Библиографический список

1. Гохман Л.М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС: учеб. пособие. М.: Изд-во «ЭКОН-ИНФОРМ», 2004. 510 с.
2. Дошлов О.И., Ёлшин А.Е., Козиенко А.И. Модифицированные нефтяные битумы для дорожного строительства: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. 99 с.
3. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. М.: Химия, 1973. 429 с.
4. Сюняев З.И. Фазовые превращения и их влияние на процессы производства нефтяного углерода. М.: Изд-во ЦНИИТЭнефтехим, 1977. 88 с.
5. Магарил Р.З., Аксенова Э.И., Корзун Н.В. Исследование термических превращений нефтяных смол // Известия вузов. Серия «Нефть и газ». 1966. № 9. С. 63–68.
6. Сюняев З.И. Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. М.: Химия, 1973. 296 с.
7. Опыт промышленного производства нефтяного пека / И.Р. Хайрудинов, А.Ф. Махов, М.М. Калимулин, Р.Х. Садыков [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. 1992. № 5. С. 12–14.

УДК 622.372

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ И СТОЧНЫЕ ВОДЫ

© А.И. Карлина[1]

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматриваются современные и перспективные методы подготовки и очистки природных и сточных вод. Рассмотрены и изучены перспективы развития электрохимических методов очистки вод. Методы электрообработки получат развитие как эффективные и прогрессивные направления в технологии очистки воды. Рассмотрен электрофлотационный метод очистки водных систем. Проанализированы и укрупненно классифицированы на три группы методы очистки. Изучены различные способы обезвреживания воды. Методы, входящие в три группы, классифицированы по характеру сил, воздействующих на примеси, и сущности происходящих в системе процессов.

Ключевые слова: методы подготовки и очистки природных и сточных вод; водные системы; перспективные группы методов очистки; теоретические исследования; экспериментальные работы; гипотезы.

ANALYSIS OF CURRENT AND ADVANCED METHODS OF NATURAL AND WASTE WATER TREATMENT

A.I. Karlina

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper deals with the current and advanced methods of natural water and wastewater preparation and treatment. It considers and studies the development prospects of electrochemical methods of water purification. The methods of electrical treatment will be developed as effective and progressive trends in the water purification technology. Consideration is given to the electro-flotation method of water system treatment. Treatment methods are analyzed and classified into three large groups. Various methods of water neutralization are examined. The methods included in three distinguished groups are classified by the nature of forces acting on impurities and the essence of the processes occurring in the system processes.

Key words: methods of natural and waste waters preparation and treatment; water systems; advanced groups of treatment methods; theoretical researches; experimental work; hypotheses.

Весьма развитым направлением производственно-хозяйственной деятельности в Сибири является добыча благородных и ценных металлов при переработке коренных и россыпных месторождений.

Наиболее радикальным способом защиты водных объектов на современном этапе развития экономики является создание замкнутых систем водоснабжения как на уровне отдельных производств, так и предприятий в целом. На практике это приводит к тому, что часто не удается снизить содержание примесей в воде до предельно допустимых концентраций (ПДК). Замкнутая система позволяет методами привноса в водные смеси различных видов энергии не только трансформировать примеси, переводить растворимые примеси в нерастворимые, осуществлять отделение и выделение примесей от воды, но и активировать воду, изменяя ее свойства и характеристики, делая ее более полезной и необходимой для всего живого на планете Земля.

Целью любых научно-поисковых и исследовательских работ должно оставаться изучение, развитие и совершенствование процесса безреагентной комплексной обработки природных и сточных вод как наиболее перспективного метода.

Гидромеханизированные способы добычи и промывки песков из россыпей, кроме дражного, имеют общую черту технологического процесса – подача песков на промприборы осуществляется за счет энер-

[1]Карлина Антонина Игоревна, аспирант, тел.: 89501201950, e-mail: karlinat@mail.ru
Karlina Antonina, Postgraduate, tel.: 89501201950, e-mail: karlinat@mail.ru

гии воды (гидроэлеваторные, понурно-шлюзовые установки, землесосные). Вода полностью используется для обогащения. Сброс ее после промприборов осуществляется по канавам непосредственно в реки или отстойные пруды (при использовании оборотного водоснабжения). Загрязнение рек гидравлическими работами зависит от способности потока транспортировать твердые частицы по канаве.

