

Определение площадей усадьбы или приусадебных участков, находящихся под кронами деревьев (необходимо для учета гидротермического баланса и распространения древесной растительности), наиболее рационально на основе материалов дистанционного зондирования. Расчеты, основанные на статистике количества деревьев в усадьбах, всегда дают приближенные результаты ввиду неизбежного разнообразия возрастов, видов и сортов, а полевые измерения покрытия крон требуют значительных материальных ресурсов и продолжительного времени.

Поскольку на аэрокосмических снимках определение границ отдельных усадеб затруднительно, площади древесных крон определялись для кварталов, случайно выбранных в пределах основных массивов индивидуальной застройки Могилева (всего -16). Выявленное среднее покрытие крон – 62% площади усадеб при среднем отклонении  $\pm 9,3\%$ . Наибольшие значения (до 75%) зафиксированы в пределах староосвоенных районов; в отношении новых районов, а также на территориях с неблагоприятными для произрастания садов условиями, среднее покрытие крон значительно уменьшается (до 31%).

#### Выводы

В работе приводятся отдельные показатели, необходимые для параметризации процессной биогеохимической модели массива усадебной застройки; при их практическом использовании необходимо принимать в расчет следующие ограничения и допущения:

- вся информация собрана в пределах одного города, хотя и крупного, характеризующегося разнообразием физико-географических и социально-экономических условий;
- использованная выборка – 38 усадебных хозяйств, относительно невелика, хотя и представляет все районы индивидуальной застройки Могилева;
- опрос проводился лишь один раз, то есть его данные отображают характеристики хозяйств по состоянию на осень 2005 года;
- характеристики усадебных хозяйств варьируются чрезвычайно широко; при этом, если одни потоки вещества (зола, нечистоты) и пространственные параметры (площадь строений на одного проживающего) могут значительно различаться даже в соседних хозяйствах, то другие (выращивание сельхозпродукции) достаточно однородны в пределах всего массива усадебной застройки.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саг, В.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990.
2. Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 163 с.
3. Геохимические методы в экологических исследованиях / под ред. Э.К. Буренкова. – М.: ИМГРЭ, 1994. – 155 с.
4. Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчик Т.И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. – Мн.: Минсктиппроект, 2004.
5. Shkaruba A. Sustainability of a Post-Soviet City: Case Study of Wooden Residential Estates in the City of Mogilev (Belarus) // IHDP Proceedings. – 2005. - No. 6. – PP. 13-16.
6. Jansson P.-E., Karlberg L. Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. – Stockholm: Royal Institute of Technology, Dept of Civil and Environmental Engineering, 2004. – 321 pp.
7. Jansson P.-E., Moon D. A Coupled model of water, heat and mass transfer using object orientation to improve flexibility and functionality // Environmental Modelling & Software. – 2001. – Vol. 16. – PP. 37-46.
8. Alhajjar B.J., Harkin J.H., Chesters G. Detergent formula and characteristics of wastewater in septic tanks // Journal of the Water Pollution Control Federation. – 1989. – Vol. 61. – No. 5. – PP. 605-613.
9. Kuo C.Y., Cave K.A., Loganathan G.V. Planning of urban best management practices // Water Resources Bulletin. – 1988. – Vol. 24. – No. 1. – PP. 125-132.
10. Obernberger I., Biedmann F., Widmann W., Riedl R. Concentration of inorganic elements in biomass fuel and recovery in the different ash fractions // Biomass and Bioenergy. – 1997. – Vol. 12. – No. 3. – PP. 211-224.
11. Demeyer A., Voundi Nkana J.C., Verloo M.G. Characteristic of wood ash and nutrient uptake: an overview // Bioresource Technology. – 2001. – Vol. 77. – PP. 287-295.
12. Wey M.-Y., Chen K.-H., Liu K.-Y. The effect of ash and filter media characteristics on particle filtration efficiency in fluidized bed // Journal of Hazardous Materials. – 2005. – Vol. B121. – PP. 175-181.
13. Thy P., Jenkins B.M., Grundvig S., Shiraki R., Leshner C.E. High temperature elemental losses and mineralogical changes in common biomass ashes // Fuel. – 2006. – Vol. 85. – PP. 783-795.
14. Karlberg L., Ben-Gal A., Jansson P.-E., Shani U. Modelling transpiration and growth in salinity-stressed tomato under different climatic conditions // Ecological Modelling. – 2006. – Vol. 190. – PP. 15-40.
15. Breuer L., Eckhardt K., Frede H.-G. Plant parameter values for models in temperate climates // Ecological Modelling. – 2003. – Vol. 169. – PP. 237-293.

