохозяйственных объектов. Высокой эффективностью обладают электрохимические методы удаления загрязнений и утилизации ценных компонентов из концентрированных микрообъёмов очищаемых стоков или из продуктов регенерации сорбентов и ионообменных смол.

Основные направления исследований электрохимической очистки сточных вод – подбор материалов для анодов и катодов и поддержание условий электролиза, обеспечивающих максимальный выход по току реакций с участием загрязняющих компонентов. Другим эффективным направлением является регулирование процессов массопереноса внутри аппаратов путём установки диафрагм и мембран, предотвращающих релаксационные процессы и повыша-

ющих устойчивость рабочих электродов к разрушению и отравлению. Для активации рабочей поверхности электродов используются наложение высокочастотного магнитного поля, абразивно-механическая обработка, наложение синусоидальных или импульсных токов, проведение электролиза в нестационарном режиме.

Эффективность водоочистки возрастает при использовании электролизеров с развитой поверхностью, в частности аппаратов с насыщенными электродами. Для интенсификации процессов электроочистки в аппаратах с насыпными электродами применяют методы вибрационной обработки биполярной загрузки, магнитоожигание и магнитоуплотнение насыпных электродов.

В результате проведённых исследований разработан ряд высокоэффективных процессов, позволяющих достичь высокой степени очистки воды и утилизировать содержащиеся в ней ценные компоненты. Так, во ВНИИОС разработан для ПО «Горезантрацит» процесс электролиза шахтных вод с использованием пластинчатых катодов из титана и анодов из оксида рутения. Процесс обеспечивает удаление 95% взвешенных веществ, ионов металлов, ПАВ, микроорганизмов. Разработан процесс электролиза с применением асимметричного переменного тока промышленной частоты и нерастворимых графитовых электродов с защитной ионоселективной мембраной, позволяющей за счёт совмещения процессов электрокоагуляции и электродиализа достичь высокой степени очистки стоков гальванопроизводства. В Московском энергетическом институте разработан метод электрогидравлической обработки очищаемой воды сельскохозяйственных предприятий при помощи коронного разряда. Аналогичный метод применен Украинским институтом проблем машиностроения для электроимпульсной очистки сточных вод гальванического производства.

8.5. Биологические методы очистки

Биологические методы очистки основаны на способности микроорганизмов включать находящиеся в ионной и молекулярной форме примеси в процессы жизнедеятельности и в виде нерастворимых продуктов метаболизма или составных частей собственного организма выводить из очищенной воды.

Процессы биологической очистки получили распространение при обработке стоков горно-обогатительных и металлургических предприятий для удаления органических флотореагентов, цианида, ионов тяжелых металлов. При очистке сточных вод от органических реагентов и цианида последние являются источником легкоусвояемых углерода и азота, необходимых для роста массы микроорганизмов. Ионы тяжёлых металлов осаждаются сероводородом, выделяющимся при жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий, или адсорбируются различной микрофлорой и микрофауной.

При биосорбции сначала образуются комплексы металлов с карбоксильными и аминными группами клеточной оболочки, затем выделяются гидроокиси или восстановленные металлы, адсорбируемые в виде коллоидных частиц на поверхности клетки.

Недостатками микробиологических методов очистки являются низкая ин-

тенсивность процессов водоочистки и трудность утилизации содержащихся в загрязненной воде ценных примесей. Вследствие этого биохимические методы применяют для окончательной доочистки сточных вод с целью доведения их до требований ПДК или вовлечения в водооборот.

8.6. Утилизация ценных компонентов

Утилизация ценных компонентов становится возможной при проведении биохимической очистки в колонных аппаратах кипящего слоя. После насыщения гранулированные водоросли сжигают и из золы извлекают тяжёлые и редкие металлы.

В последние годы происходило интенсивное развитие биологических методов. Главные направления научных исследований и совершенствования технологии – поиск новых высокоёмких биосорбентов и активных микроорганизмов, интенсификация их деятельности, разработка технологии утилизации ценных компонентов. Выведено большое количество штаммов бактерий, концентрирующих растворенное или мелкодисперсное золото из сливов золотоизвлекающих фабрик или сливов рудных сгустителей. Разработана технология интенсификации аккумуляции золота водорослями рода *Chlorella* световым излучением. Созданы непатогенные и устойчивые к арсенидам штаммы, обеспечивающие интенсивную деструкцию цианидов при концентрациях до 100 мг/л. Архангельским отделением НИГРИ разработано несколько видов бактериальных препаратов для разрушения нефтяных загрязнений при низких температурах. В Одесском госуниверситете установлена высокая эффективность бактерий группы *Citophada Flavobacterium* при утилизации целлюлозы, агара, фибрина, ПАВ, пестицидов, органических красителей и других труднорастворимых веществ.

Относительно эффективным методом утилизации выделенных из оборотных вод концентрированных растворов, содержащих трудноудаляемые примеси, является процесс термической обработки сточных вод, заключающийся в контактном или бесконтактном нагреве и испарении воды и улавливании содержащихся в ней примесей. Для регенерации тепла используют котлы-регенераторы, КПД которых составляет 50-60%. Метод термической обработки позволяет проводить обессоливание воды, однако его использование для очистки обычных промстоков недостаточно эффективно из-за значительных энергозатрат.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

Тестовые задания

1. Для удаления из загрязненных сточных вод взвешенных веществ, как правило, применяют: а) механические способы очистки; б) химические способы очистки; в) биологические способы очистки; г) специальные способы очистки.
2. Продукт, который получается при удалении взвешенных веществ из сточных вод, называется: а) активный ил; б) осадок; в) фильтрующий материал.
3. Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод: а) нерастворенных минеральных и органических примесей; б) растворенных минеральных и органических примесей; в) патогенных микроорганизмов.
4. Отстаивание сточных вод относят: а) к химическим способам очистки; б) к механическим способам очистки; в) к физико-химическим способам очистки; г) к биологическим способам очистки. 30
5. Для очистки производственных сточных вод от грубодисперсных примесей применяют: а) отстаивание, фильтрование и фильтрацию; в) экстракцию; в) коагуляцию.
6. Основными аппаратами для процеживания являются: а) песколовки и отстойники; б) решетки; в) фильтры; г) гидроциклоны.
7. Основными аппаратами для отстаивания являются: а) песколовки и отстойники; б) решетки; в) фильтры; г) гидроциклоны.
8. Как правило, механическая очистка обеспечивает снижение в сточных водах количества взвешенных веществ на: а) 10-35%; б) 40-80%; в) 90-95%.
9. Как правило, механическая очистка обеспечивает снижение в сточных водах количества органических загрязнений на: а) 10-15% ; б) 20-25%; в) 30-45%.
10. Материалы, используемые для фильтрации, должны удовлетворять следующим требованиям: а) наличие определенного фракционного состава; б) способность проявлять ионообменные свойства; в) механическая прочность на истирание и измельчение; г) химическая стойкость к воде и примесям.
11. В качестве реагентов в процессе нейтрализации используют: а) растворы кислот; б) мел; в) аммиак.
12. В качестве нейтрализующих материалов в процессе фильтрования (один из способов нейтрализации) используют: а) известняк; б) растворы кислот; в) мел; г) аммиак.
13. В качестве окислителей в процессе обезвреживания сточных вод используют: а) аммиак; б) мел и известняк; в) хлорную известь.
14. Химическая реакция между веществами, имеющими свойства кислоты и основания, которая приводит к потере характерных свойств обоих соединений, называется: а) нейтрализация; б) коагуляция; в) флокуляция; г) сорбция.
15. Процесс слипания частиц коллоидной системы при их столкновении называется: а) нейтрализация; б) коагуляция; в) флокуляция; г) сорбция.
16. Процесс, при котором мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, под влиянием специально добавляемых веществ образуют интенсивно

оседающие рыхлые хлопьевидные скопления, называется: а) нейтрализация; б) коагуляция; в) флокуляция; г) сорбция.

17. В качестве флокулянтов при очистке сточных вод не используют: а) растворы щелочей; б) крахмал и эфиры; в) полиакриламид и полиэтиленамин.

18. Процесс поглощения вещества всей массой жидкого сорбента называется: а) адсорбция; б) абсорбция; в) хемосорбция.

19. Сорбция предназначена для глубокой очистки сточных вод от: а) взвешенных веществ; б) растворенных органических и неорганических веществ; в) нерастворенных органических и неорганических веществ;

20. В качестве сорбентов в процессе сорбции используют: а) крахмал и эфиры; б) полиакриламид и полиэтиленамин; в) золу, силикагели, активные глины.

21. Процесс сепарации ионов солей, осуществляемый в мембранном аппарате под действием постоянного электрического тока, называется: а) коагуляция; б) электродиализ; в) флокуляция; г) сорбция.

ГЛАВА 9. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОД В СХЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время обогатительные фабрики в наибольшей мере используют частичный замкнутый водооборот (от 35 до 85 %). Это обусловлено тем, что остается необходимость использования чистой воды в отдельных операциях технологического процесса, таких как измельчение руды, приготовление реагентов. С другой стороны, неполный водооборот обусловлен естественными потерями воды, происходящими вследствие дренирования и высыхания из хвостохранилища и очистных сооружений. Кроме того, полное замыкание схемы водооборота обычно невозможно из-за увеличения концентраций индифферентных ионов (K, Na, Cl и т.д.), ухудшающих процесс флотации.

Актуальной научно-практической проблемой, требующей решения при организации систем оборотного водоснабжения на горно-обогатительных предприятиях, является выбор и обоснование эффективных методов и режимов очистки, позволяющих использовать в технологическом процессе бытовые и промышленные стоки сложного химического состава.

Комплекс мер, обеспечивающих подготовку сточных вод к повторному использованию называется **кондиционированием стоков**. В задачу кондиционирования входят: выявление в промстоках компонентов, отрицательно и положительно влияющих на технологический процесс; использование существующих и поиск более эффективных методов очистки промстоков от компонентов, отрицательно влияющих на процесс; разработка схемы кондиционирования. Принципиально важной задачей, решаемой при разработке и совершенствовании схем водооборота, является поддержание оптимального ионно-молекулярного и дисперсионного состава оборотных вод, не приводящего к ухудшению технологических показателей обогатительного процесса.

Минимальный перечень контролируемых реагентов в сточных и оборотных водах определяется по данным минералогического анализа пробы руды и номенклатуры применяемых на объекте реагентов.

Очистка сточных вод, направляемых в оборот, включает в себя набор тех же методов, которыми пользуются при очистке сточных вод, сбрасываемых в водоёмы (см. гл. 8). Только в данном случае глубина очистки может быть иной: по технологическим требованиям в большинстве случаев допускаются более высокие остаточные концентрации примесей.

При этом нужно понимать, что изменение концентрации отдельных компонентов при кондиционировании может достигаться не только за счёт вывода компонента из раствора, но и разбавлением.

Изменение физико-химических характеристик воды при кондиционировании состоит в нагревании (охлаждении), установлении требуемых значений рН и т.д., выполненных в соответствии с требованиями технологического процесса.

При разработке схем следует учитывать, что вследствие значительных объемов возвращаемых потоков оборотных вод актуальна задача минимизации затрат на очистку и кондиционирование.