Методы осветления воды: отстаивание, фильтрация, коагуляция, электрокоагуляция, контактная коагуляция.

Электрокоагуляция. Очистка промышленных стоков методом электрокоагуляции основана на их электролизе с использованием металлических (стальных или алюминиевых анодов, подвергающихся электролитическому растворению). При этом вода обогащается соответствующими ионами, образующими в нейтральной или слабощелочной среде гидроксид алюминия; гидрозакись железа, которая под действием кислорода переходит в гидроокись железа. В результате осуществляется процесс коагуляции, аналогичный обработке воды соответствующими солями алюминия или железа. При электрокоагуляции сточных вод протекают и другие процессы: электродиализ, электрофорез, катодное восстановление растворенных в воде органических и неорганических веществ [2].

При механической обработке и очистке вод используют два способа:

– осветление и частичное обесцвечивание воды без предварительной ее химической обработки;

– осветление и обесцвечивание воды, основанное на введении в воду коагулянтов и флокулянтов.

Очистка стоков от крупноразмерных твердых примесей с помощью решеток – это лишь полумера. Без очистки прозоров при наличии достаточного количества примесей решетки могут превратиться в некоторое подобие плотин. В результате большинство решеток имеют приспособления для ручной или механической очистки прозоров с устройством для извлечения примесей и складирования для последующего дробления и измельчения. Процессы эти усложняются при наличии в стоках примесей в виде тряпья, волокон, не дробимых предметов, комков вязких веществ. Применение огромного набора коагулянтов и флокулянтов не решает в полной мере вопросов повышения глубины очистки стоков. Устройства, использующие силу гравитационного поля при механической очистке стоков, при совершенствовании конструкций превратились в целый ряд песколовок. Подобные устройства, занимая большие площади и объемы, не выполняют требуемой от них работы и чаще служат буферными емкостями. Методы отстаивания сточных вод также требуют больше объемных емкостей. Все типы отстойников (горизонтальные, радиальные, вертикальные, комбинированные) характеризуются весьма большой продолжительностью отстаивания и низкой эффективностью механической очистки стоков. Здесь используется только один закон гидравлики – закон Архимеда. Но при наличии жидкой среды с повышенной вязкостью процесс отстаивания либо требует весьма большой продолжительности отстаивания, либо не обеспечивает требуемого эффекта разделения суспензий и эмульсий. Применение для целей отстаивания суспензий радиальных отстойников совершенно не решает поставленной задачи. Вертикальные отстойники круглой или квадратной формы в плане норм (пустотелые конусы и пирамиды, поставленные на вершину) обладают некоторым преимуществом, связанным с относительной простотой удаления (выгрузки) осадков, тем не менее обладают теми же отрицательными сторонами: в вязкой жидкости примеси (даже относительно крупные) не оседают, а находятся во взвешенном состоянии. Применение разновидностей отстойников с целью улавливания жиров, масел, нефтепродуктов хотя в какой-то степени и оправдывает свое назначение, но по тем же причинам характеризуется низкой эффективностью. Разрушение систем жиры – вода, масло – вода, нефтепродукты – вода во многом представляет до сих пор весьма большие трудности и сложности. Немаловажную роль для очистки выполняют различные типы фильтров: макрофильтры, микрофильтры и ультрафильтры. Здесь же используются механические напорные фильтры: циклонные, вращающиеся со съемными фильтрующими элементами из фарфора и стали; автоматические фильтры с большим числом фильтровальных трубок и вращающимся промывным устройством.

Эффективность осветления воды в проточных центрифугах и гидроциклонах весьма высока. Но большая стоимость центрифуг и сложность их эксплуатации при недостаточной производительности по исходным стокам делают их не конкурентоспособными в сравнении с гидроциклонами[3, 5].