Статья поступила в редакцию 08.01.2007

УДК 628.094

**Рыбак Е.С., Житенев Б.Н.**

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

#### Введение

В настоящее время задачи развития села выдвигают на первый план необходимость обеспечения населения качественной питьевой водой, а также разработки новых высокоэффективных систем очистки воды. В силу сложившихся традиций и уклада жизни населения в сельской местности преобладают дома усадебного типа. Увеличение темпов строительства жилья предусматривается Программой возрождения села Правительства Республики Беларусь. В этой связи

отдельные потребители расположены на достаточно больших расстояниях и не всегда экономически и технически целесообразно устройство централизованных систем водоснабжения.

В сельских населенных пунктах для забора воды на хозяйственно-питьевые нужды широко используются шахтные колодцы, которые забирают подземную воду из зоны свободного водообмена. Вода в первом водоносном горизонте не содержит железа, так как при контакте с воздухом она обога-

**Рыбак Екатерина Сергеевна**, аспирант Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

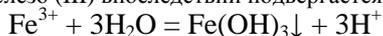
Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика

щается кислородом, и растворенное в воде двухвалентное железо окисляется в трехвалентное, гидролизуется, коагулирует и выпадает в осадок в виде гидроксида железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Вместе с питьевой водой, забираемой из шахтных колодезев, в организм человека попадают нитриты и нитраты, которые также легко инфильтруются вместе с поверхностным стоком в грунт. Нитриты и нитраты приводят к возрастанию риска возникновения онкологических заболеваний, поэтому наиболее эффективно использовать более защищенную от загрязнений подземную воду для хозяйственных питьевых нужд из скважин. Вода из скважин безопасна для здоровья человека, так как забор ее осуществляется из более глубоких водоносных горизонтов, куда вредные вещества не могут попасть из-за водоупора. Но возникает другая проблема: в бескислородных условиях железо находится в виде двухвалентных ионов, в виде коллоидных органических и неорганических соединений, а также в виде истинно растворенных органических соединений двух- и трехвалентного железа.

Процесс окисления железа (II) кислородом воздуха в свободном объеме воды без гидрокарбонатов ионов описывается уравнением:



Далее железо (III) впоследствии подвергается гидролизу:



Суммарное уравнение реакции окисления и гидролиза может быть записано в виде:



Для хозяйственно-бытовых целей в Республике Беларусь используется вода подземного типа, которая не удовлетворяет требованиям СанПин 10 – 124 РБ 99 по содержанию железа общего, которое иногда достигает 15 мг/л.

В этой связи в данной статье будут рассматриваться установки для обезжелезивания подземной воды, предлагаемые различными фирмами-производителями в Беларуси и за рубежом.

#### Основные типы установок для обезжелезивания подземной воды

В Республике Беларусь всего несколько производителей данных установок.

Один из них, в частности, предлагает гидроавтоматическую безреагентную установку обезжелезивания для очистки воды из подземных источников от соединений железа до концентрации не более 0,3 мг/л, основанную на фильтрации через плавающую загрузку. Попутно в установке происходит очистка исходной воды от растворенных газов (сероводорода, диоксида углерода, метана и др.), удаление мутности и запаха. Установка состоит из аэратора-дегазатора, фильтра с полимерной плавающей загрузкой, емкости чистой воды, емкости промывной воды и приемной емкости.

В целом необходимо отметить следующее: дистанционно определить цену на продукцию отечественных, а также ряда российских производителей, практически невозможно, поскольку для определения стоимости своей продукции для каждого конкретного потребителя производитель отправляет специалиста по анализу исходной воды, замерщика для изучения инфраструктуры коттеджа, инженера по подбору оборудования и коммуникаций, а также менеджера для определения конечной стоимости системы очистки.