Важной задачей при совершенствовании водооборота также является дополнительное извлечение ценных компонентов, реализация которых улучшает экономические показатели работы ГОКов.

Очистка и кондиционирование оборотных вод обогатительных фабрик осуществляется схожими способами, относительно используемых при очистке и кондиционировании сточных вод, направляемых в гидросферу.

Рассмотрим некоторые вопросы кондиционирования сточных вод в схемах оборотного водоснабжения, основываясь на классификациях примесей сточных вод, рассмотренных ранее (см. гл. 7).

9.1. Кондиционирование солевого состава

Изучение жидкой фазы стоков обогатительных фабрик показывает, что в общем количестве примесей индифферентные примеси составляют 85 - 95% и определяют общую величину соленакопления. Примеси, в обычных условиях не влияющие на технологический процесс, при высокой концентрации могут вызвать подавление флотации собирателями и снижение активности действия других реагентов.

Проблема засоленности (повышенной минерализации) особенно важна для горнорудных предприятий и предприятий, использующих в обороте высокоминерализованные шахтные воды, засоленные морские воды.

Оптимальные условия разделения минералов при использовании высокоминерализованных вод могут быть созданы следующим образом:

- очисткой, т.е. обессоливанием воды, приведением её солевого состава к составу пресной воды;
- изменением реагентного режима разделения минералов.

Считается, что обессоливание слабосоленых вод (2 – 3 г/л) наиболее экономично производить ионным обменом, солоноватых (3 – 8 г/л) – электродиализом, соленых (более 10 г/л) – дистилляцией или вымораживанием.

В ряде случаев более целесообразным оказывается путь разработки реагентного режима флотации применительно к условиям флотации в засоленной воде.

9.2. Кондиционирование специфических неорганических примесей

Анализ данных по обогатительным фабрикам показывает, что при использовании оборотных вод резко, в 10 – 30 раз, возрастает концентрация сульфокислых ионов, ионов и комплексов тяжёлых цветных металлов, цианидов и цианистых комплексов. Это обусловлено непрерывным окислением сульфидных минералов в процессах обогащения и в хвостохранилище, использованием цианидов, сульфида, сульфата и тиосульфата натрия, медного и цинкового купоросов в качестве флотационных реагентов. Высока в сточных водах и концентрация солей жёсткости.

Кратко рассмотрим основные методы очистки сточных вод от этих примесей.

9.2.1. Перевод ионов в труднорастворимые соединения с последующим их осаждением

Метод является распространённым для очистки сточных вод ОФ и шахтных вод. Этим методом удаляются главным образом ионы тяжёлых металлов. Осаждение ионов проводится в хвостохранилище, сгустителях или непосредственно в технологическом процессе разделения минералов.

В пульпу вводится реагент-осадитель. Это может быть сода, известь, сернистый натрий и т.д. (см.гл.7). Метод основан на образовании в определённом интервале рН нерастворимых гидроокисей удаляемых ионов.

Приближенный расчет критической величины рН, при которой происходит осаждение (выпадение в осадок) какой-либо гидроокиси, можно сделать по формуле

$$pH_{кр} = 14 + \lg \sqrt[n]{\frac{PP_{Me(OH)_n}}{[Me^{n+}]}}$$

Расчётные и опытные значения рН некоторых гидроокисей приведены в таблице 13.

Таблица 13

Произведения растворимости (PP) и рН осаждения некоторых Гидроксидов металлов при $[Me^{n+}] = 1 \text{ моль/дм}^3$

Гидроокись	PP	рН опытное	рН расчётное
Fe(OH) ₂	$18 \cdot 10^{-16}$	6,6	6,3
Co(OH) ₂	$2 \cdot 10^{-16}$	6,8	6,2
Ni(OH) ₂	$6,3 \cdot 10^{-16}$	6,7	6,4
Zn(OH) ₂	$1 \cdot 10^{-17}$	5,8	5,5
Cu(OH) ₂	$5,6 \cdot 10^{-20}$	4,2	4,4
Fe(OH) ₃	$3,8 \cdot 10^{-38}$	1,6	1,5

На осаждение тяжёлых металлов существенно влияет присутствие других ионов. При совместном осаждении двух или нескольких металлов при одной и той же величине рН достигаются лучшие результаты, чем при осаждении каждого металла в отдельности.

Теоретически перевод металлов в гидроксиды не позволяет получить концентрации ионов тяжелых металлов над осадком меньше ПДК рыбхоз (табл. 14).

Условия осаждения металлов в виде гидроксидов

Вид катиона	Значения pH				Остаточная концентрация иона металла, наблюдаемая на практике при pH 8,5-9,0	ПДК р-х мг/л
	Начала осаждения (при начальной концентрации осаждаемого иона 0,01 моль/дм ³)	полного осаждения (остаточная концентрация менее 10-5 моль/дм ³)	начала растворения	полного растворения		
Fe(OH) ₃	2,3	4,1	14,0	-	0,3-0,5	0,1
Fe(OH) ₂	7,5	9,7	13,5	-	0,3-1,0	0,1
Cr(OH) ₃	4,9	6,8	12,0	15,0	0,1-0,05	0,07
Zn(OH) ₂	6,4	8,0	10,5	12-13	0,1-0,05	0,01
Co(OH) ₂	6,6-7,6	9,2	14,1	-	-	0,01
Ni(OH) ₂	7,7	9,5-10,0	-	-	0,25-0,75	0,01
Cd(OH) ₂	8,2	9,7-10,5	-	-	15	0,005
Mn(OH) ₂	8,8	10,4	14,0	-	1,8-2,0	0,01
Cu(OH) ₂	5,5	8,0-10,0	-	-	0,1-0,15	0,001

То есть очистка сточных вод известкованием не всегда позволяет полностью удалить ионы тяжёлых металлов. Более глубокая обработка может быть достигнута обработкой сульфидом натрия или бария. Как и гидроокиси, сульфиды начинают осаждаться при разных значениях pH.

9.2.2. Методы очистки сточных вод от цианидов

Химические соединения, входящие в группу цианидов, весьма разнообразны по физико-химическим и токсикологическим свойствам. К цианидам относятся:

1. Простые растворимые ядовитые цианиды, загрязняющие воду цианид – ионами CN. Это синильная кислота HCN и её соли KCN, NaCN и др.
2. Простые нерастворимые неядовитые цианиды, например, цианистое железо Fe(CN) и цианистая медь CuCN. Попадая в организм человека под действием желудочного сока, растворяясь, переходят в простые растворимые ядовитые цианиды и вызывают отравление организма.

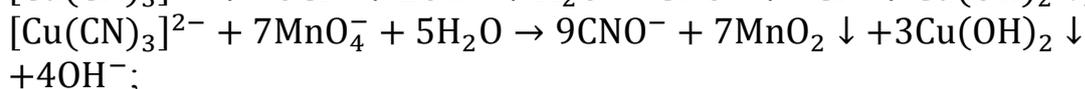
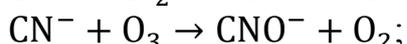
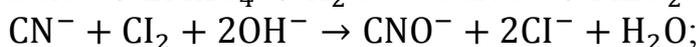
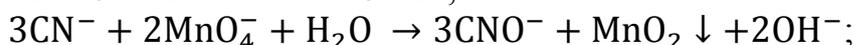
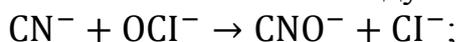
3. Комплексные растворимые ядовитые цианиды меди и цинка: $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$, $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$, $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$, $[\text{Zn}(\text{CN})_3]^-$, $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$, самым устойчивым из которых является комплекс $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$. Поэтому в сточных водах находится преимущественно именно этот комплекс.
4. Комплексные растворимые неядовитые цианиды, к которым относятся ферро- и феррицианиды калия и натрия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Данные комплексы при определенных условиях могут разлагаться и давать в раствор простые растворимые ядовитые цианиды.
5. Комплексные нерастворимые неядовитые цианиды, например, берлинская лазурь $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.

Очистка сточных вод от цианистых соединений может быть осуществлена рядом методов:

- окислением цианидов до цианатов;
- переводом токсичных соединений в относительно нетоксичные ферро- и феррицианиды;
- образованием нерастворимых простых и комплексных цианидов с последующим их отделением отстаиванием или фильтрацией.

Методы окисления

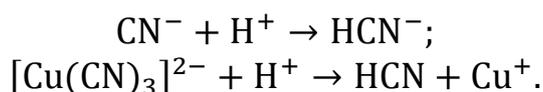
В качестве окислителей служит хлорная известь CaOCl_2 , гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, гипохлорит натрия $\text{Na}(\text{OCl})_2$, перманганатом калия KMnO_4 , озон O_3 , жидкий хлор Cl_2 в щелочной среде. Протекающие при этом реакции окисления описываются следующими уравнениями:



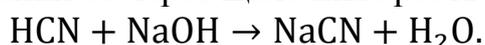
При выборе той или иной реакции окисления следует иметь в виду, что кислород воздуха (наиболее дешевый окислитель) цианиды не окисляет даже в присутствии катализатора.

Метод отгонки

Подкисляют серной кислотой сточные воды до pH 2,8 и барботируют воздухом. Цианид переходит в синильную кислоту по реакциям:



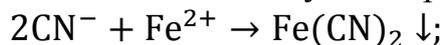
Синильная кислота улетучивается вместе с воздухом. Улавливание HCN происходит при пропускании её через щелочные растворы по реакции



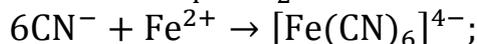
Метод перевода токсичных соединений в относительно нетоксичные

ферро- и феррицианиды.

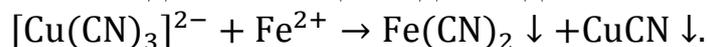
В качестве основного реагента используют сульфат железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Железо и цианид связываются по следующим реакциям:



при меньшем количестве $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



для комплексных соединений – цианидов меди



По окончании реакций в сточной воде оказывается мелкодисперсный осадок простого цианида железа (меди) и большой избыток железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, который коагулируют известковым молоком.

9.2.3. Очистка сорбционными методами (сорбция, ионный обмен, экстракция)

Сорбционное извлечение примесей активированными углями, экстракция и ионный обмен широко применяется в гидрометаллургических процессах. Но при кондиционировании вод в оборотных циклах обогащения до недавнего времени применялись редко. Связано это с относительной сложностью организации и обслуживания установок, в ряде случаев с дороговизной сорбентов.

В современных системах водооборота предпочтение отдается безреагентной очистке. Использование сорбционной очистки, коагулянтов и других реагентов целесообразно для кондиционирования оборотной воды, насыщенной ионами меди и железа.

Одним из примеров использования вышеперечисленных методов является схема очистки сливов сгустителей Зырянской фабрики приведена на рис. 21.