К достоинствам гидроциклонов следует отнести: компактность, простоту устройства, отсутствие движущихся частей, высокую объемную производительность, высокую эффективность разделения суспензий, простоту обслуживания, непрерывность процесса и возможность автоматизации. Недостатком напорных гидроциклонов является быстрый износ внутренних рабочих поверхностей, возможность забивания песковых насадок, колебание эффекта осветления в зависимости от состава и содержания взвешенных веществ в перерабатываемых водах. Преимуществом открытых (безнапорных) гидроциклонов перед напорными является большая производительность и небольшие потери напора. Недостатком открытых гидроциклонов является их низкая фактическая эффективность работы, не превышающая 30% рассчетного показателя. А при осветлении больших объемов загрязненных вод осадительные и проточные центрифуги не подходят. Они применимы в случае быстрой и высокоэффективной очистки относительно небольших и несильно загрязненных объемов воды. Центрифуги неэффективны для разделения эмульсий. Комбинированные центрифуги, сочетающие осаждение с последующей фильтрацией и фильтрацию с последующим осаждением в поле центробежных сил, не нашли широкого распространения и применения. При правильном использовании положительных сторон процесс

очистки стоков в открытых, напорных и короткоконусных гидроциклонах поддается достаточной автоматизации и может заменять отстойники, осветлители и подобные им аппараты и устройства практически без ограничения производительности. Использование же центрифуг представляет определенный технологический и технический риск, что рекомендует воздержаться от включения их в схему цепи аппаратов очистных сооружений. Их лучше заменять менее производительными, но более надежными устройствами и аппаратами, такими как вакуумные фильтры, машины электрофлотации и др.

Удаление примесей воды методом флотации характеризуется следующими особенностями. Для успешного ведения процесса необходимы емкостные аппараты для растворения газов или воздуха в воде под давлением, а также применение насадочных абсорберов и компрессоров. Флотаторы, как устройства, имеют большие габариты и объем при глубине слоя воды в них до 3 м. При этом для нормальной работы флотатора требуется строго выдерживать гидродинамику процесса. При напорной флотации требуются компрессоры, устройства подачи и диспергирования пузырьков воздуха. При всех видах флотации необходимо обеспечивать постоянство свойств пенного слоя. Пена должна быть достаточно прочной и не допускать обратного попадания загрязнений в воду. Но при этом пена должна быть подвижна при ее перемещении к сбросным устройствам. Последнее зависит от свойств загрязнений, реагентов и технологических параметров процесса.

Для нормальной работы зернистых фильтров при осветлении воды фильтрованием необходимы значительные запасы классифицированного зернистого материала для загрузки: гравия, щебня, мраморной крошки, кварцевого песка, антрацита, доменного шлака, горелой породы и др. При использовании загрузки необходима постоянная регенерация употребляемых материалов промывкой чистой водой и барботированием сжатым воздухом. Перед загрузкой в фильтры материал подготавливается с использованием операций промывки на специальных пескомойках и сортировальных устройствах. Но запасы, например, кварцевого песка истощаются, что требует искать ему равноценную замену. Применение зернистых фильтров нецелесообразно при очистке вод, содержащих волокнистые примеси и склеивающие вещества. Даже вышеуказанное, не говоря о других минусах, позволяет отнести зернистые фильтры к периодически работающим устройствам. Фильтры характеризуются сложностью конструкции, потребностью в разных видах дренажа, труб, арматур подачи и отвода фильтруемой и промывной воды и комплексе измерительных приборов. При работе часто происходят значительные потери загрузки, а в ряде случаев необходимо применение коагулянтов и флокулянтов. Следовательно, необходимы складские помещения, растворные отделения, дозаторы и сеть коммуникаций [4, 5].

