

Очистка питьевой воды от бора и хлорорганических соединений: применение инновационной технологии «Квалисорб Конверос» на объектах ЦСВ Свердловской области

А. Э. Авилов,
руководитель
инжиниринговой
службы сорбционных
и фильтрующих
материалов
Богдановичского
ОАО «Огнеупоры»

Для артезианских вод Уральского региона, используемых для водоснабжения, актуальной является проблема очистки от загрязнений, не удаляемых традиционными технологиями, как правило, ориентированными на осветление, обеззараживание, очистку от марганца и железа. Наиболее остро вопрос очистки питьевой воды стоит в небольших городах, а также сельских поселениях, не оборудованных системами централизованного водоотведения, где нет процессов, характеризующихся существенным расходом воды, используемой на технологические нужды «традиционной» реагентной очистки, систем обратного осмоса, ионного обмена. Такие технологии требуют дорогостоящего проектирования; имеют высокие эксплуатационные расходы и технологические риски, связанные как с покупкой материалов и реагентов, так и с обслуживанием сложного оборудования в условиях дефицита квалифицированного персонала. Решением комплекса задач в секторе водоснабжения небольших городов и сельских населенных пунктов Свердловской области последние три года занимается Инжиниринговая служба сорбционных и фильтрующих материалов Богдановичского ОАО «Огнеупоры».

Богдановичское ОАО «ОГНЕУПОРЫ» – градообразующее предприятие с полным производственным циклом от добычи сырья до выпуска готовых изделий и материалов. Одно из самых крупных предприятий по производству огнеупоров в России и входит в тройку крупнейших производителей огнеупорной продукции и термомодифицированных минеральных материалов в странах СНГ. Производит продукцию для черной и цветной металлургии, машиностроения, цементной, стекольной, химической и электротехнической промышленности, приборостроения, строительства, энергетики, ЖКХ и других отраслей экономики.

Более 80 лет практического опыта термической модификации минерального сырья в тесном сотрудничестве с ведущими научно-исследовательскими организациями России позволили разработать и создать производство высокоэффективных и экологически безопасных минеральных сорбционно-фильтрующих материалов для очистки и подготовки воды, уникальных технологий водоочистки, блочно-комплектного технологического оборудования под торговой маркой «КВАЛИСОРБ». Продукция и технологии «КВАЛИСОРБ» являются полностью российской инновацией. Независимость от внешних санкций и экономическая безопасность обеспечиваются применением в производстве исключительно отечественного сырья и материалов, большей частью являющихся собственностью предприятия. Исследовательский сектор предприятия включает в себя: испытательный участок по моделированию технологических процессов водоочистки «Чистая Вода», центральную заводскую лабораторию, инженерно-технический центр, проектно-конструкторское бюро.

Рассмотрим успешное технологическое и конструктивное решение вопроса очистки воды подземных водозаборов от таких сложных загрязнений как бор и хлорорганические соединения.

Бор – биологически активное токсичное вещество, вызывающее у человека нарушения работы печени, почек, сердечно-сосудистой системы. Длительное употребление воды с повышенным содержанием бора приводит к мутациям и детской инвалидности.

Тетрахлорэтан, трихлорэтилен – обладают высокой канцерогенной активностью, мутагенными и иммунотоксичными свойствами, способностью воздействовать на печень, почки, поджелудочную железу, центральную нервную, сердечно-сосудистую и эндокринную системы.

Традиционно для снижения концентрации бора применяются технологии ионного обмена и обратного осмоса с обязательной предочисткой. Характеристики таких процессов, их плюсы и минусы широко известны. Следует отметить, что применение технологий селективного ионного обмена и обратного осмоса практически недоступно для малых городов и сельских поселений, в первую очередь, из-за большого расхода воды на собственные нужды очистки и высоких технологических и эксплуатационных рисков. Внедряемые на территории России различные варианты технологии деструкции хлорорганических соединений методом интенсивного окисления с помощью гидроксильных радикалов также требуют предварительной очистки воды (как минимум осветления) и практически недоступны для небольших региональных станций из-за высокой технологичности процесса, конструктивной сложности аппаратов-реакторов с ксеноновыми и ртутными ультрафиолетовыми лампами, требующими постоянного обслуживания высококвалифицированным персоналом. В широком доступе нет информации об эффективном практическом применении технологии сорбирования бора и хлорорганики в промышленном масштабе. Краткосрочный эффект удаления этих загрязнений активированными углями не может быть применен на станциях водоочистки ввиду частой замены сорбционной загрузки и, таким образом, серьезных эксплуатационных затрат.

