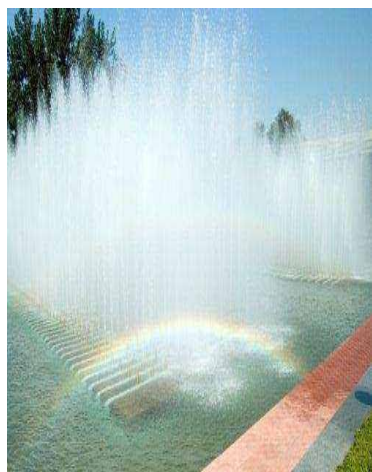


Водные ресурсы Республики

Беларусь



На одного жителя в год в республике приходится 3,6 тыс. м³ местных водных ресурсов, в том числе 1,4 тыс. м³ подземных вод, что достаточно для удовлетворения современных и перспективных потребностей страны.

Водопользование

Таблица 11. Основные показатели использования воды в РБ, млн. м³ в год

Показатели	Годы				
	1985	1990	1995	2000	2003
Забрано воды из природных водных объектов	2924,0*	3034,9*	2112,6*	1882,7*	1832,2*
В том числе:					
из поверхностных объектов	1762,0	1824,9	1008,6	800,8	768,1
из подземных источников	1062,0	1210,0	1104,0	1081,9	1064,1
Использовано свежей воды	2775,0	2790,3	1855,8	1700,4	1666,9
В том числе:					
на хоз.-питьевые нужды	564,0	690,9	679,1	781,9	785,4
на производственные нужды	1664,0	1001,8	574,0	529,4	455,4
из них питьевого качества	213,0	232,7	161,3	170,9	157,2
на орошение	63,0	67,3	15,1	5,0	11,7
на сельхозводоснабжение	347,0	334,1	271,0	155,0	134,2
Использовано воды из коммунального водопровода на производственные нужды	78,0	84,3	47,6	38,7	33,8
Сброшено сточных вод, (включ. шахтную, дренажную)	2122,0	2151,3	1460,7	1302,4	1256,4
Из них в водные объекты	1934,0	1982,5	1329,4	1173,4	1145,4

Водопользование

Общий забор воды из водных источников – 1900 млн. м. куб в год.

Использование воды на хозяйственно-питьевое водоснабжение – 790 млн. м. куб в год.

Удельное потребление воды – 180-250 л/сут на человека

Отведение сточных вод 1300 млн. м. куб. в год. (1170 млн. м. куб. в год. Отводится в водные объекты, 130 млн. м. куб. в год. Отводится в накопители поля фильтрации и т.д.)

Водоподготовка

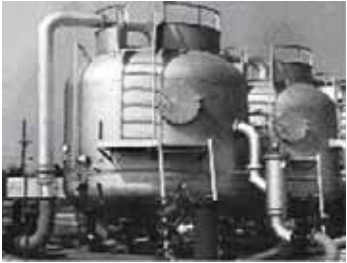


*** Использование поверхностных источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения (Частично Минск, Гомель,)**

*** Использование подземных источников**

Водоподготовка

воды из поверхностных источников



Осветление, (обработка воды коагулянтами с последующим отстаиванием и фильтрованием, Обеззараживание.



Водоподготовка

воды из поверхностных источников

Реагентное осветление

Добавление в воду растворов реагентов –

Соли железа или алюминия $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_3$ и флокулянты полиакриломид, активная кремневая кислота H_2SiO_3 .

При необходимости подщелачивания воды, в нее добавляют известь.

После ранентной обработки вода отстаивается и фильтруется

В качестве фильтрующих материалов:

кварцевый песок, антрацитовая и мраморная крошка, диатомит, др.