Еще одна белорусская компания предлагает системы обезжелезивания, основанные на новейших достижениях в области водоочистки, которые менее требовательны к составу исходной воды (рН, содержание растворенного кислорода, хлора, сероводорода, органических соединений). Принцип действия основан на каталитическом окислении железа в слое фильтрующей среды при контакте воды и катализатора, изготовленного на основе глауконитового зеленого песка или синтетического. Регенерация фильтрующей среды производится автоматически перманганатом калия. Система состоит из электромеханического блока управления, бака для приготовления регенерационного раствора и корпуса системы –

многослойного баллона из полимерных материалов и пищевого пластика. Стоимость фильтра такого принципа работы может достигать 1150-1200 у.е.

Для автономного водопользования загородных домов, коттеджей, дач предназначены фильтры ряда российских производителей. Очистка подземных вод от железа может производиться на различных фильтрующих загрузках после предварительного насыщения воды кислородом. Для этого используется метод упрощенной аэрации, который основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и окислов двухвалентного, трехвалентного железа. Упрощенная аэрация осуществляется с помощью несложных приспособлений путем разлива воды с небольшой высоты в карман или центральный канал фильтра, либо путем вдувания воздуха в обрабатываемые воды.

Фильтры снабжены блоком автоматического управления процессом взрыхляющей промывки слоя фильтрующего материала обратным током воды без применения химических препаратов. Фильтры выполнены из полимерных материалов питьевого класса или нержавеющей стали. В целом, данные очистительные установки отличаются высокой производительностью (до 2,5 м<sup>3</sup>/ч) и компактностью.

Компактную и довольно миниатюрную (а в этом параметре не имеют конкурентного преимущества ряд отечественных и российских производителей) установку, удаляющую из воды соли жесткости, растворенное железо и нерастворенные примеси, может предложить американский производитель – установку для решения проблем с жесткостью и избыточным железом. Отличительные особенности данной системы, помимо габаритов, являются: смесительный клапан для выбора жесткости воды по желанию потребителя; выбор режима регенерации по заданному времени или по необходимости; клапан безопасности для регулировки уровня воды в солевом баке; компактность и простота в подключении. Для установки данной системы в доме усадебного типа необходима также установка механического фильтра (для задержки песка, ржавчины, мутности), угольного фильтра (для удаления органики и запаха) и по необходимости ультрафиолетового стерилизатора (для уничтожения бактерий и вирусов). Все это значительно увеличивает стоимость системы в целом. Цена вышеописанной установки при максимальной производительности 1,5 м<sup>3</sup>/ч составляет 950 у.е.

Некоторые российские производители часто концентрируют свое производство на выпуске окислительных фильтров для очистки воды от растворенного железа двух типов: с химической регенерацией и без химической регенерации. Так, например, автоматический регенерируемый фильтр без химической регенерации предназначается для обезжелезивания воды путем каталитического окисления растворимой 2-х валентной формы железа до нерастворимой 3-х валентной с последующим осаждением гидроксида железа (ржавчины) фильтрующим слоем и сбросом накопленных загрязнений в дренажную линию во время обратной промывки. Химической регенерации не требует. Стоимость данного фильтра может составлять примерно 1030 у.е.

Автоматический регенерируемый фильтр с химической регенерацией предназначается для удаления из воды железа, марганца, а также сероводорода путем каталитического окисления растворенных форм этих веществ до нерастворимых форм с последующим их осаждением в фильтрующем слое и сбросом накопленных загрязнений в дренажную линию во время обратной промывки. Регенерация осуществляется раствором перманганата калия. Стоимость фильтра такого типа, как правило, достигает 1300-1320 у.е.

В целом стоит отметить: обезжелезиватели безреагентные имеют такие же требования к исходной воде, как и реагентные, в том лишь различие, что последние требуют наличие бака для приготовления регенерационного раствора. В целом на российском рынке распространен реагентный обезжелези-