Цель разработки и внедрения новой технологии – стабильная очистка воды в длительном периоде без обслуживания и с низкими эксплуатационными затратами (в том числе за счет оптимизированного расхода

электроэнергии) для применения на станциях водоочистки малых городов и сельских поселений.

Технология, основанная на конструктивном совмещении или сближении известных и широко применяемых процессов чистого газового окисления озono-воздушной смесью и сорбции при определенных технологических режимах. Используются отечественные марки модифицированных углеродных и бруситовых сорбентов собственного производства, работающие не только по прямому назначению, но и как катализаторы с разветвленной поверхностью. Стоимость такой загрузки существенно ниже зарубежных аналогов и специализированных марок активированных углей, а показатели емкости значительно выше любых аналогов, присутствующих на рынке. Использование при изготовлении композитных сорбентов исключительно отечественного сырья и материалов, а в аппаратном оформлении технологии – оборудования России и дружественных стран – сводит к нулю риски экономических санкций.

«Квалисорб Конверс» позволяет получить результаты очистки воды, не достижимые классическим окислением химическими реагентами, применением механической фильтрации и сорбции. Технология разработана как определенная альтернатива ионному обмену и обратному осмосу для удаления бора, стронция, сурьмы, ионов аммония и тяжелых металлов, металлоорганических и хлорорганических соединений. Она позволяет существенно сократить эксплуатационные расходы, в том числе на объектах малой мощности, и повысить экологическую безопасность. Отличается от традиционных дорогостоящих технологий высокой надежностью и экономичностью, отсутствием вторичных загрязнений, простотой конструкции и доступностью оборудования, низким количеством сбросных технологических вод. В технологии «Квалисорб Конверс» озон работает гораздо эффективнее на контакте с поверхностью сорбента, также используется синергетический эффект двух процессов очистки. Эти процессы, равно как и их синергия широко известны, в выпускаемых Богдановичским ОАО Огнеупоры автоматических станциях специалисты Инжиниринговой службы смогли грамотно реализовать подобное технологическое решение, подобрать правильные режимы работы, состав сорбционной загрузки, и получить прекрасный промышленный результат как в техническом, так и в экономическом плане.

Очистка питьевой воды от бора и хлорорганики без использования химических реагентов, селективных ионообменных смол и обратноосмотических мембран и без применения сложного аппаратного оформления процессов синтеза ОН-радикалов, реализована в масштабе блочно-модульных станций с диапазоном общей мощности от 6 до 120 м³/час и показывает стабильно высокое качество.

Разработанная специалистами Богдановичского ОАО «Огнеупоры» технология каталитического окисления «Квалисорб Конверс» (Convergence ozonation + sorption) прошла испытания в двух населенных пунктах Свердловской области, имеющих высокую степень загрязнения воды (табл. 1, 2).

Таблица 1. Свердловская область, Байкаловский район, дер. Липовка. Мощность блочно-модульной станции водоочистки «Липовка» – 6 м³/ч.

Основные загрязнения	Максимальные значения	ПДК СанПиН 1.2.3685-21
Бор	4,5 мг/л	0,5 мг/л
Железо общее	1,1 мг/л	0,3 мг/л
Аммоний-ион	4,7 мг/л	1,5 мг/л

Таблица 2. «Свободный». Свердловская область, ЗАТО Свободный. Мощность блочно-модульной станции водоочистки – 120 м³/ч.

Основные загрязнения	Максимальные значения	ПДК СанПиН 1.2.3685-21
Тетрахлорметан, ССl ₄	0,02 мг/л	0,002 мг/л
Трихлорэтилен, С ₂ НCl ₃	0,037 мг/л	0,005 мг/л

В ходе пилотных испытаний очистки образцов воды подземных и поверхностных водозаборов Свердловской области в течение нескольких лет специалистами-технологами Инжиниринговой службы предприятия на участке по моделированию технологических процессов «Чистая Вода» отработывались оптимальные рабочие режимы и варианты аппаратного оформления технологии «Квалисорб-Конверс» (рис. 1 и 2).