Специфичность состава стоков требует чрезвычайно осторожного подхода к определению численных значений исходных данных и к выбору конструкции аэротенков (с аэрацией воздухом) и окситенков (с аэрацией кислородом) и технологической схемы их работы. Аэротенки комплектуются регенераторами активного ила. Диспергирование воздуха в очищаемой сточной жидкости производится чаще механическими или пневматическими аэраторами. При концентрации активного ила 4 г/л и более возникают затруднения с разделением иловой смеси в обычных отстойниках, вместо которых приходится применять отстойники со взвешенным слоем, фильтры, центрифуги и иное оборудование.

Методы обеззараживания воды включают использование серебра, хлора и озона. Применение серебра для обеззараживания воды – дорогой и ненадежный метод. Серебро используется в форме сплавленного хлорида серебра, который, как и все соединения этого металла, при свете быстро разлагается. Восстановленное серебро снижает бактерицидное свойство препарата. Применение препаратов серебра даже в таблетированном виде затруднительно и ненадежно. То же самое можно отнести и к методу использования электролитически растворенного серебра. При высокой мутности и цветности воду перед обработкой серебром необходимо подвергать предварительной очистке коагулированием и фильтрацией [2, 3, 6].

Обезвреживание ультрафиолетовым светом используется для обработки сравнительно небольшого количества воды. В противном случае этот метод неэкономичен и достаточно дорогой.

Обезвреживание воды хлором и хлорсодержащими веществами ухудшает ее гигиенические и вкусовые качества. Приобретенный после этого запах не исчезает даже после обработки воды активированным углем. Для использования этого метода необходимы установки по приготовлению растворов требуемой концентрации и дозировки растворов в обрабатываемую воду. Установки громоздки, эксплуатация их достаточно трудоемкая. Использование сжиженного хлора характеризуется сложностью его транспортировки и хранения, требует наличия хлораторов-установок по испарению, дозированию и растворению хлора в воде. Обработка вод производится выходящей из установки хлорной водой или непосредственно газообразным хлором. Хотя хлор и двуокись хлора обеспечивают достаточное бактерицидное действие, они все же не позволяют производить действенную вирулицидную обработку. Инактивация вирусов соединениями хлора требует высокой концентрации и весьма большой продолжительности контакта, а это чревато инактивацией животных и человеческого организма и влияния на их иммунную систему [1, 2].

Обезвреживание воды озоном является наиболее перспективным методом обработки очищенных вод, при этом не требуется никаких складов, так как озон получается из воздуха. Синтез озона из воздуха и регулировка его просты. Озон – наиболее сильный окислитель и вследствие этого возможности у него больше. Озон, как обеззараживающий агент, действует быстрее хлора в 15–20 раз, а на споровые формы бактерий он действует быстрее хлора в 300–600 раз.

Озон разлагает цианиды, фенолы, пестициды, благотворно влияет на экологию, активно уничтожает споры, цисты и все патогенные микробы. Все виды бактерий погибают при содержании озона 2–4 мг/л в течение 1–10 мин. Озон быстрее уничтожает микроводоросли и простейшие, чем хлор. Но при обработке воды рекомендуется дважды проводить озонирование для окисления гуминовых соединений и их удаления из воды. Окисляя комплексные соединения, озон устраняет цветность воды и вызывает осаждение железа и марганца. Озон является лучшим реагентом, так как вызывает осаждение нежелательных веществ в форме высоковалентных нерастворимых гидратов при любых значениях pH, встречающихся в природных водах. Извлечение примесей после озонирования несложно проводить электрофлотацией и фильтрацией. Благодаря более высокой окислительной способности озон в состоянии действовать на такие соединения, которые не поддаются действию других химических реагентов. Обработка воды избыточным количеством озона не влечет за собой никаких нежелательных явлений, а наоборот, после разложения озона вода остается обильно насыщенной кислородом. Следует иметь в виду, что, если после первого озонирования вода проходит операцию электрофлотации, то кислота, образующаяся в процессе обработки, нейтрализуется, чаще процесс электрофлотации сопровождается повышением величины pH. Но озон хранить нельзя. Перед получением озоно-воздушной смеси воздух должен быть очищен от пыли и осушен до содержания влаги менее 0,05 г/м^3 воздуха [2, 4].