ватель, который состоит, из корпуса фильтра, выполненного из стеклопластика, внутри ламинированного полиэтиленом, автоматического клапана управления, фильтрующей среды, поддерживающего слоя гравия, дренажно-распределительной системы, бака для приготовления регенерационного раствора. Напорные фильтры с зернистой фильтрующей средой, непосредственно окисляющей растворенное железо, переводят растворенное в воде железо и марганец в нерастворимую форму. Осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. Также происходит удаление сероводорода. Фильтрующий материал: марганцевый глауконит, содержащий оксиды марганца, железа, калия, кремния, алюминия и магния. Работа данного фильтра полностью автоматизирована. Требования к исходной воде: железо общее – до 15 мг/л, водородный показатель рН = 6,2-6,8, окисляемость перманганатная – не более 6 мгО<sub>2</sub>/л, температура – +26,7 °С. Восстановление фильтрующей способности установок серии HFI-MGS производится обратной промывкой с последующей регенерацией раствором перманганата калия. Стоимость фильтра серии HFI-MGS составляет 978 у.е.

Принцип действия обезжелезивателя безреагентного следующий: напорные фильтры с зернистой фильтрующей средой, служащей катализатором реакции окисления, переводят растворенное в воде железо и марганец в нерастворимую форму. Осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. Перед поступлением на фильтры данной серии, исходная вода в большинстве случаев должна подвергаться предварительной обработке для окисления железа и марганца (аэрация воздухом; дозирование перманганата калия или гипохлорита натрия; озонирование; введение коагулянта и т.п.). Требования к исходной воде: железо общее – до 15 мг/л; марганец – до 0,5 мг/л; мутность и цветность также доводится до санитарных норм. Фильтрующим материалом являются: алюмосиликат, покрытый оксидами марганца и железа, либо гранулированная среда из доломитов, модифицированных оксидами железа, марганца и кремния.

Ряд восточноевропейских производителей представлен фильтрами безреагентного обезжелезивания и реагентного обезжелезивания. Данные фильтры эффективно очищают воду до санитарных норм. Содержание железа общего в исходной воде – до 15 мг/л, марганца – до 5 мг/л, сероводорода – до 0,5 мг/л, мутности и цветности воды, неприятного запаха и привкуса. Даная установка очистки воды состоит из корпуса, автоматического блока управления, фильтрующей зернистой среды, удерживающего слоя гравия, дренажно-распределительной системы, бака для приготовления регенерационного раствора. Скорые напорные системы очистки воды с зернистой фильтрующей средой, служащей катализатором реакции окисления, при которой растворенное в воде железо и марганец переходят в нерастворимую форму и выпадают в осадок. Осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. Перед поступлением в систему очистки исходная вода должна подвергаться предварительной аэрации для эффективного окисления железа и марганца. В системе очистки воды используются фильтрующие среды природного происхождения, покрытые пленкой диоксида марганца. Требования к исходной воде до очистки: водородный показатель рН – не менее 6,8; нефтепродукты – отсутствие; окисляемость воды перманганатная – не более 6,0 мгО<sub>2</sub>/л; температура воды перед очисткой – +5...+35 °С.

Для производительности 1,5 м<sup>3</sup>/ч стоимость вышеописанной безреагентной системы обезжелезивания воды составляет 980 у.е. Для фильтров реагентного обезжелезивания при производительности 2,2 м<sup>3</sup>/ч стоимость может достигать 1010 у.е.

Стоимость, пожалуй, самого дорогостоящего фильтра, из встречающихся на российский рынок, может достигать 2800 у.е., и это при производительности 1,5 м<sup>3</sup>/ч. Данные фильтры, как правило, предназначены для предварительной очистки

воды в пищевом, химическом, фармацевтическом, автомобильном и других производствах; в медицине; для очистки вод до уровня питьевой в бытовых и промышленных условиях. Основные требования к качеству исходной воды: содержание железа общего – не более 15 мг/л; содержание марганца – не более 15 мг/л; содержание сероводорода – не более 5 мг/л; водородный показатель рН – 6,2-8,8; нефтепродукты – отсутствие. В качестве фильтрующей среды используется природный марганцевый цеолит, в состав которого входит смесь оксидов марганца различной валентности. Необходимо отметить, что недостаток фильтров данного производителя кроется не только в высокой стоимости, но и в зависимости производительности фильтра от температуры воды, диаметра корпуса фильтра, содержания в воде растворенного железа, марганца и сероводорода.