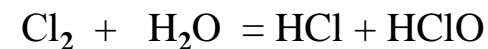
Водоподготовка

воды из поверхностных источников



Гидролиз хлорсодержащих дезинфектантов

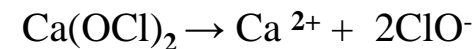
- Газообразный хлор



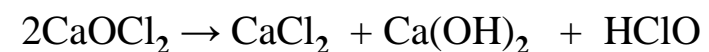
- Гипохлорит натрия



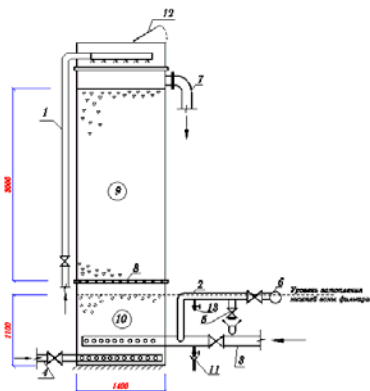
- Гипохлорит кальция



- Хлорная известь



Водоснабжение проблемы, тенденции, решения



Повышенное содержание соединений железа (в среднем 2-3 мг/л при норме 0,3 мг/л) марганца, низкая стабильность, повышенная жесткость.

Обработка воды из подземных водных источников с целью удаления соединений железа и марганца

Разновидности присутствия органического железа в воде

- **Бактериальное железо.** Некоторые виды бактерий способны использовать энергию растворенного железа в процессе своей жизнедеятельности. При этом происходит преобразование двухвалентного железа в трехвалентное, которое сохраняется в желеобразной оболочке вокруг бактерий.
- **Коллоидное железо.** Коллоиды - это нерастворимые частицы очень малого размера (менее 1 микрона), в силу чего они трудно поддаются фильтрации на гранулированных фильтрующих материалах. Крупные органические молекулы (такие, как танины и лигнины) также попадают в эту категорию.
- **Растворимое органическое железо.** Некоторые органические молекулы способны связывать железо в сложные растворимые комплексы, называемые хелатами. Эффективным хелатообразующим агентом является гуминовая кислота, играющая важную роль в почвенном ионообмене.

Формы присутствия железа в природных водах

- **Двухвалентное железо (Fe^{+2}).** В большинстве случаев находится в воде в растворенном состоянии.
- **Трехвалентное железо (Fe^{+3}).** Гидроксид железа $Fe(OH)_3$ нерастворим в воде (кроме случая очень низкого pH). Хлорид $FeCl_3$ и сульфат $Fe_2(SO_4)_3$ трехвалентного железа растворимы и могут образовываться даже в слабощелочных водах.
- **Органическое железо.** Органическое железо встречается в воде в разных формах и в составе различных комплексов.

Методы обезжелезивания воды

- Безреагентные
- Реагентные

При выборе метода обезжелезивания воды оценивается:

- производительность;
- требования к качеству очищенной воды;
- химический состав воды, подлежащий очистке
- результаты технологических исследований по обезжелезиванию воды

Упрощенная аэрация с последующим фильтрованием

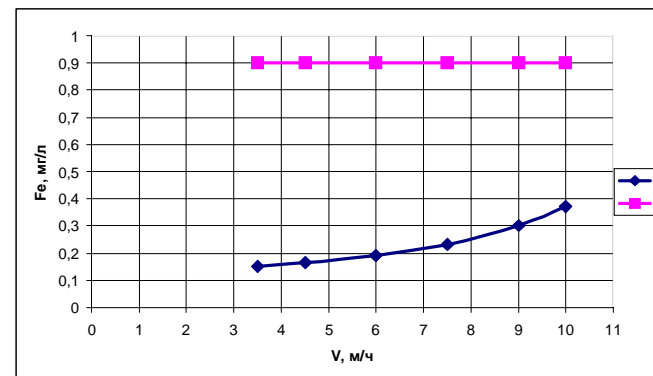
Способ применим по СНиП 2.04.02.-84

- содержание железа в исходной воде до 10 мг/л, в том числе закисного железа не менее 70%,
- Окисляемость не более 6-7 мг/л O₂
- Щелочности более (1+[Fe (II)]/28)
- рН не менее 6,8
- Содержание сероводорода не более 2 мг/л

Дополнительные требования

- окислительно-восстановительный потенциал воды после обработки +100 мВ
- индекс стабильности воды I > +0,05.

График зависимости степени очистки воды от скорости фильтрации: 1 – содержание железа в исходной воде, мг/л; 2 – содержание железа в фильтрате, мг/л.