В зависимости от состояния и качества сточных и оборотных вод подвергающихся очистке, можно выделить следующие перспективные группы методов очистки.

– Воздействие на взвеси, например, седиментация, осветление во взвешенном слое, осадительное центрифугирование, центробежная сепарация, фильтрование и др.

– Воздействие на коллоидные примеси, в том числе высокомолекулярные соединения и вирусы: коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция, электрофлотация, электроискровой разрядный метод, биохимический распад, адсорбция на высокодисперсных материалах, окисление (хлорирование, озонирование) и др.

– Воздействие на растворенные органические вещества и газы: десорбция газов и легколетучих органических соединений путем аэрирования, термической и вакуумной отгонки, адсорбция на активных углях, природных и синтетических ионитах, экстракция не смешивающимися с водой органическими растворителями, пенная флотация, электрофлотация, ректификация, окисление.

– Воздействие на примеси неорганических веществ: ионный обмен, электродиализ, реагентная обработка, кристаллизация.

– Воздействие на воду: дистилляция, вымораживание, экстракция кристаллогидратами, магнитная обработка, обратный осмос, напорная фильтрация.

Методы, входящие в вышеуказанные группы, можно классифицировать по характеру сил, воздействующих на примеси, и сущности происходящих в системе процессов.

1. *Механические методы,* основанные на действии на примеси гравитационного силового поля, приводящие к чисто механическому разделению примесей и воды без структурно-химических изменений примесей.

2. *Физические методы,* основанные на действии на водную систему внешних физических сил или внутренних, поверхностных, межмолекулярных сил, приводят к удалению примесей без структурно-химических изменений в системе (обратный осмос, напорное фильтрование, вакуумная отгонка, аэрирование, коагуляция, флокуляция, адсорбция на углях и др.).

3. *Физико-химические методы,* основанные на действии на водную систему внешних физических силовых полей (акустического, электрического, электромагнитного, теплового), вызывают структурно-химические изменения в системе (электродиализ, электрокоагуляция, электроискровой метод, электрофлотация, магнитная и ультразвуковая обработка и др.).

4. *Химические методы,* основанные на действии на примеси объемных сил ионного или ионно-молекулярного взаимодействия, вызывают структурно-химические изменения в водной системе (ионный обмен, экстракция, обработка реагентами-окислителями, комплексообразователями, осадителями и пр.)

5. *Биохимические (биологические) методы* основаны на взаимодействии биологических агентов и примесей и вызывают структурно-химические изменения в системе.

Имеется более укрупненная классификация методов очистки, включающая три группы.

Первая группа методов обеспечивает извлечение загрязнений переводом их в осадок или флотошлам путем сорбции на хлопьях гидроксидов металлов, образующихся при реагентной обработке сточных вод. Методам этой группы (коагуляция, реагентная напорная флотация, электрокоагуляция и др.) присущи следующие недостатки: невысокая степень очистки, особенно по обесцвечиванию; необходимость эмпирического подбора реагентов и величины их расхода при постоянных колебаниях содержания примесей в сточных водах, что усложняет обработку смеси стоков с часто меняющимся составом; трудность в автоматизации дозировки реагентов; образование значительного количества обводненных осадков или флотошлама и необходимость в дополнительных сооружениях для их обезвоживания, а также складирования, захоронения или утилизации, которые не исключают возможность загрязнения почвы и подземных водоносных слоев.

Вторая группа включает такие сепаративные методы, как сорбция на активных углях и макропористых ионитах, обратный осмос, ультрафильтрация, пенная сепарация, электрофлотация. Эти методы обеспечивают достаточно высокую степень очистки сточных

вод, однако требуют предварительной механохимической обработки с целью удаления нерастворимых примесей, что влечет за собой недостатки, присущие первой группе методов. Они сложны в аппаратурном оснащении, имеют высокую себестоимость очистки.