Помимо всех вышеописанных типов фильтров, российские производители также предлагают многоступенчатый фильтр, работа которого основана на фильтрации, ионном обмене и сорбции при прохождении воды через микропористый ионообменный материал картриджа. В данных фильтрах на основе обратного осмоса осуществляется фильтрация воды через полупроницаемую мембрану. Размеры пор мембраны настолько малы, что пропускают только молекулы воды. Отфильтрованные мембраной примеси постоянно вымываются из системы в дренаж.

На первой ступени очистки вода проходит через механический картридж, который задерживает взвешенные частицы (ржавчину, глину, песок, микрофлору и др.). На второй ступени очистки вода очищается от любой взвеси, нерастворенных химических соединений и микрофлоры. За счет ионообменных свойств удаляются соли тяжелых металлов и растворенное железо. Также происходит очистка воды от остаточного хлора и его производных. При помощи введенного непосредственно в картридж активного серебра предотвращается размножение отфильтрованных болезнетворных бактерий (кишечной палочки и т.п.).

Картридж из кокосового активированного угля на третьей ступени очистки удаляет из воды органические соединения и остаточный хлор, придает воде прозрачность и приятный питьевой вкус. Механическая регенерация ионообменного картриджа заключается в удалении отфильтрованной взвеси с его поверхности (щеткой под струей воды в бытовых условиях). А химическая регенерация происходит с помощью восстановления сорбционной способности материала картриджа при обработке кислотой, а также раствором поваренной соли в регионах с жесткой водой. Однако после одного года работы картридж подлежит обязательной замене.

Эффективность очистки: взвешенные частицы – до 98%, растворенное железо – до 90%, органические соединения – до 98%, остаточный хлор – до 99%, болезнетворные микробы – до 99,9%, пестициды – до 95%, тяжелые металлы – до 95%. Что касается стоимости данного многоступенчатого фильтра, то при производительности 0,083 м<sup>3</sup>/ч она составляет всего не более 300-330 у.е.

Минимальная производительность фильтров, описанных в данной статье, составляет от 0,083 до 5,0 м<sup>3</sup>/ч, что значительно превышает норму питьевого водопотребления на одного человека в жилом доме. Также недостатками вышеописанных фильтров являются значительные объемы промывных вод; необходимость использования для регенерации реагента перманганата калия; применение дорогостоящих фильтрующих сред, которые нуждаются в периодической замене, а также высокая стоимость водоочистного оборудования.

#### **Альтернативная технология обезжелезивания подземной воды для индивидуальных застройщиков**

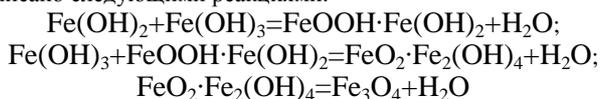
На кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения на протяжении 18 месяцев выполняются исследования по обезжелезиванию воды методом «сухой фильтрации» на экспериментальной установке общий вид которой представлен на рис.1. Задачей настоящих исследований являлась раз-

работка высокоэффективного недорогого метода обезжелезивания воды для небольших объектов, например для домов в сельской местности или индивидуальных застройщиков.

На рисунке 2 представлена технологическая схема системы водоснабжения небольшого объекта: отдельного дома, школы, детского сада и т.п. Вода из артезианской скважины 2, оборудованной фильтром 1 с помощью насоса первого подъёма 3 подавалась по трубопроводу 4 на фильтр 5, с зернистой загрузкой 6. Одновременно в фильтр 5 воздуходувкой 8 по трубопроводу 9 нагнетался сжатый воздух. Обработанная вода накапливалась в резервуаре 10., откуда насосом гидрофором 12 по трубопроводам 14 и 15 соответственно горячая и холодная вода подавалась потребителю для использования на хозяйственные нужды. Вода для питьевых нужд проходила дополнительную очистку на сорбционном фильтре 16.

Качество воды забираемой из скважины по всем параметрам соответствовало требованиям СанПиН 10-124 РБ 99, за исключением содержания железа, концентрация которого колебалась в пределах 1,2...1,3 мг/л. Для обезжелезивания была использована технология получившая название «сухая фильтрация». Фильтр 5 загружен вспененным полистиролом, который находился в незатопленной состоянии. При работе фильтра водовоздушная смесь двигалась в развитом турбулентном режиме по межпорковому пространству, что способствовало интенсивному контакту соединений железа присутствующих в воде с сорбционно-каталитической пленкой. В результате железо удалялось из воды в виде магнетита.