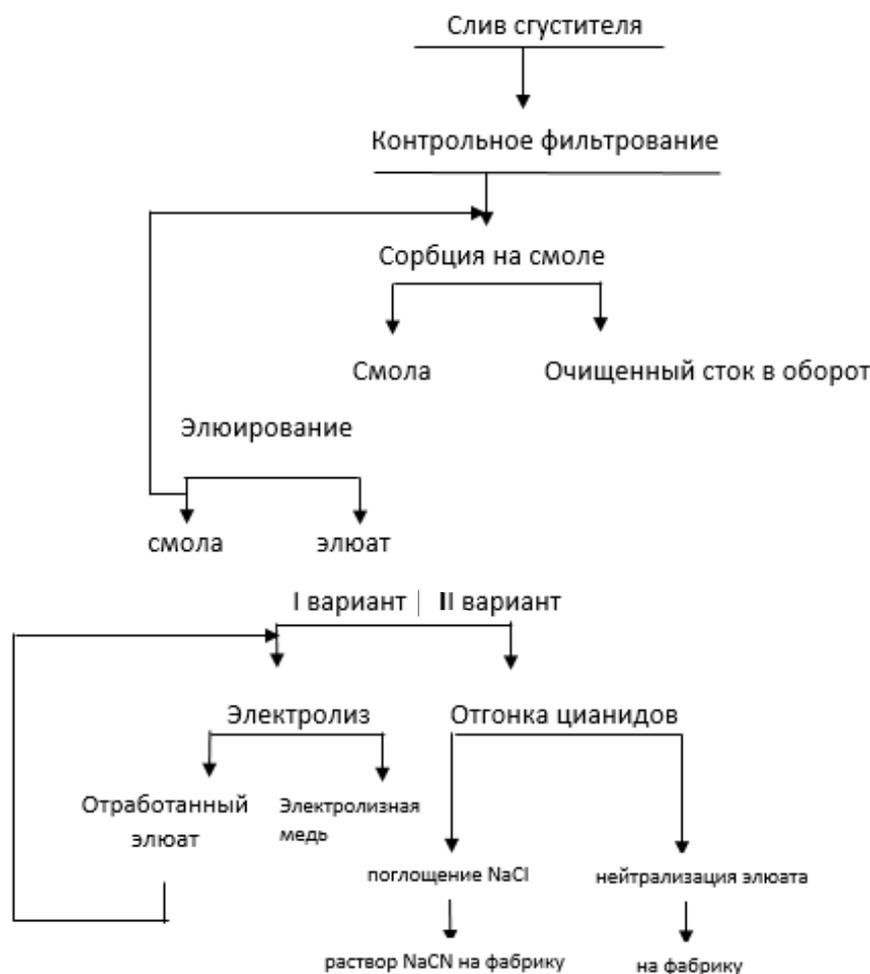


Рис. 21. Схема очистки стоков с утилизацией цианидов и тяжёлых металлов

Другой пример – это установка очистки сливов сгустителей Лениногорской фабрики приведена на рис. 22. Установка состоит из узла сорбции и узла регенерации. Узел сорбции состоит из трёх последовательно расположенных и наполненных смолой контактных колонок 1, каждая из них снабжена дренажным устройством 2, встроенным в нижнюю часть, через которое подаётся воздух для перемешивания раствора. Для отделения смолы от раствора в верхней части колонки установлен отстойник 3. Сточная вода из расходного бака 4 поступает в первую колонку, проходит через слой смолы и с помощью аэролифта 5 непрерывно подаётся в отстойник.

Осветлённая от смолы вода по системе трубопроводов поступает в следующую колонку, а смола периодически выпускается в контактную камеру колонки, где происходит основной процесс сорбции.

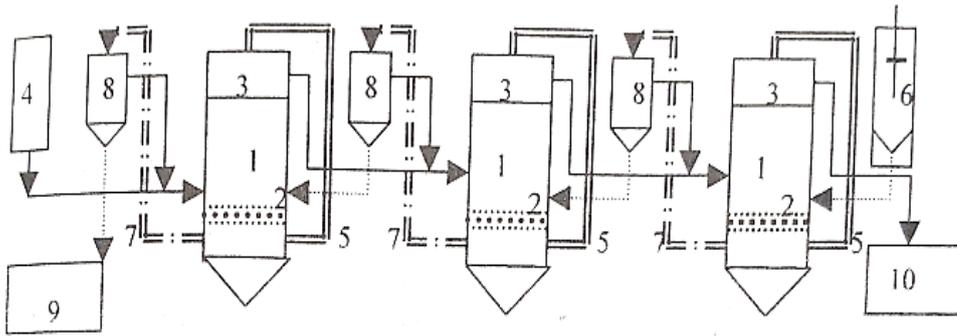


Рис. 21. Установка очистки сливов сгустителей Лениногорской фабрики (узел сорбции):

- сточная вода;
- - - потоки пульпы (сточная вода + сорбент);
- сорбент.

Свежая смола из бака 6 непрерывно подаётся в последнюю колонку, откуда малым аэролифтом 7 периодически через отстойник 8 передаётся в предыдущие колонки навстречу потоку. Таким образом, осуществляется принцип противотока. Насыщенная смола поступает в приёмный бак 9, очищенная вода – в приёмный бак 10. Вода направляется потребителю, а смола на регенерацию.

Ионообменный метод имеет следующие особенности при очистке сточных вод:

- достигается практически любая глубина очистки;
- утилизируются ценные компоненты;
- применяется при концентрациях примесей в сточных водах до 2000 мг/л.

9.3. Кондиционирование оборотных вод по содержанию органических примесей

Остаточные концентрации реагентов-вспенивателей, собирателей, различных масел и нефтепродуктов, присутствующих в оборотной воде могут привести к резкому нарушению технологического процесса обогащения.

Наиболее распространённым методом очистки от нефтепродуктов до сих пор остаётся механическое их отстаивание и фильтрация через кварцевые фильтры. В практике очистки сточных вод от нефтепродуктов известен целый ряд конструкций нефтеловушек-отстойников. Нефтеловушки, как правило, применяют для предварительной очистки. Более глубокая очистка достигается фильтрованием.

Метод очистки от вспенивателя в схемах кондиционирования подбирается в каждом конкретном случае. Эффективная очистка от ПАВ может быть достигнута флотационными методами.

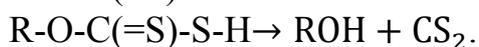
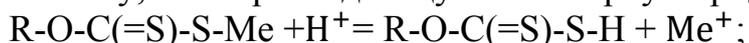
Во многих случаях наличие собирателей в оборотной воде является полезным, т.к. позволяет сократить их расход во флотации. Тем не менее, если оборотные воды такого состава ухудшают технологические показатели флота-

ционного процесса, в схемы кондиционирования могут быть включены различные методы очистки от остаточных концентраций собирателя. Рассмотрим методы очистки сточных вод от ксантогенатов.

Очистка от ксантогенатов

По химической природе ксантогенаты (Кх) представляют собой соли кислых сложных эфиров дитиоугольной кислоты. В практике флотации используются только растворимые ксантогенаты натрия или калия $R-O-C(=S)-S-Me$ (Na, K).

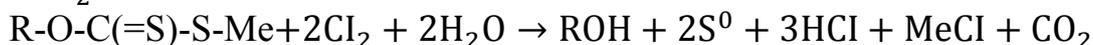
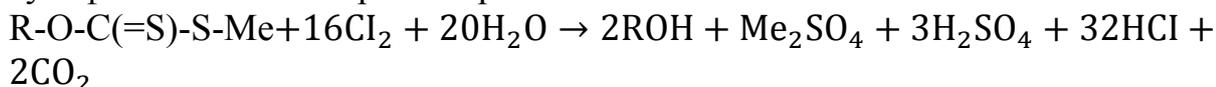
В кислой среде эти соли образуют очень неустойчивую ксантогенатовую кислоту, легко распадающуюся на сероуглерод и соответствующий спирт:



На этих реакциях и основан один из методов очистки сточных вод от ксантогенатов. Этот метод имеет ряд недостатков:

- Разложение Кх до сероуглерода проходит со скоростью, пригодной для промышленного использования только при $pH < 4$;
- в кислой среде примеси технического ксантогената – сульфаты, сульфиды, сульфиты, тиосульфаты – разлагаются с образованием токсичных сульфид-ионов и сернистого ангидрида, что требует дальнейшую доочистку стока от этих примесей;
- применяемые для создания кислой среды кислоты могут разлагать помимо Кх другие примеси сточных вод с образованием токсичных соединений, например, синильную кислоту при взаимодействии с простыми и комплексными цианидами.

Более пригодным методом очистки от Кх сточных вод обогатительного предела является окисление его активным хлором или озоном. Активный хлор способен окислять серу, входящую в состав Кх, до сульфатов полностью или до сульфатов и элементарной серы:



Аналогичные процессы протекают и при озонировании раствора Кх.

9.4. Кондиционирование ионного состава вод и очистка от твёрдых взвесей в хвостохранилище

Огромное значение при оборотном водоснабжении приобретает хвостохранилище как основное очистное сооружение.

В настоящее время проектируются и эксплуатируются преимущественно поверхностные хвостохранилища, т.е. хвостохранилища, расположенные на поверхности земли. К таким хвостохранилищам относятся: равнинные, косогорные, овражные, пойменные. Недостатками указанных типов хвостохранилищ

являются возможность загрязнения поверхностных и подземных вод, почвы, атмосферы за счёт выноса пыли с сухих участков пляжа; строительство ограждающих дамб; необходимость изъятия земли под хвостохранилище.

Хвостохранилища являются не только ёмкостью для складирования отходов и аккумуляции сточных вод, но и технологическим звеном в схеме кондиционирования вод, а, следовательно, и в схеме переработки полезных ископаемых.

Пульпа, попав в хвостохранилище, испытывает воздействие колебаний температур, солнечной радиации, биологических и атмосферных факторов. Водная система в химическом отношении стремится к равновесному для данных условий состоянию. В хвостохранилище идут физико-химические процессы. С одной стороны, часть примесей разлагаются и выпадают в осадок, с другой – увеличивается общая минерализация вследствие растворения части минералов и перехода их в раствор.

В хвостохранилище со временем происходит снижение рН раствора. Изменение рН происходит уже в первый период хранения. По данным Л.В. Милованова, на вторые сутки хранения рН снижалось с 10,5 до 9, а за семь суток – до 8,1.

Снижение рН происходит в основном за счёт окисления сульфидов и зависит от минерального состава твёрдой фазы хвостов. При наличии пирита процессы окисления ускоряются, т.к. пирит генерирует серную кислоту. В результате окисления сульфидов происходит выщелачивание отдельных элементов.

Хвосты в процессе хранения могут заселяться микроорганизмами, жизнедеятельность которых также способствует повышению кислотности среды.

Большое влияние на процессы самоочищения оказывает температура. Например, разложение ксантогенатов в тёплый период года происходит примерно в два раза быстрее, чем в холодный.

Содержание кислорода в воде является также важным фактором. Дитиофосфаты и ксантогенаты постепенно окисляются кислородом, растворённым в воде.

Интенсифицировать процессы водоочистки в хвостохранилище можно добавками реагентов, например, извести. Известь способствует образованию гидроокисей тяжёлых металлов и осаждению их из растворов.

Для очистки хвостовой пульпы от твёрдых взвесей в хвостохранилище создаётся пруд-отстойник. В пруду должны выпасть шламы с расчётным диаметром d и крупнее. Это условие определяет длину осветлительного пруда – от начала до водоприёмника.

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. На чем основана очистка оборотной воды от ксантогенатов?
2. Какие особенности имеет ионообменный метод при очистке сточных вод?