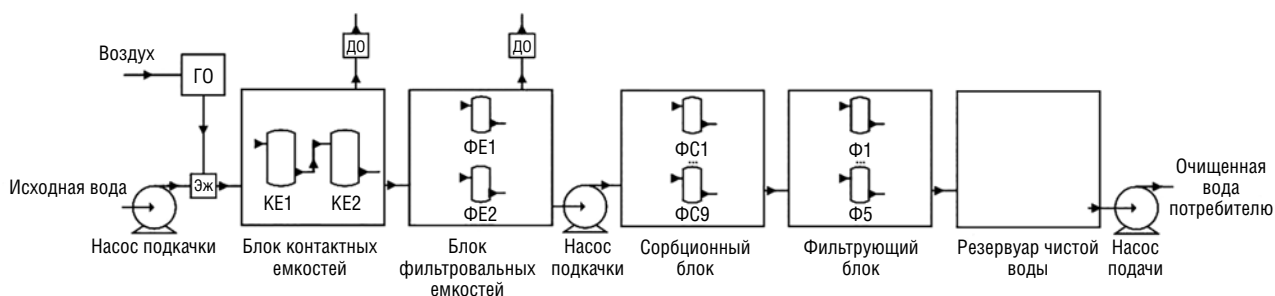


Рис. 1. Вариант аппаратного оформления технологии для станции водоочистки «Свободный»

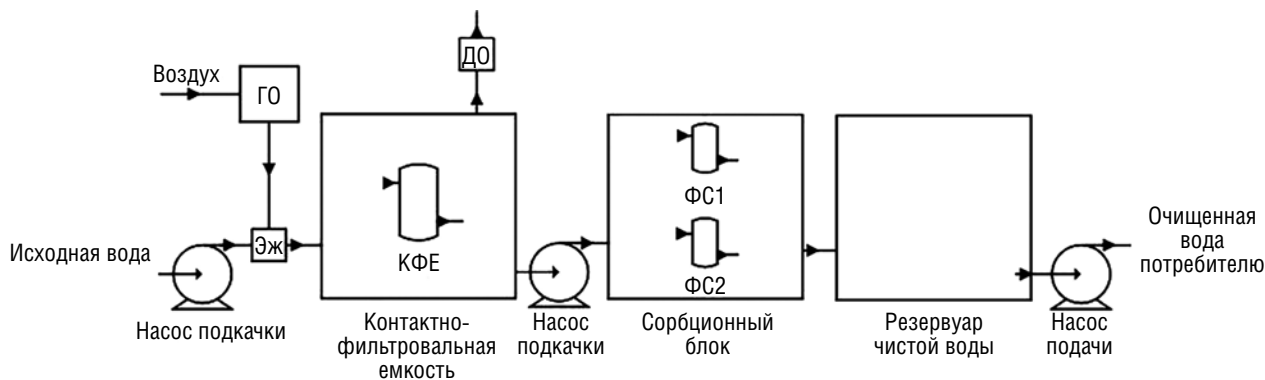


Рис. 2. Вариант аппаратного оформления технологии для станции водоочистки «Липовка»

Результаты мониторинга качества очистки питьевой воды представлены на рис. 3 и 4. За исходную точку приняты показатели уровня загрязнений в октябре 2023 г., до запуска станций в работу. Далее – период мониторинга рабочего режима очистки с ноября 2023 г. по март 2024 г.