Образование магнетита в условиях избытка кислорода при предварительном окислении части железа (II) с последующим переходом в гидроксид и гидроксид железа может быть описано следующими реакциями:



Эффективность обезжелезивания воды «сухой фильтрацией» зависит от ряда факторов: формы содержания железа, активной реакции среды, содержания свободной углекислоты, высоты слоя загрузки, крупности загрузки, скорости фильтрования, водо-воздушного соотношения и др.

Фильтрующая загрузка использованная в эксперименте характеризовалась следующими параметрами:  $d_{50}=1,6$  мм, коэффициент неоднородности  $K_{\text{н}}=d_{80}/d_{10} = 2,75$ , эквивалентный диаметр зерен вспененного полистирола  $d_{\text{экв.}}=2,8$  мм. Высота загрузки – 0,7 м.

Установка работала в циклическом режиме, при суточной производительности 280 литров, что удовлетворяло нужды двух потребителей. Продолжительность её работы в сутки составляла около 15 минут, за это время наполнялись емкости хранения воды. В процессе эксперимента отбирались пробы из 5 – ти точек:

- №1 – вода из скважины;
- №2 – вода, прошедшая через фильтр «сухой фильтрации»;
- №3 – горячая вода после механического фильтра на хозяйственные нужды;
- №4 – холодная вода после механического фильтра на хозяйственные нужды;
- №5 – вода, прошедшая сорбционный фильтр.

Результаты исследования за период с ноября 2005 года по апрель 2007 года приведены в таблице. Все анализы по определению качества воды по указанным показателям выполнены согласно ГОСТ 24902-81.

Из таблицы 1 следует, что по основному нормируемому показателю – содержанию общего железа вода соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ 99, только после сорбционного фильтра, в остальных пробах после «сухой фильтрации» содержание железа составляло 0,51...0,55 мг/л. При этом не наблюдалось осаждения соединений железа на санитарно-

технических приборах. Недостаточная эффективность обезжелезивания в данном случае объясняется небольшой высотой фильтрующего слоя 0,7 м при рекомендуемой 1,2 м, а также эквивалентном диаметре зерен  $d_{\text{экв.}}=2,8$  мм (рекомендуется 1...2 мм). Однако указанные параметры загрузки обеспечили высокую грязеемкость, загрузка не промывалась 1, 5 года. В процессе эксплуатации 1 раз в 2 месяца менялся картридж механического фильтра, который после регенерации в 10% растворе соляной кислоты использовался вновь. Если учесть, что из 140 литров воды, предусмотренной нормой водопотребления для питьевых нужд используется лишь 3 литра, то становится очевидным бессмысленность глубокой очистки воды от соединений железа, при индивидуальной застройке, до требований соответствующих СанПиН 10-124 РБ 99 (0,3 мг/л).



Рис. 1. Общий вид установки для обезжелезивания воды «сухой фильтрацией» с блоком автоматики

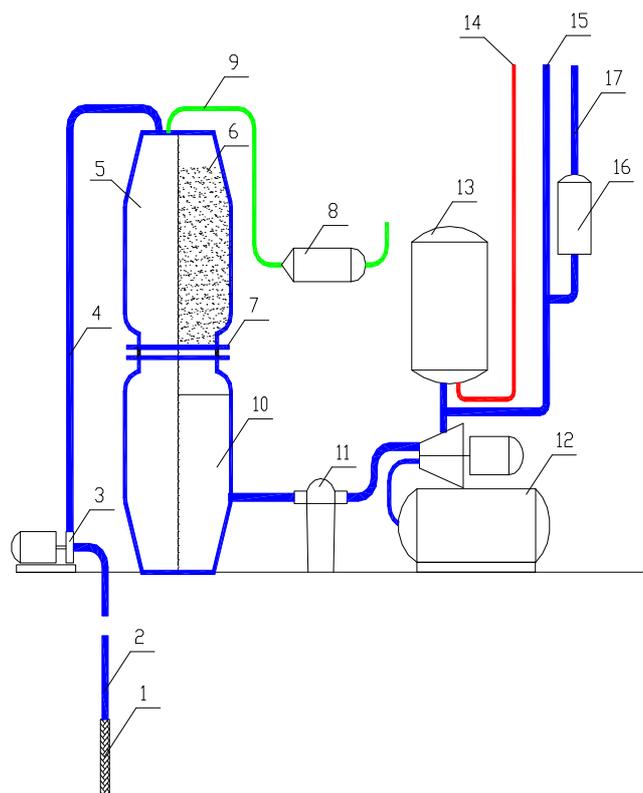


Рис. 2. Технологическая схема экспериментальной установки по обезжелезиванию подземной воды