Основные режимы работы станций обезжелезивания работающих по методу упрощенной аэрации с последующим фильтрованием

- «Зарядка» фильтра (образование каталитической пленки на зернах загрузки)
 - Рабочий фильтроцикл
 - Регенерация фильтра
- $$4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 8\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{CO}_2$$

Метод глубокой аэрации с последующим фильтрованием .

- Применяют при несоблюдении условий, лимитирующих использование метода упрощенной аэрации

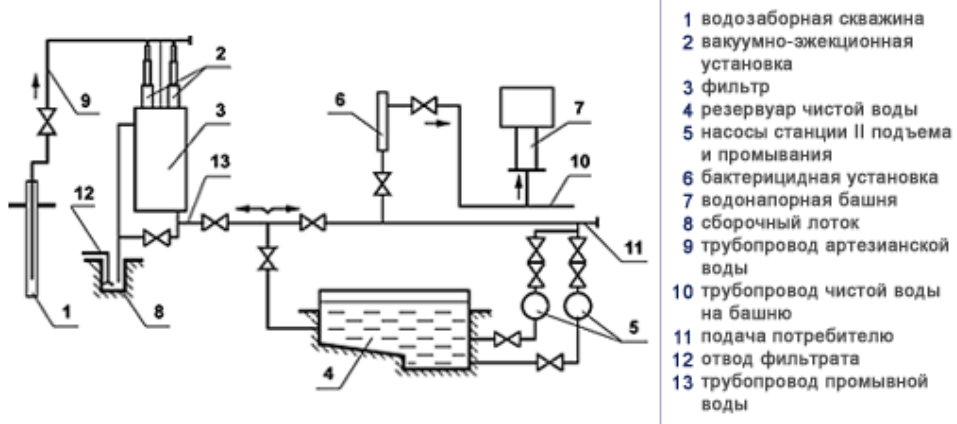
Глубокая аэрация воды производится:

- инжектированием воздуха,
- подачей воздуха в воду через дырчатые трубы или пористые пластины,
- разбрызгиванием воды в воздухе в емкости специальными устройствами,
- пропусканием воды через контактные или вентиляторные градирни.

Обезжелезивание подземных вод

с использованием вакуумно-эжекторных аппаратов

Принципиальная схема вакуумно-эжекторной установки обезжелезивания воды



Обезжелезивание воды с использованием патронных (каркасных) фильтров.

- Очистка осуществляется при прохождении воды через слой гидроокиси железа, предварительно сформированный на поддерживающей перегородке (керамическом, пористом сетчатом или щелевом патроне), с задержанием соединений железа и отведении очищенной воды.
- Регенерация каркасного фильтра промывкой обратным потоком очищенной воды, а затем после нескольких регенераций 10-20% раствором ингибированной соляной кислоты.

Метод "сухой" фильтрации.

Способ применим

- Содержание железа в исходной воде до 6 мг/л, в виде карбонатных и гидрокарбонатных солей
- Остальные условия аналогично по методу упрощенной аэрации с последующим фильтрованием

Особенность метода

- фильтрование воздушно-водяной эмульсии через "сухую" (незатопленную) зернистую фильтрующую загрузку путем образования в ней вакуума или нагнетания больших количеств воздуха с последующим отсосом из поддонного пространства фильтра при соотношении вода-воздух не менее 1:3.
- образование дегидратированной пленки на зернах загрузки и соответственно значительное увеличение фильтроцикла
- загрузка отмывается от задержанных соединений железа 0,5-1% раствором дигидрата натрия или 5-10% раствором ингибированной соляной кислоты либо заменяется на новую,

Обезжелезивание воды фильтрованием на фильтрах с «биологической» загрузкой

- Биологическое окисление железа, железобактериями типа *Leptothrix* и *Gallionella* может описываться следующим:
- $4\text{FeCO}_3 + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{CO}_2 + 94,5 \text{ кал.}$
- $2\text{FeO} + \text{O} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 253 \text{ кал.}$
- При использовании биологически модифицированной загрузки возможны следующие процессы:
- *В аэробных условиях*
- 1. Окисление Fe(II) в Fe(III)
- 2. Окисление NH_4^+ до NO_3^- (через NO_2^-)
- 3. Окисление Mn^{2+} до Mn^{4+}
- 4. Окисление органических соединений до диоксида углерода и воды с возможностью образования различных промежуточных соединений.
- 5. Окисление H_2S до S и SO_4^{2-}