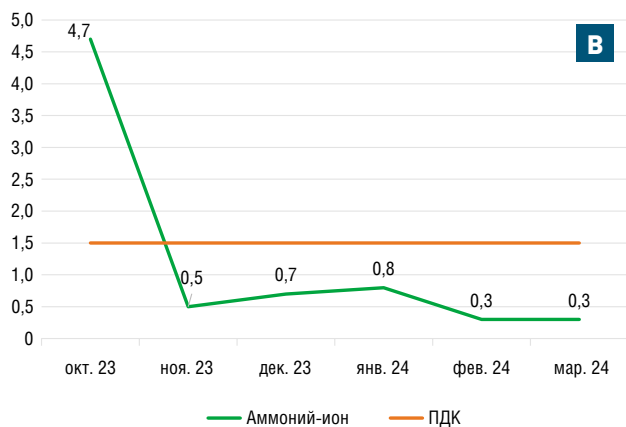
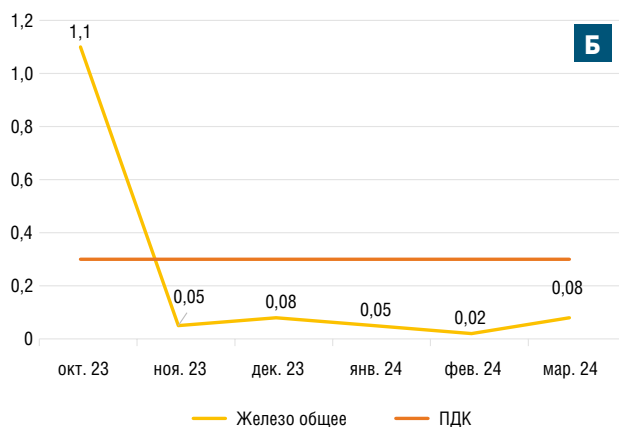
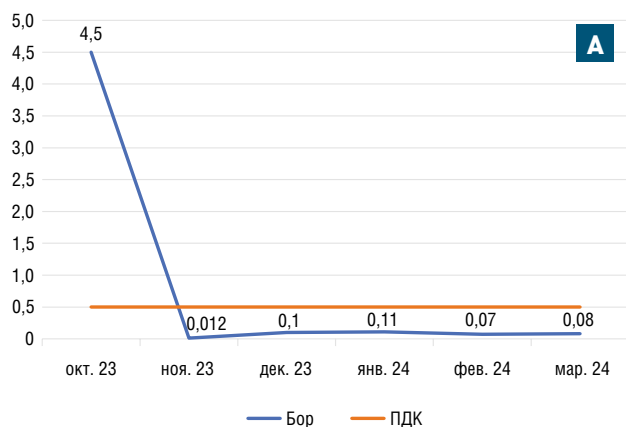


Рис. 3. Станция «Липовка».
А – результаты мониторинга качества питьевой воды после очистки по содержанию бора;
Б – результаты мониторинга качества питьевой воды после очистки по содержанию железа;
В – результаты мониторинга качества питьевой воды после очистки по содержанию аммоний-иона

Рис. 4. Станция «Свободный».

А – результаты мониторинга качества питьевой воды после очистки по содержанию тетрахлорметана;
Б – результаты мониторинга качества питьевой воды после очистки по содержанию трихлорэтилена

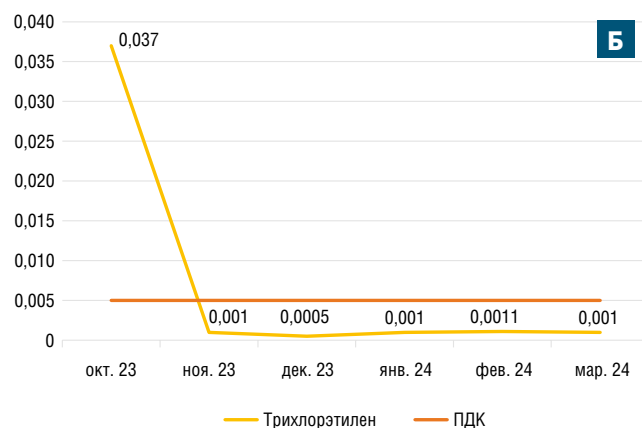
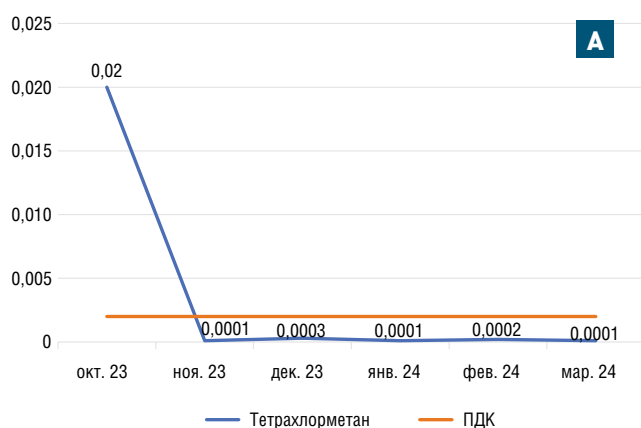