3. Какие методы используются для очистки сточных вод от цианидов?
4. Кокой метод является наиболее распространённым методом для очистки от нефтепродуктов?
5. Каким образом могут быть созданы оптимальные условия разделения минералов при использовании высокоминерализованных вод?
6. Назовите особенности кондиционирования ионного состава вод и очистки от твёрдых взвесей в хвостохранилище.
7. В каком случае целесообразно использование для кондиционирования оборотной воды сорбционной очистки, коагулянтов и других реагентов?

ГЛАВА 10. ПРАКТИКА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

10.1. Меры по охране и рациональному использованию водных ресурсов

Рассматривая меры по охране и рациональному использованию водных ресурсов, следует ещё раз подчеркнуть, что сохранение в количественном и качественном отношении природных водоисточников является фундаментальным требованием, определяющим тактику и стратегию водохозяйственной деятельности.

Решение проблемы предотвращения загрязнения водоёмов сточными водами состоит в создании безотходных технологий. Под термином «безотходная технология» понимают комплекс мероприятий, до минимума сокращающий количество вредных выбросов. В промышленности это главным образом:

- строительство цеховых и общезаводских сооружений по очистке сточных вод;
- совершенствование технологического процесса производства и строительство утилизационных установок для извлечения ценных веществ из сточной воды.

Рациональное использование водных ресурсов в условиях горно-обогатительного предприятия подразумевает:

- грамотное экологически безопасное строительство гидротехнических сооружений: водохранилищ для обеспечения бесперебойного водоснабжения предприятия и хвостохранилищ для очистки сточных вод и осуществления оборотного водоснабжения;
- разработку и внедрение «сухих» технологий обогащения взамен «мокрого» обогащения;
- разработку и внедрение водосберегающих технологий обогащения;
- усовершенствование оборудования с целью снижения потерь воды и её загрязнения;
- создание системы жёсткой экономии питьевых вод.

Всё большее значение на промышленных предприятиях приобретает применение оборотной системы водоснабжения или повторного использования воды.

Внедрение водооборота подразумевает:

1. Определение оптимального ионного состава оборотной воды для ведения процесса обогащения.
2. Снижение потерь ценного компонента с хвостами обогащения.
3. Создание схемы кондиционирования сточных вод.
4. Восполнение потерь технологической воды за счёт шахтных и карьерных вод.
5. Усовершенствование процессов водоочистки и водоочистного оборудования.

Рассмотрим некоторые примеры, относящиеся к вышеперечисленным направлениям РИВР.

Строительство водохранилищ для обеспечения бесперебойного водоснабжения предприятия.

Промышленное использование рек Южного Урала началось в восемнадцатом столетии в связи развитием металлургии горных промыслов. На реках начали создаваться пруды, регулируя, таким образом, часть их стока. Вода использовалась для приведения в действие различных заводских механизмов, для охлаждения. Первые заводские пруды появились в северных и западных частях области: на реке Уфе для Нязепетровского завода – в 1747 году, на реке Ай для Златоустовского завода – в 1754 году, на реке Сим в 1759 году, на реке Сатке в 1756 году и др.

В Челябинской области в середине 90-х годов XX в. насчитывалось 378 водохранилищ, построенных для нужд промышленности, сельского хозяйства и рыбоводства. Из них 19 крупных – ёмкостью более 10 млн м³; 101 среднее – ёмкостью 1 – 10 млн м³; 51 малое – ёмкостью 0,5 - 1 млн м³. Большая часть, 207 водохранилищ, имеют ёмкость до 0,5 млн м³.

Внедрение водооборота

На предприятиях Оренбуржья введение оборотного водоснабжения дало возможность повторно использовать 1 млрд 900 млн м³ воды в год. Река Урал стала чище.

Внедрение в Челябинске оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях позволило резко сократить потребление речной воды с 8,8 до 5,5 тыс. м³ в сутки и уменьшить сброс в канализацию.

Технология переработки на современном обогатительном предприятии (ГОКе) включает: добычу горной массы (открытым или подземным способом) и доставку её на обогатительную фабрику; крупное, среднее и мелкое дробление (сухое), измельчение горной массы мокрым способом до раскрытия минералов; разделение измельчённого продукта мокрым способом на концентраты и хвосты с помощью магнитной сепарации, флотации, гравитации ит.п.; отгрузку концентратов и складирование хвостов.

При реализации такой технологии в измельчение и все последующие операции подаётся вода, главной функцией которой является перемещение частиц разделяемой смеси минералов. Расход воды по ГОКам колеблется от 2 м³ на 1 т исходной руды до 20 м³/т и более (на Качканарском ГОКе расход воды, например, составляет 9 м³/т).

Это значит, что для транспортирования 1 т (0,25 – 0,4 м³) руды надо качать, перекачивать, отправлять в хвостохранилище в среднем 10 т воды, а затем вернуть её на фабрику в виде оборотной воды. Другими словами, чтобы разделить 0,3 м³ руды приходится перекачивать 20 м³ воды.

Примеры организации оборотной схемы водоснабжения ГОКов представлены на рисунках 22 и 23.

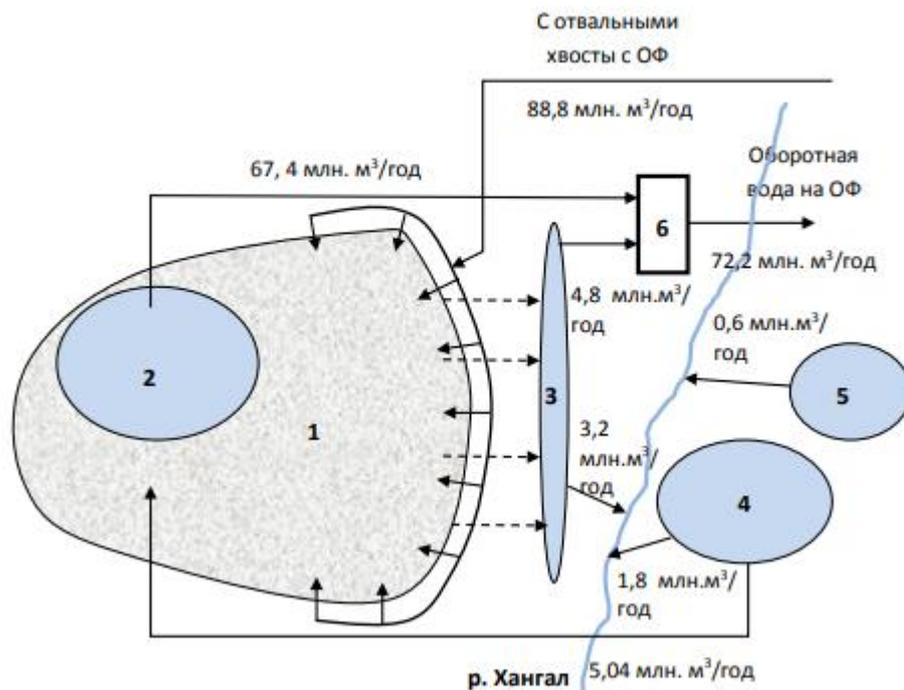


Рис. 22. Схема организации водооборота, применяемая на ГОКе «Эрденет»

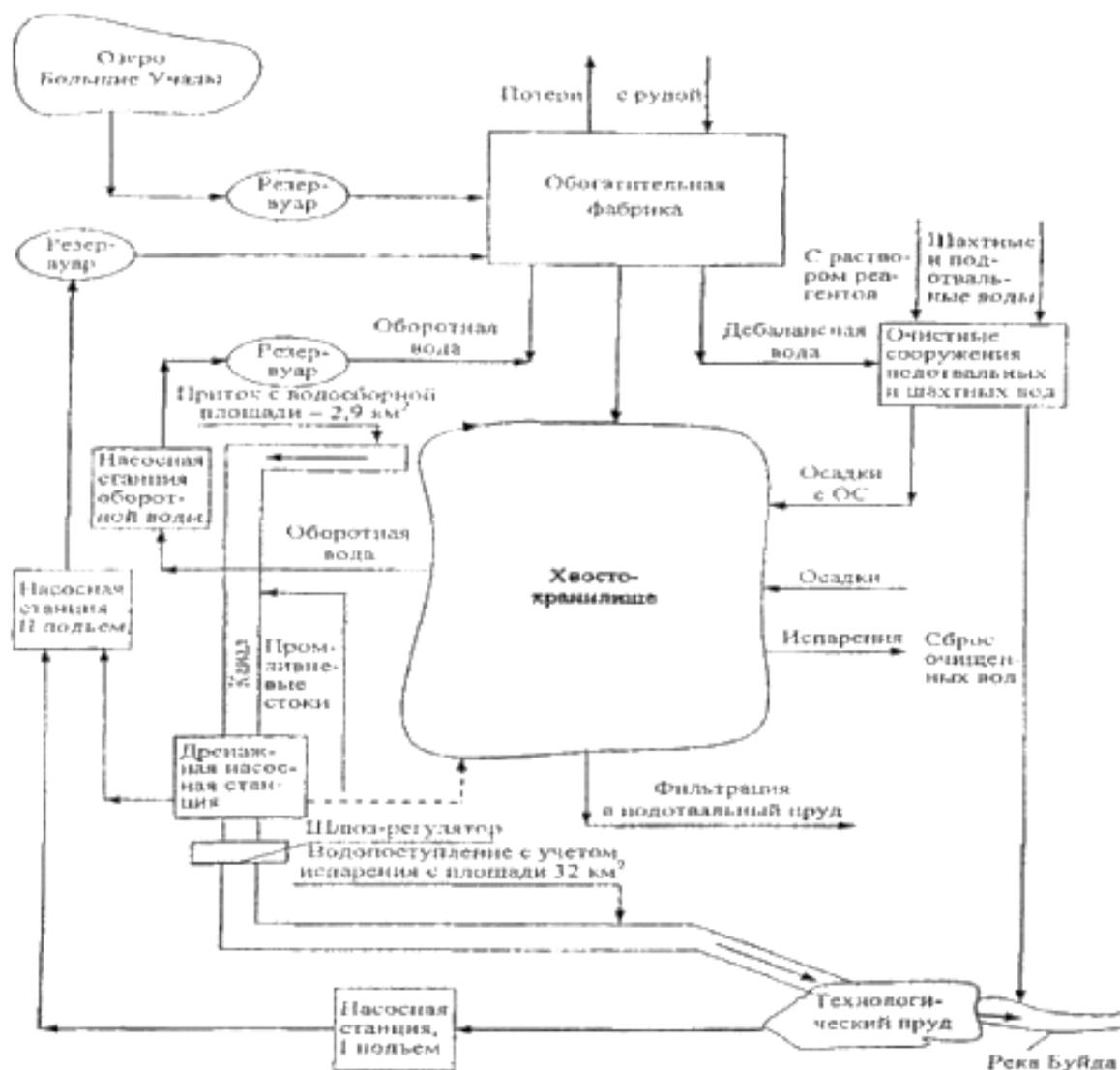


Рис. 23. Схема организации водооборота, применяемая на Учалинском ГОКе

10.2. Практика рационального использования водных ресурсов на обогатительных фабриках

Использование систем оборотного водоснабжения на обогатительных фабриках с многократным использованием воды и постепенным переходом на замкнутые системы водоснабжения, полностью исключаящие сброс сточных вод в естественные водоемы, является необходимой мерой защиты природных водоемов от загрязнений и рационального использования источников водоснабжения и мерой стабилизации качества воды в процессах обогащения. Выбор схемы оборотного водоснабжения зависит от типа перерабатываемых руд или углей и принятой технологии их обогащения.