Третья группа объединяет деструктивные методы, основанные на глубоких превращениях органических примесей. Реализация этих методов не привносит дополнительных загрязнений, которые в виде хлоридных, сульфатных и прочих ионов характерны для реагентных методов обработки. Деструктивная очистка, базирующаяся на окислительно-восстановительных реакциях, инициированных различными физико-химическими процессами, позволяет, к примеру, изменять структуру органических примесей вплоть до нарушения хромофорно-ауксохромного строения с последующим глубоким их расщеплением до более простых, легко окисляемых продуктов или минеральных соединений, а так же обеспечивает полную деградацию ПАВ с потерей их поверхностно-активных свойств. Из деструктивных методов наиболее широкое применение находит очистка сточных вод окислителями, реагентной восстановительно-окислительной, электрохимической и электрокаталитической деструкцией. В связи с этим интерес в технологии водоочистки представляет экологически чистый окислитель – пероксид водорода (H_2O_2). Концентрированный H_2O_2 бурно реагирует со многими органическими веществами, окисляя их до воды и CO_2. В разбавленных растворах, к которым относится большинство категорий сточных вод, этот процесс протекает медленно и поэтому применяют катализаторы. В качестве адсорбента-катализатора рекомендуют пористый силикагель, покрытый промотирующими добавками оксидов никеля, меди, кобальта при их соотношении соответственно 50–60%, 25–35% и 10–20%. Предварительно концентрацию органических примесей осуществляют аэрацией воздухом. Оптимальной дозой H_2O_2 является 4 мг на 1 мг O_2 (по ХПК) хемосорбированных органических загрязнений.

Статья поступила 05.12.2014 г.

Библиографический список

1. Новые возможности для очистки сточных вод угольных месторождений / В.А. Гронь, Е.В. Будник, С.Г. Шахрай, В.В. Кондратьев // Вестник ИрГТУ. 2012. № 9 (68). С. 183–189.
2. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 576 с.
3. Теоретические основы перемещения, промывки и обогащения полезных ископаемых: монография / К.Л. Ястребов, Б.А. Байбородин, Т.Я. Дружинина, В.В. Надршин. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. 270 с.
4. Технология очистки сточных вод гидролизных производств / В.В. Коростовенко, В.А. Гронь, Н.М. Капличенко, С.Г. Шахрай, В.В. Кондратьев // Вестник ИрГТУ. 2013. № 7 (78). С. 105–108.
5. Традиционные и перспективные процессы промывки и обогащения полезных ископаемых: монография / К.Л. Ястребов, Б.А. Байбородин, Т.Я. Дружинина, В.В. Надршин. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011.146 с.
6. Ястребов К.Л. Развитие теории, технологии и совершенствование конструкции оборудования рудного самоизмельчения и гравитационного обогащения полезных ископаемых: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Иркутск, 2002. 29 с.

УДК 57.083.1, 696.135, 696.621.64

БИОТЕСТИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Р.Н. Руденко[1], Э.Э. Василевич[2]
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Целью настоящих исследований является оценка экологической безопасности композитных материалов для возможного применения в системах водоснабжения, канализации и очистки сточных вод. Рассмотрены методы биотестирования композитных материалов при их контакте с питьевой и сточной водами. В проведенных лабораторных исследованиях использовались образцы изделий из композитных материалов, производимых в г. Иркутске. Результаты экспериментов математически обработаны, получены среднестатистические значения, на основе которых сделаны соответствующие выводы о безопасности изделий.

Ключевые слова: композитные материалы; биотестирование; экологическая безопасность; применение композитных материалов.

COMPOSITE MATERIAL BIOTESTING

R.N. Rudenko, E.E. Vasilevich
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

---

[1]Руденко Роман Николаевич, аспирант, тел.: 89501012992, e-mail: Ruden_91@mail.ru
Rudenko Roman, Postgraduate, tel.: 89501012992, e-mail: Ruden_91@mail.ru
[2]Василевич Эльвира Эрнстовна, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, тел.: 89021762072, e-mail: elich@land.ru
Vasilevich Elvira, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Communications and Life Support Systems, tel.: 89021762072, e-mail: elich@land.ru