1 – фильтр скважины; 2 – водозаборная скважина; 3 – насос первого подъема; 4 – трубопровод подачи сырой воды на фильтр; 5 – фильтр; 6 – зернистая загрузка из вспененного полистирола; 7 – поддерживающая сетка; 8 – воздуходувка; 9 – воздухопровод; 10 – бак-накопитель; 11 – механический фильтр; 12 – насос-гидрофора; 13 – водонагреватель; 14 – подача горячей воды на хозяйственные нужды; 15 – подача холодной воды на хозяйственные нужды; 16 – фильтр глубокой очистки воды; 17 – подача питьевой воды.

### Выводы

1. Выполнены продолжительные исследования в натуральных условиях по обезжелезиванию воды методом «сухой фильтрации» для индивидуального дома.
2. Фильтр «сухой фильтрации» работал без регенерации 18 месяцев при производительности 280 л/сутки.
3. Содержание железа после «сухой фильтрации» снижалось с 1,2...1,3 до 0,4...0,5 мг/л. Всё железо находилось в трёхвалентной форме. Осаждение соединений железа на санитарно-технических приборах не наблюдалось.
4. Для использования воды на хозяйственные нужды при индивидуальных системах водоснабжения целесообразно частичное обезжелезивание воды с интенсивным окислением избытком воздуха что обеспечивает энергосбережение.
5. При «сухой фильтрации» эффективно удаляются растворенные газы.
6. Для получения питьевой воды соответствующей СанПин 10-124 РБ 99 необходимо использование небольших сорбционных фильтров глубокой очистки.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николадзе Г.Н. Обезжелезивание природных и оборотных вод. – М., Стройиздат, 1978. – 24 с.
2. Строчак П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: [Учеб. пособие]. – Мн.: Выш. Школа, 1980. – 214 с.
3. СанПин 10 – 124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»
4. СНБ 4.01.01-03 «Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования»
5. <http://www.amazon.by/>
6. <http://www.ecofilter.ru>
7. <http://www.ecowater.tu>
8. <http://www.fortex.by>
9. <http://www.geizer.com>
10. <http://www.servicewater.com>
11. <http://www.watergeo.ru>
12. <http://www.7666666.ru>

Таблица 1. Сводная таблица показателей качества воды в точках отбора проб

Точка отбора воды	№1	№2	№3	№4	№5
Показатели качества воды					
Железо общее, мг/л	1,20...1,30	0,51...0,55	0,48...0,51	0,49...0,53	0,29...0,30
Щелочность общая, мг-экв/л	1,8...2,0	1,5...1,8	1,5...1,8	1,5...1,8	1,5...1,8
Жесткость общая, мг-экв/л	2,8...3,0	2,8...2,9	2,8...2,9	2,8...2,9	1,1...1,5
Перманганатная окисляемость, мг/л O <sub>2</sub>	4,24...4,61	4,04...4,40	4,0...4,4	4,0...4,4	2,89...3,92

Статья поступила в редакцию 12.03.2007

УДК 556.5.06 (476)

Пеньковская А.М., Дубенок С.А., Петрова М.И.

## ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ТЕПЛОВЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

### Введение

В настоящее время регламентация водопользования, осуществляемая путём установления допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, является главным

фактором экономического воздействия на водопользователей с целью повышения эффективности использования водных ресурсов и степени очистки сточных вод.

Однако современная практика установления допустимых

Пеньковская Ася Михайловна, к.т.н., зав. сектором РУП «Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов». Дубенок Снежана Анатольевна, к.т.н., ст. научный сотрудник РУП «Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов».

Петрова Марина Игоревна, аспирант РУП «Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов». Беларусь, 220086, г. Минск, ул. Славинского 1, корп. 2.