10.2.1. Водный цикл рудообогатительных фабрик (РОФ)

При обогащении руд черных металлов и горно-химического сырья наиболее простой и экономически рациональной является система водооборота из хвостохранилища.

Применение специальных методов очистки и кондиционирования всей оборотной воды требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, что резко снижает себестоимость получаемых концентратов. Поэтому при создании бессточных схем оборотного водоснабжения обогатительных фабрик доочистка и кондиционирование часто применяются лишь для части оборотной воды, которая используется на технические, санитарно-технические цели, во вспомогательных операциях или в отдельных узлах технологической схемы обогащения руд (например, в перемешивающих операциях флотации).

В качестве примера на рисунке 24 приведена схема полного водооборота на апатит-нефелиновой обогатительной фабрике (АНОФ-2) с доочисткой и кондиционированием части оборотной воды на станции механохимической очистки, а на рисунке 25 — схема полного водооборота обогатительной фабрики Кингисеппского ПО «Фосфорит», по которой в хвостохранилище поступают лишь хвосты флотации, а сливы сгустителей и фильтрат вакуум-фильтров подаются на биохимическую очистку.

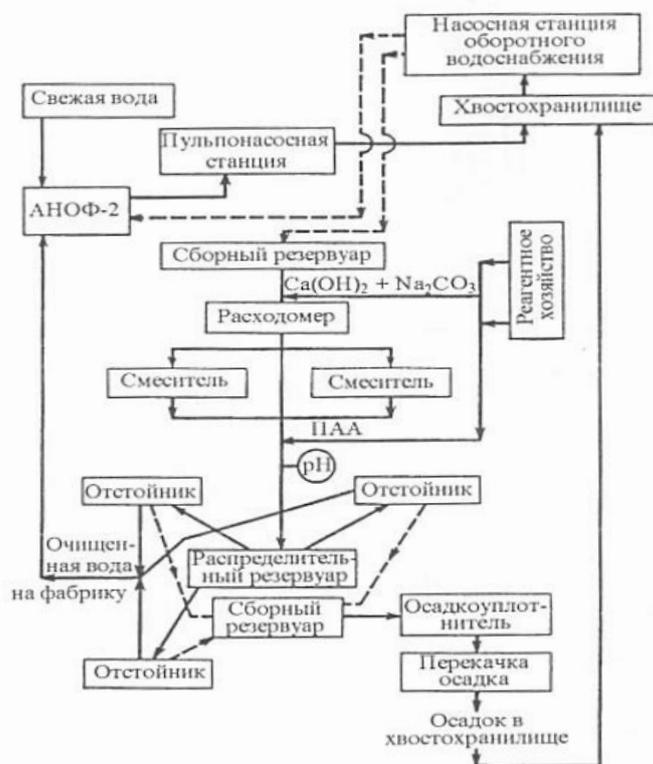


Рис. 23. Схема полного водооборота на апатит-нефелиновой обогатительной фабрике (АНОФ-2) (с механохимической очисткой части оборотных вод)

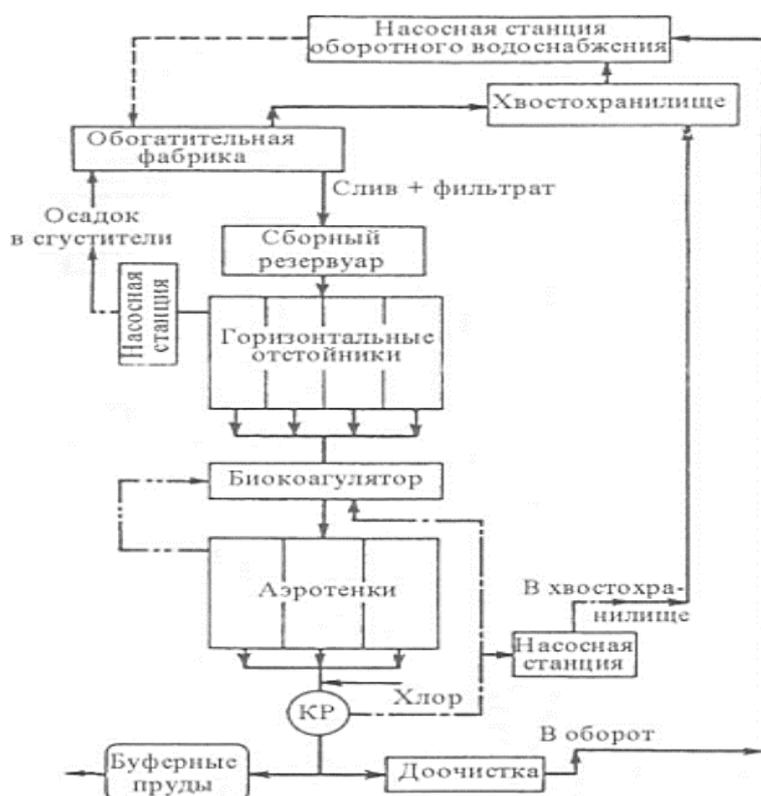


Рис. 24. Схема полного водооборота на обогатительной фабрике
Кингисеппского ПО «Фосфорит»

(с биохимической очисткой сливов сгустителей и фильтрата вакуум-фильтров)

На *Гайской обогатительной фабрике* перерабатываются медные и медноцинковые сплошные и вкрапленные колчеданные руды. Источником водоснабжения фабрики являются обратная вода из хвостохранилища (60 %), свежая вода из артезианских скважин (30 %) и шахтная вода (15 %). В систему обратного водоснабжения входят: сборный резервуар обратной воды, насосная станция, трубопроводы от насосной станции до водонапорной башни и далее до разводящего трубопровода в главный корпус. Кроме того, на фабрике существует внутренний водооборот: условные чистые стоки главного корпуса, дробильного отделения и слив медного сгустителя используются в обороте, минуя хвостохранилище. Для кондиционирования потребляемых вод предусмотрено следующее. Шахтные воды с высоким содержанием растворённой меди поступают на станцию очистки от меди цементацией, а затем поступают в отстойник кислых вод, откуда идут в хвостохранилище для нейтрализации щелочных вод обогатительной фабрики. Чаша хвостохранилища распределительной дамбой разделена на две части, предназначенные для отдельной укладки пиритных и беспиритных хвостов. Обе части хвостохранилища имеют самостоятельные сливные сооружения (колодцы и коллекторы). Осветлённая вода по коллекторам поступает в резервуар насосной станции обратного водоснабжения. Дренажирующие через дамбу хвостохранилища воды улавливаются специальными устройствами и отводятся в тот же резервуар обратной воды. Обратная вода фабрики характеризуется высоким содержанием растворимых солей. Часть слива хвостохранилища сбрасывается во внутренний отстойный пруд и после

дополнительного отстаивания и естественной очистки направляется в реку Ташкут.

В разработанную систему общего водопользования промышленного узла горно-обогатительного комбината (на примере Зырянского ГОКа) (рис.25) направляются сливы сгустителей, шахтные воды, стоки очистных сооружений близлежащих промышленных и автотранспортных предприятий, других объектов водопользования. Сливы сгустителей хвостохранилища промышленных и транспортных предприятий после индивидуальной очистки и утилизации содержащихся в них ценных компонентов направляются в общие очистные сооружения, использующие биохимические методы разрушения ксантогенатов, цианидов и других компонентов.

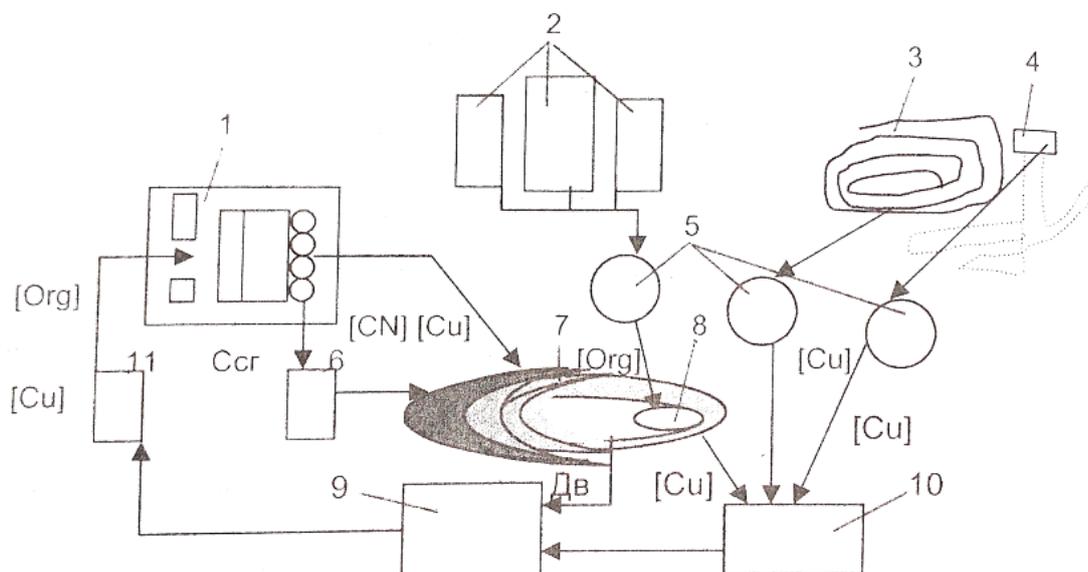


Рис. 25. Схема общего водооборота промышленного узла горно-обогатительного комбината, перерабатывающего полиметаллические руды по цианидной технологии:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 – обогатительная фабрика; | 8 – окислительный пруд; |
| 2 – промышленные предприятия; | 9 – сборник дренажных вод; |
| 3 – карьер; | 10 – насосная станция; |
| 4 – шахта; | 11 – цех кондиционирования оборотных вод; |
| 5 – очистные сооружения; | [Cu], [CN], [Org] – контролируемые параметры; |
| 6 – цех очистки сливов сгустителей; | Ccg – слив сгустителей; |
| 7 – хвостохранилище; | Дв – дренажные воды. |

Сливы общих очистных сооружений объединяются с рудничными водами и направляются на операции кондиционирования, в которых из них удаляются ионы и комплексы меди, органические соединения, регулируется окислительно-восстановительный потенциал. После кондиционирования обратная вода подается в операции измельчения и коллективной флотации. Эта схема позво-

ляет минимизировать затраты на очистку и кондиционирование и вести технологический процесс обогащения полиметаллических руд с высокими показателями.

Прогрессивное направление, которое активно развивается в отечественной и зарубежной практике по созданию систем оборотного водоснабжения, базируется на энергосберегающей технологии, в основе которой лежит принцип тонкослойного отстаивания

10.2.2. Водный цикл углеобогажительных фабрик (УОФ)

Качественный состав и объём сточных вод для углеобогажительных фабрик зависит от типа угля и способа его добычи. Водный цикл фабрик, обогащающих уголь, добытый в «сухих» шахтах, показан на рисунке 26.