Рис. 6. Блочно-модульная станция водоочистки «Липовка». Технологическая линия мощностью 6 м³/ч

Конструкция станций проста и надежна, блок-модули контейнерного типа имеют допустимые транспортные габариты. В зависимости от мощности станции, блоки объединяются между собой, образуя единый комплекс (рис. 5, 6). Блок-модули оснащены всеми необходимыми автономными системами жизнеобеспечения в соответствии с климатическим районом применения. Дополнительные системы позволяют контролировать образование конденсата и проливов, аварийные ситуации с внешним инфраструктурным оборудованием.



Рис. 5. Блочно-модульная станция водоочистки «Свободный». Три технологические линии мощностью 40 м³/ч объединены в комплекс с единой системой управления мощностью 120 м³/ч



Таблица 3. РАСХОД ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, МАТЕРИАЛОВ, СТОИМОСТЬ

Показатели	Станция «Липовка», 6 м ³ /ч	Станция «Свободный», 120 м ³ /ч
Удельный расход электроэнергии на 1 м ³ очищаемой воды (на реализацию технологии) в момент водоразбора, кВт	0,89	0,37
Расход воды на технологические нужды станции от общего объема очищенной воды, %	2,50	2,27
Удельный расход сорбционно-каталитической загрузки на 1000 м ³ , г (поправка на унос до 10 % в год, расчетная замена 1 раз в 3 года)	12	10
Стоимость очистки 1 м ³ воды, руб.	7,78	4,03

Станции водоочистки не являются объектами капитального строительства и, соответственно, не требуют разработки проектной документации и получения разрешения на строительство. Блок-модули устанавливаются на площадке без устройства капитальных фундаментов и оперативно подключаются к существующим инженерным сетям. Станции интегрируются в существующую инженерную инфраструктуру с синхронизацией объектов и единым управлением. Работа полностью автоматизирована, учитывая остановки и последующие выходы на режим очистки. Поскольку технология не нуждается в применении расходных реагентов, обслуживание станций сводится к плановым осмотрам. Основные параметры технологических и инженерных систем с помощью блока удаленного мониторинга по GSM-каналу направляются в облачное хранилище. Система удаленного мониторинга и управления станцией, совместимая с любым web-интерфейсом, позволяет осуществлять контроль и обратную связь с частотой передачи до 1 раза в секунду.

Расходы энергоресурсов и материалов представлены в табл. 3. Стоимость очистки рассчитана на основании действующих тарифов РЭК на электроэнергию и холодное водоснабжение.

Рассмотренные примеры реализации безреагентного упрощенного процесса интересны именно использованием для удаления повышенного содержания бора и хлорорганики.

Лабораторные и пилотные испытания, проводимые исследовательским сектором предприятия, показывают, что возможности технологии «Квалисорб Конверос» гораздо шире – от удаления тяжелых и высокотоксичных металлов до деструкции сложных органических загрязнений.

Между тем, в сфере водоочистки разработка и внедрение любой новой технологии, особенно связанной не с «улучшением» и оптимизацией традиционных процессов, а имеющей в основе принципиально новый подход, – процесс трудный и долгий. Решения, связанные с качеством жизни населения и национальной экологической безопасностью, исключают ошибки и требуют многоступенчатой проверки. Вместе с тем, открытые партнерские отношения с Правительством Свердловской области, с ведущими компаниями в секторе горнодобывающей промышленности и цветной металлургии, позволили за три года пройти все стадии непростой работы, от подтверждения концептуальной разработки до промышленной реализации.

Технология очистки воды «Квалисорб Конверос» работает со стабильно высоким качеством на семи автоматических станциях питьевой водоподготовки малых городов и сельских поселений мощностью от 6 до 120 м³/ч, и в двух автоматических станциях очистки шахтных и подотвальных вод мощностью от 10 до 30 м³/ч. ●

Контакты:

Головной офис:
Свердловская область,
г. Богданович, ул. Гагарина, дом 2
Тел. +7 34376 4-74-14

Московский офис:
г. Москва, ул. Давыдовская, дом 12, корпус 3
Тел. +7 495 921-4949
Моб.: +7 916 212-3330

<https://www.ogneupory.ru/>