Сточные воды таких фабрик, отводимые на гидроотвал, имеют специфический запах флотореагентов, маслянистую плёнку, не прозрачны после двухчасового отстоя, содержат до 40 000 мг/дм³ взвешенных веществ и имеют бихроматную окисляемость, достигающую 30 000 мг/дм³. Флотореагенты находятся в сточных водах в растворённом состоянии и сорбированы на взвешенных веществах.

Нужно отметить, что сточные воды комплекса обогатительная фабрика – гидрошахта имеют несколько меньшее относительное загрязнение в связи с большим объёмом циркулирующей воды.

На углеобогажительных фабриках в качестве отходов производства кроме сточных вод образуется большая масса пустой породы. Она складывается на плоских отвалах, обычно примыкающих к территориям фабрик. На плоских отвалах скапливается также уголь. Порода и уголь в цикле обогащения контактируют с флотореагентами, поэтому ливневые (дождевые) стоки с территории плоских отвалов могут быть загрязнены химическими соединениями. Фабрики по обогащению сухого угля при строгом соблюдении технологического режима и эксплуатации гидроотвалов могут работать при замкнутом водном цикле. Однако в реальных условиях в результате фильтрации оборотной воды через тело дамб, избытка воды в водном цикле за счёт атмосферных осадков и при аварийных ситуациях сточные воды углеобогажительных фабрик поступают в природные водные объекты.

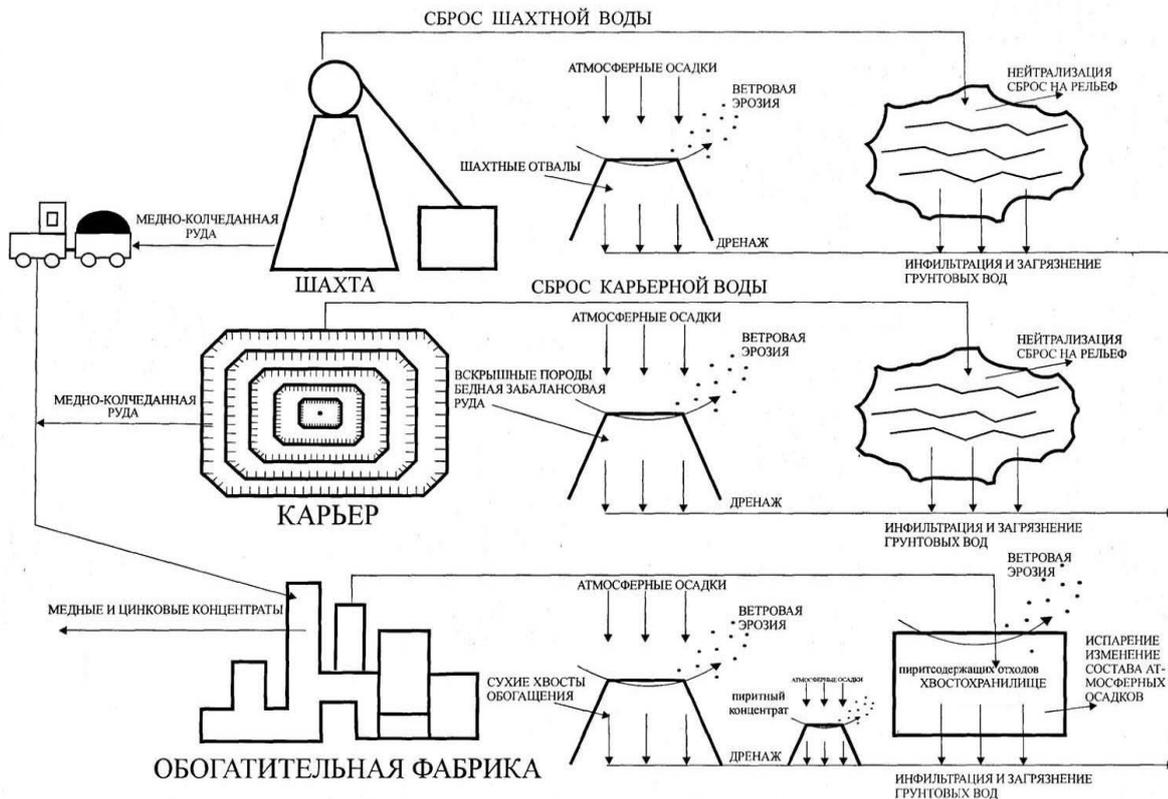


Рис. 27. Схема образования техногенных вод на горных предприятиях

На Гайском ГОКе подотвальные воды по системе нагорных канав собираются в пруды-накопители № 1,2,3, откуда по системе трубопроводов перекачиваются в пруд кислых вод, куда также поступают шахтные воды. Анализ водного цикла и его составляющих показал, что смешение шахтных вод с подотвальными разубоживает последние до содержания металлов: меди – 150 мг/л, цинка – 10 мг/л, железа – 900 мг/л, алюминия – 500 мг/л. Поступление подотвальных вод 800 – 1000 тыс. м³, шахтных – около 4 млн м³ в год. При этом шахтные воды маломинерализованы.

При участии института ВНИИХТ Минатомпрома разработана технология переработки подотвальных вод. Из техногенных вод практически полностью извлекаются все тяжёлые металлы – медь и цинк, железо и алюминий, оставшийся раствор содержит лишь сульфат натрия. Технология основана на последовательном осаждении меди, цинка, железа и алюминия путём повышения рН среды. Технология предусматривает: повышение в реакторе рН раствора до 3,8 – 4 для осаждения железа, центрифугирование раствора, распульпацию твёрдого, перевод гидроокиси железа в окись в автоклавах при соответствующих температуре и давлении. Фугат направляется в реактор для повышения рН раствора до 5 для осаждения алюминия, центрифугируется и т.д. Медь и цинк осаждаются таким же образом при соответствующих рН раствора. Раствор подщелачивается Na₂CO₃. Технология пока не имеет промышленной реализации. По предварительной оценке при переработке 500 тыс. м³ растворов с минерализацией меди 600 мг/л, цинка 300 мг/л, железа 2450 мг/л, алюминия 1600 мг/л по-

лучится пигмента железа 1740 т, гидроокиси алюминия 2240 т, меди 300 т, цинка 150 т.

На промплощадке Гайского ГОКа была установлена и испытана ионообменная полупромышленная установка извлечения меди и цинка из шахтных вод и с предварительным выделением железа из раствора. Для последовательного извлечения меди и цинка специально подобраны селективные сорбенты. Содержание основных ценных компонентов в водах: меди и цинка 100 – 500 мг/л, примесных Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O , CaO , K_2O , MgO и др. 500 – 1000 мг/л, общее содержание 4000 – 7000 мг/л, рН 2,0 – 3,5, SO_4 – 4,5 г/дм³.

Лучшие показатели адсорбции достигнуты на аминокарбоксильных амфолитах.

Заслуживает внимания способ гидросульфидного селективного выделения меди и цинка из кислых сульфатных растворов предложенный Халезовым Б.Д. Полупромышленные испытания проведены на растворах шахтного водопритока Дегтярского рудника. Схема цепи аппаратов представлена на рисунке 28. Полученные медный и цинковый концентраты содержат соответственно $Cu = 51,1$ и $Zn = 1,9\%$; $Zn = 49,7$ и $Cu = 2,59\%$. К недостаткам метода следует отнести образование сернистого газа и необходимость его улавливания.



Рис. 28. Схема цепи аппаратов для селективного извлечения из растворов сульфидов меди и цинка гидросульфидом натрия

Характеристика еще нескольких современных технологий извлечения цветных металлов из вод дана в таблице 15.

Современные технологии переработки кислых сульфатных металлсодержащих техногенных вод

Технология	Продукт	Массовая доля металла, %	Концентрация металла в очищенной воде, мг/дм ³	Авторы
Гидросульфидная технология последовательного осаждения цинка и меди	Медный концентрат Цинковый концентрат	Cu-51,1 Zn-1,9 Cu-2,59 Zn-49,7	н/д	Халезов Б.Д.
Технология флотационного выделения меди и цинка	Цинковый сублат Медный сублат Гидролитический осадок	Cu-4.34 Zn-57.43 Cu-74.24 Zn-0.54 Cu-2.3 Zn-27.6	Cu-0,0008 Zn-0,007 Fe - 0,1	Чантурия В.А. Медяник Н.Л.
Электро-коагуляционно-флотационная технология выделения меди, железа и марганца	Цементная медь Железосодержащий осадок Марганцевый флотоконцентрат	Cu-66,5 Fe – 3,35 Mn - 1,09 Cu-1,83 Fe – 52,0 Mn - 0,81 Cu-0,15 Fe – 0,54 Mn - 50,07	Mn < 0,01 Cu < 0,02 Fe < 2,36	Чантурия В.А. Шадрунова И.В. Медяник Н.Л. Мишурина О.А.
Технология комплексного гидролитического осаждения известкованием с интенсификацией отстаивания введением флокулянта	Кек	Cu-8,5 Zn-11,3 Fe – 6,9	Cu < 0,1 Zn < 0,2 Fe < 0,3	Набойченко С.С. Мальцев Г.И. Шидловская. И.А.
3.Технология двухстадиального гальванокоагуляционного извлечения	Медный продукт Цинковый продукт	Cu-10,19%; Zn-1,97%; Cu - 0,10%; Zn-6,78 %	Cu < 0,005 Zn < 0,02 Fe - 0,1	Орехова Н.Н. Шадрунова И.В.

10.4. Разработка и внедрение «сухих» технологий обогащения взамен «мокрого» обогащения

В последние годы на одном из Северо-Уральских обогатительных комбинатов в связи со сложной экономической ситуацией и возросшими экологическими проблемами в практике обогащения карбонатных марганцевых руд стали использоваться сухие методы обогащения. Так, например, ранее на комбинате технологическая схема обогащения включала: сушку исходной руды до 1,5 % влаги; дробление в щековой дробилке; сепарацию в сильном поле на электромагнитном валковом сепараторе ЭВМ 30/100. Усовершенствованная технология предусматривает: дробление центробежно-ударным способом; использование роторного сепаратора с высокоинтенсивным магнитным полем (ЭРС), позволяющим значительно увеличить эффективность сухой магнитной сепарации.

Внедрение радиометрической сепарации магнезита на ООО «Магнезит» г. Сатка позволило отказаться от тяжелосредной сепарации и тем самым уменьшить объем используемой воды.

На Братском алюминиевом заводе образуется около 40000 тонн в год твердых техногенных отходов. Анализ исследуемых характеристик некондиционного глиноземсодержащего продукта, а также опробование действующей технологической схемы переработки и продукта показал возможность ее улучшения, в том числе за счет включения дополнительных операций сепарации. При учитывалось, что глинозем для электролитического получения алюминия должен иметь влажность 2,5 % согласно ГОСТ 30558-98 «Глинозем металлургический. Технические условия». В связи с этим, помимо доведения содержания примесей до кондиционных требований стояла задача получения сухого продукта. Разработка в Иркутском ГТУ технологии фотометрической сепарации с целью очистки некондиционных продуктов от окислов железа и кремния для получения вторичного глиноземсодержащего сырья позволила предложить технологию на основе сухой гравитации на воздушных классификаторах и разделения по различию в цвете на фотометрическом сепараторе с операциями дополнительного дробления.

10.5. Усовершенствование оборудования с целью снижения потерь воды и загрязнения воды

Интенсивность и токсичность выбросов золотоизвлекательных фабрик в атмосферу и гидросферу считаются одними из самых высоких в промышленном производстве, прежде всего, из-за применения цианистых и амальгамационных технологий.

При использовании центробежных концентраторов выяснилось, что встречающаяся в хвостохранилищах ртуть попадает через отверстия для ожигения внутрь водяной рубашки, где происходит её накопление. В связи с этим было проведено усовершенствование конструкции аппарата. Для хвостохранилищ, отвалов, водоёмов и почв, загрязнённых ртутью, разработана технология, позволяющая очистить их от металлургической ртути и снизить её содержание

по ПДК.

10.6. Снижение потерь ценного компонента с хвостами обогащения

Потери полезного компонента со сливами сгустителей фильтратом вакуум-фильтров загрязняют сточные воды и являются практически безвозвратными. Потери пятиоксида фосфора со сливами сгустителей занимают доминирующее место в структуре общих потерь для ряда обогатительных фабрик ОАО «Апатит». Для снижения потерь апатита предложено применение флотации с предварительной коагуляцией тонкодисперсной фазы. Процесс осуществляется в два этапа: образование агрегатов (флокул) из тонкодисперсной твёрдой фазы. А затем создание условий для флотационного выделения образованных флокул в пенную фракцию с последующим присоединением её к флотационному апатитовому концентрату. Для флотации используется флотационная машина для разделения руд в активированных водных дисперсиях воздуха (АВДВ). Испытания разработанной технологии доизвлечения апатита из сливов сгустителей показали возможность обеспечения очистки сливов на уровне 99 %.

10.7. Определения оптимального ионного состава оборотной воды для ведения процесса обогащения

Талнахская обогатительная фабрика (ТОФ) перерабатывает сульфидные медно-никелевые пирротинсодержащие руды по схеме прямой селективной флотации с получением медного, никелевого, пирротинсодержащего концентратов в условиях водооборота. Усреднённый состав оборотной воды (ТОФ) приведён в таблица 16.

В ходе исследований влияния ионного состава оборотной воды на технологические показатели флотации медно-никелевых руд установлено, что основным показателем качества воды является величина рН среды. Оптимальные её значения должны находиться в пределах 7,5 - 8,5. Кроме того, в этом интервале значений рН оборотная вода стабильна (индекс стабильности равен 1) и не оказывает коррозионного действия на оборудование.

Следующим важным параметром состава оборотных вод является концентрация тиосульфат-ионов, повышающих извлечение минералов меди.

Таблица 16

Усреднённый состав оборотной воды и технологические требования к составу оборотной воды

Показатель	Усреднённый состав	Технологические требования
Ионы кальция	616,70	800
Тиосульфат-ионы	243,0	От 320 до 480
Сульфат-ионы	1633,80	-
Хлорид-ионы	328,20	420

Показатель	Усреднённый состав	Технологические требования
Общее солесодержание	3421,70	-
Содержание минеральных солей	2841,70	3000
Аэрофлот	3,15	3
Ксантогенат	1,30	0,6
ДМДК	0,58	От 0 до 1
Пенообразователь	1,67	3
Общая органика	5,54	8
рН	7,62	От 7 до 8,5
Щёлочность, мг-экв/л	0,43	-
Взвешенные вещества	49,50	30
Окисляемость (перманганатная), мгО ² /л:		
– в обычных условиях	129,20	-
– при кипячении	168,50	-

Особое влияние на показатели обогащения оказывает присутствие в оборотной воде органических флотореагентов. При повышении их концентрации выше допустимых значений процесс флотации нарушается. В связи с этим на ТОФ предусмотрена очистка оборотной воды с использованием активированного угля.

По результатам этих исследований были разработаны технологические требования к составу оборотной воды (см. табл. 16).

ВОПРОСЫ

(для самопроверки усвоения материала)

1. Как организована схема оборотного водоснабжения, применяемая на ГОКе «Эрденет»/ Кингисеппского ПО «Фосфорит»?
2. Какой вид загрязнений оборотной воды оказывает особое влияние на показатели флотационного обогащения?
3. Приведите пример разработки и внедрение «сухих» технологий обогащения взамен «мокрого» обогащения.
4. На каких методах очистки основаны современные технологии переработки кислых сульфатных металлосодержащих техногенных вод?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Учебники

1. Горлова, О.Е., Орехова Н.Н. Обезвоживание продуктов обогащения и обратное водоснабжение обогатительных фабрик: [Электронный ресурс] : учебное пособие /Ольга Евгеньевна Горлова, Наталья Николаевна Орехова ; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (74,0МБ). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ», 2017.
2. Белевцев, А.Н. Процессы и аппараты очистки воды в металлургии. Учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.Н. Белевцев, М.А. Белевцев, Л.А. Мирошкина. — Электрон. дан. — М. : МИСИС, 2007. — 138 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1872> — Загл. с экрана.
3. Воронов, Ю.В. Водоотведение [Текст]: учебник / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, В.П. Саломеев, Е.А. Пугачев.- М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 415 с. - ISBN 978-5-16-006330-0.
4. Мязин В. П., Литвинцева О. В. Обратное водоснабжение обогатительных фабрик. Методы очистки и кондиционирования сточных и оборотных вод. – 2011.
5. Орехова, Н.Н. Рациональное использование водных ресурсов [Текст]: учеб. пособие / Н.Н. Орехова. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. -105с. – ISBN 5-89514-423-3.
6. Красавцев, Г.Н. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии [Текст]: учебник / Г.Н. Красавцев, Ю.И. Ильичев, А.И. Кашуба. – М.: Металлургия, 1989.- 284 с. – ISBN 5-229-00289-1.
7. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] : учебник / С.В. Яковлев, Ю. В. Воронов ; под общ. ред. Ю. В. Воронова. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: АСВ, 2002. - 703 с. : ил. – ISBN 5-930931-19-4.
8. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки: Справочное пособие. - Днепрпетровск, 2000. - 41 с.
9. Самойлик В. Г. Вспомогательные процессы обогащения. – 2018.
10. Самыгин В. Д., Игнаткина В. А., Коржова Р. В. Обезвоживание и очистка сточных вод при обогащении минерального сырья (разделение твердой и жидкой фаз): Учебник //НИТУ МИСиС, М. – 2013.

Дополнительная литература:

1. Н.Н. Орехова, И.В. Шадрунова. Образование и комплексная переработка природно-техногенных вод при эксплуатации медно-цинковоколчеданных месторождений: Монография – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. МГТУ, 2015.
2. Яковлев, С.В. Рациональное использование водных ресурсов [Текст]: учебник / С.В. Яковлев.- М.: Высшая школа, 1991.- 400с. – ISBN 5-06-001825-3.

3. Хенце, М. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы [Текст]: учебник / М. Хенце. – М.: Мир, 2004. – 480 с. – ISBN 5-03-003430-7.
4. Реввель, П. Среда нашего обитания [Текст]. Книга вторая (Загрязнение воды и воздуха): Пер. с англ. / П. Реввель, Ч. Ревеель. - М.: Мир, 1994.- 296 с. – ISBN 5-03-002893-5.
5. Киреева, Т.Н. Дренажные системы и очистные сооружения [Текст]: учебник / Т.Н. Киреева. – М.: Стройинформ, 2005. – 272 с. – (Учебник для вузов). - ISBN: 5-94418-015-3.
6. Федеральный закон: Выпуск 4(538). О водоснабжении и водоотведении. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 63 с. ISBN 978-5-16-005693-7.
7. Периодические издания: «Экология производства», «Вода: технология и экология», «Вода: химия и экология», «Экология и промышленность России», «Экология и жизнь», «Обогащение руд», реферативный журнал «Горное дело», «Горный журнал», «Горный журнал. Известия высших учебных заведений», «Цветные металлы», «Цветная металлургия», «Черные металлы».
8. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст]: учебник / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. - М.: Ассоциации строительных вузов, 2009. – 702 с. – (Учебник для вузов). - ISBN: 978-5-93093-119-8.

Открытые электронные ресурсы:

1. WWF (Всемирный фонд дикой природы). Сайт: <http://www.wwf.ru>.
2. Всероссийский экологический портал. Сайт: <http://ecoportal.su>.
3. Тенденции и динамика загрязнения природной среды РФ. Сайт: <http://dynamic.igce.ru/>.
4. Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Водные ресурсы. Сайт: http://mnr.gov.ru/theme/vodnye_resursy/.
5. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Сайт: <http://www.meteorf.ru/product/infomaterials/ezhegodniki/>.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в РФ. Сайт: <http://194.87.66.197/gosdoklad-eco-2016/water.html>.

ГЛОССАРИЙ

Антропогенные факторы — факторы, обязанные своим происхождением деятельности человека.

Бассейн реки—территория земной поверхности, с которой все поверхностные и грунтовые воды стекают в данный водоём или водоток, включая различные его притоки.

Водное хозяйство — в ряде стран — самостоятельная отрасль экономики.

Водное хозяйство (*Water — managementsystem*) — водное хозяйство — область деятельности, обеспечивающая:

✓ управление водными ресурсами с целью удовлетворения нужд населения и национальной экономики в воде;

✓ управление предупреждением и ликвидацией вредного воздействия вод.

✓ управление рациональным использованием водных ресурсов и их охраной от загрязнения, засорения, истощения;

✓ управление эксплуатацией водохозяйственных систем;

Водные ресурсы (*Ресурсы гидросферы, Waterresources; Watersupply*) — пригодные для использования в национальной экономике запасы вод суши, Мирового океана, подземных вод, почвенной влаги, льдов, снежного покрова и их энергия: механическая или тепловая.

Водный баланс (*Waterbalance*) — соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени для рассматриваемого объекта.

Водный кадастр (*Watercadastre*) — Водный кадастр — систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны с учетом размеров и форм использования вод в различных областях хозяйственной деятельности. Водный кадастр включает гидрологическую изученность основных гидрологических характеристик и ресурсы поверхностных вод.

Водоочистка—техническое доведение качества воды, поступающей в водопроводную сеть, до установленных нормативами показателей.

Водопользование (*Watermanagement; Watersupply; Wateruse*) — использование водных объектов для удовлетворения нужд населения и национальной экономики с изъятием и без изъятия вод.

Водоснабжение (*Watersupply; Waterservice*) — совокупность мероприятий и сооружений, обеспечивающих забор, подготовку, аккумуляцию, подачу и распределение воды для нужд населения и промышленности.

Возобновляемые природные ресурсы — природные ресурсы, скорость восстановления которых сравнима со скоростью их расходования. К возобновляемым природным ресурсам относятся ресурсы биосферы, гидросферы, земельные ресурсы.

Выбросы—кратковременное или за определенное время (час, сутки) поступление в окружающую среду любых загрязнений.

Гидротехническое сооружение — сооружение для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод.

Загрязняющее вещество — вещество или смесь веществ, количество или концентрация которых превышает установленные для химических веществ (в том числе радиоактивных), микроорганизмов нормативы и оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

Запас воды — Запас воды — количество вод, которое может быть использовано в данный момент времени для различных целей.

Истощение вод — Истощение вод — уменьшение минимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод.

Истощение запасов подземных вод (*Overexploitation*) — уменьшение запасов подземных вод в эксплуатируемом резервуаре ниже предельно допустимых минимальных значений, невосполняемое естественным притоком.

Канализация — совокупность мероприятий и сооружений, обеспечивающих прием, очистку и отвод сточных вод, а также атмосферных осадков с территории населенных пунктов и промышленных предприятий, включая ликвидацию либо утилизацию осадка.

Комплексное использование водных ресурсов — использование водных ресурсов для удовлетворения нужд населения и различных отраслей национальной экономики, при котором находят экономически оправданное применение все полезные свойства того или иного водного объекта.

Минимально допустимый сток — сток, при котором обеспечиваются экологическое благополучие водного объекта и условия водопользования.

Охрана водных ресурсов (*Waterresourcesprotection*) — система организационных, исследовательских, юридических, экономических и технических мер, направленных на предотвращение и устранение последствий загрязнения и истощения водных объектов.

Очистка сточных вод — обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ.

Очистные сооружения — инженерно-технические конструкции и приспособления, предназначенные для очистки промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых отбросов, загрязняющих природную среду.

Природопользование — это совокупность всех форм эксплуатации ресурсов, воздействие человека на природу в процессе ее хозяйственного использования.

Расчетный створ — сечение русла реки ниже по течению места сброса сточных вод, в котором определяются показатели количество воды.

Сток — количество воды, протекающее через сечение водотока за какой — либо интервал времени.

Сточные воды — использованные или поступившие с загрязненной территории воды, сбрасываемые в порядке, установленном законодательством, в естественные или искусственные водные объекты или в рельефы местности.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

В целях потребления воды по различным направлениям в зависимости от применяемых технологий и повторного использования ГОСТ 25151-82 определяет следующие виды воды (таблица).

Таблица

Классификация воды по видам в соответствии с ГОСТ 25151-82

Вид воды	Характеристика воды
1. Исходная вода	Вода, поступающая из водного объекта
2. Питьевая вода	Вода, по своему качеству отвечающая требованиям, установленным для хозяйственных питьевых целей
3. Производственная вода	Вода, используемая в производственном водоснабжении
4. Прямоточная вода	Вода, однократно используемая в технологическом процессе и для охлаждения продукции и оборудования
5. Последовательно используемая вода	Вода, используемая последовательно в технологическом процессе, а также для охлаждения продукции и оборудования
6. Обратная вода	Вода многократного использования в технологическом и вспомогательном процессах, а также для охлаждения продукции и оборудования и после очистки и охлаждения снова подаваемая для тех же целей
7. Подпиточная вода	Вода, добавляемая в систему обратного водоснабжения для восполнения потерь, связанных с продувкой, утечкой, уносом и испарением воды, а также с переходом ее в продукцию и отходы
8. Условно чистые сточные воды	Сточные воды, качество которых позволяет использовать их в производственных системах водоснабжения без дополнительной очистки
9. Очищенные сточные воды	Сточные воды, обработанные с целью разрушения или удаления загрязняющих веществ
10. Повторно используемые сточные воды	Сточные воды, используемые в производственном водоснабжении после соответствующей очистки

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Единицы измерения, относящиеся к водным ресурсам, и их переводные коэффициенты

Единица Объем	Условное обозначение	=	Переводной коэффициент	Единица	Условное обозначение
литр	л	=	0,001	кубические метры	м ³
килолитр	кл	=	1	кубические метры	м ³
мегалитр	Мл	=	1 000	кубические метры	м ³
гигалитр	Гл	=	1 000 000	кубические метры	м ³
кубический гектометр	гм ³	=	1 000 000	кубические метры	м ³
кубический километр	км ³	=	1 000 000 000	кубические метры	м ³
кубический фут	cf	=	0,0283	кубические метры	м ³
кубический ярд		=	0,764	кубические метры	м ³
американский галлон жидкостный	1 gal	=	0,00379	кубические метры	м ³
британский галлон	1 gal	=	0,00455	кубические метры	м ³
акрофут	1 AF	=	1 234	кубические метры	м ³
акродюйм		=	103	кубические метры	м ³
гектар-метр		=	10 000	кубические метры	м ³
британская пинта		=	0,000568	кубические метры	м ³
американская пинта жидкостная		=	0,000473	кубические метры	м ³
британская кварта		=	0,00114	кубические метры	м ³
американская кварта жидкостная		=	0,000946	кубические метры	м ³

Приставки, используемые с единицами измерения

Множитель	Название	Условное обозначение	Множитель	Название	Условное обозначение
10 ¹	дека	да	10 ⁻¹	деци	д
10 ²	гекто	г	10 ⁻²	санти	с
10 ³	кило	к	10 ⁻³	милли	м
10 ⁶	мега	М	10 ⁻⁶	микро	мк
10 ⁹	гига	Г	10 ⁻⁹	нано	н
10 ¹²	тера	Т	10 ⁻¹²	пико	п

Источник: Международное бюро мер и весов (<http://www.bipm.org/>).

Приставки, используемые с единицами измерения

Множитель	Название	Условное обозначение	Множитель	Название	Условное обозначение
10^1	дека	да	10^{-1}	деци	д
10^2	гекто	г	10^{-2}	санتي	с
10^3	кило	к	10^{-3}	мили	м
10^6	мега	М	10^{-6}	микро	мк
10^9	гига	Г	10^{-9}	нано	н
10^{12}	тера	Т	10^{-12}	пико	п

Источник: Международное бюро мер и весов (<http://www.bipm.org/>).

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица

Нормы потребления воды на единицу промышленной продукции

Промышленное предприятие	Измеритель	Удельный расход воды, куб. м
Обогатительная фабрика	1 т руды	8-23
Агломерационная фабрика	1 т агломерата	1.1-5.7
Металлургический комбинат или завод	1 т стали	220-245
	1 т чугуна	240-270
Трубный завод	1 т труб	120-130
Коксохимический завод	1 т кокса	19-22
Цинковый завод	1 т цинка	374-490
Свинцовый завод	1 т свинца	170-180
Медный завод	1 т меди	180-310
Нефтеперерабатывающий завод	1 т нефти	15-25
Содовый завод	1 т соды	95-115
Лакокрасочный завод	1 т красок	2-6
Лесопильный завод	1 м ³ сырья	3-3,5
Фанерный завод	1 м ³ фанеры	12-18
Сульфитно-целлюлозный завод	1 т продукта	320-385
Фабрика первичной обработки шерсти	1 т шерсти	40-70

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

НОВЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Источник: Вода Magazine №122, октябрь 2017 г.

В 2016 году «Распадской угольной компанией» было добыто около 21 млн. тонн угля. Холдинг «ЕВРАЗ» запустил на шахтах «Распадская-Коксовая», «Абашевская» и «МУК-96», входящих в состав Распадской угольной компании, новые очистные сооружения.

На шахте «Распадская-Коксовая» в состав очистных сооружений проектной производительностью 480 м³/час (4204,8 тыс. м³/год) входят:

- отстойник-аккумулятор;
- горизонтальный отстойник (двухсекционный);
- шламонакопитель;
- установки напорной флотации Ф-160;
- фильтры ФОВ-2К-3,4-0,6;
- реагентное хозяйство;
- УФ-установки комплексной очистки и обеззараживания воды «Лазурь М-250»;
- насосная станция осветленной воды;
- производственно-противопожарный резервуар с разделительной стенкой объемом 1400 м³.



Водоочистные сооружения ш. Распадская-Коксовая. Двухкамерный фильтр ФОВ -2К



Вся информация о работе водоочистных сооружений ш. Распадская-Коксовая выводится на монитор оператора



Вода до и после очистки

Очистка сточных вод осуществляется по следующей схеме. Вода по трубопроводам откачивается из шахты в первичный горизонтальный отстойник (две секции, каждая по 3000 м³), где происходит осаждение взвешенных частиц (более 100 мкм). Поверхностный сток с водосборной территории промплощадки очистных сооружений отводится в отстойник-аккумулятор, который представляет собой единый подземный блок из одной секции объемом 217 м³. Поверхностные стоки через щелевую перегородку поступают в отстойник, где происходит разделение фракций - всплытие нефтепродуктов и осаждение наиболее крупных взвесей. Сбор нефтепродуктов осуществляется вручную в металлический контейнер. После отстаивания поверхностные сточные воды из приемной камеры насосами подаются в шламонакопитель.

Далее сточные воды из горизонтального двухсекционного отстойника с помощью насосной станции осветленной воды подаются в расходную емкость производственного корпуса для дальнейшей очистки. Расходная емкость представляет собой заглубленный железобетонный резервуар прямоугольной формы объемом 75 м³, расположенный в помещении установки флотаторов.

Из расходной емкости стоки подаются с помощью насосов на установки напорной флотации (2 - рабочих, 1 - резервный). Перед подачей сточных вод в модули напорной флотации предусматривается их предварительная обработка растворами коагулянта (Decleave-M), флокулянта (Seurvey FL-3 (H50)) и ПАВ последовательно. Для приготовления растворов коагулянта и флокулянта предусмотрены установки приготовления MixLine. Для дозирования раствора коагулянта и флокулянта предусмотрены станции дозирования.

Осадок, образующийся при очистке в модулях напорной флотации, по трубопроводам поступает в шламоборник, откуда насосами перекачивается в двухсекционный шламонакопитель. Под шламонакопитель выделена часть существующего отстойника. Очистка секций шламонакопителя производится экскаватором по мере накопления. Отстоянная вода из секций шламонакопителя переливается с верхнего уровня в лоток отстойника и далее поступает в секции отстойника.

Очищенная сточная вода после обработки на установках напорной флотации по самотечному трубопроводу поступает в бак для воды емкостью 20 м³.

Отсюда очищенная сточная вода подается с помощью насосов на фильтры ФОВ-2К-3,4-0,6 с антрацитово-песчаной загрузкой (3 - рабочих, 1 - резервный).

Шахтные и поверхностные сточные воды, прошедшие очистку на фильтрах, перед выпуском в водный объект подвергаются обеззараживанию на бактерицидных установках комплексной очистки и обеззараживания воды «Лазурь-М250» (2 - рабочие, 1 - резервная), которые обрабатывают воду с помощью УФ-облучения и ультразвуковой кавитации, что существенно повышает эффективность обеззараживания.

Сочетание предварительной реагентной обработки, напорной флотации и фильтрационной доочистки с обеззараживанием обеспечивает необходимый уровень очистки сточной воды.

Очищенная вода поступает в производственно-противопожарный резервуар с разделительной стенкой объемом 1400 м³, а оттуда самотеком отводится по трубопроводу диаметром 530 мм на выпуск №1 в реку Ольжерас. Таким образом, в емкости постоянно находится запас очищенной воды, пригодной для повторного использования на технические нужды, а также воды для промывки фильтров ФОВ-2К-3,4-0,6, для приготовления растворов реагентов и другие нужды производственного корпуса.

Учебное текстовое электронное издание

**Орехова Наталья Николаевна
Гмызина Наталья Викторовна**

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Учебное пособие

4,72 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2021 год
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
Кафедра геологии, маркшейдерского дела и обработки полезных ископаемых
Центр электронных образовательных ресурсов и
дистанционных образовательных технологий
e-mail: ceor_dot@mail.ru