Обработка воды фильтрованием на фильтрах с «биологической» загрузкой

- В аэробных условиях
- 1. Восстановление Fe(III) в Fe(II)
- 2. Восстановление NO_3^- до N_2 (а также NH_4^+ и NO_2^-)
- 3. Восстановление Mn^{4+} до Mn^{2+}
- 4. Образование органических продуктов брожения метана органических кислот аминов.
- 5. Восстановление SO_4^{2-} и SO_3^{2-} до S^{2-}

Фильтрующие загрузки

- Инертные
- Модифицированные
- Сорбционные
- Ионообменные

Реагентные методы обезжелезивания

- Использование окислителей
- Хлор
- $2\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Cl}_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{CaCl}_2 + 6\text{CO}_2$
- $2\text{FeSO}_4 + \text{Cl}_2 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{CaSO}_4 + \text{CaCl}_2 + 6\text{CO}_2$
- Перманганат калия
- $3\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{KHCO}_3 + 3\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{MnO}_2 + 5\text{CO}_2$
- Озон
- $\text{Fe}^{2+} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}^{3+} + 2\text{OH} + \text{O}_2$

Использование щелочных реагентов (извести и соды)

- $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + 8\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 8\text{CaCO}_3 + 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
- $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + 8\text{NaCO}_3 + 10\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 16\text{NaHCO}_3 + 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

Инертные фильтрующие загрузки

- кварцевый песок.
- керамзит.
- гранитный щебень
- мраморная крошка
- диатомит
- синтетические материалы
- антрацит
- шлаки

Автоматическая установка обезжелезивания с плавающей синтетической загрузкой



Модифицированные фильтрующие загрузки

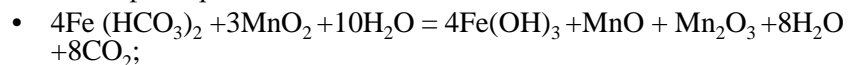
- Модифицированные фильтрующие загрузки **требующие реагентной** регенерации при эксплуатации установок обезжелезивания
- Модифицированные фильтрующие загрузки **не требующие реагентной** регенерации при эксплуатации установок обезжелезивания

Модифицированные фильтрующие загрузки

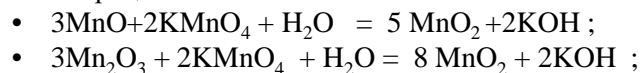
Модификация фильтрующей загрузки путём нанесения на поверхность зернистых фильтрующих материалов плёнки, обладающей повышенной и каталитической и адгезионной способностью.

Наиболее распространены при обезжелезивании нашли фильтрующие материалы содержащие диоксид марганца (MnO_2):

Рабочий фильтроцикл



Регенерация

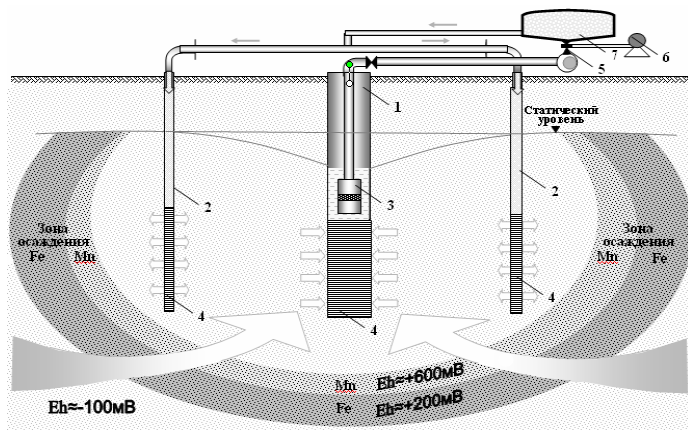


[Birm](#), [Greensand](#), [Filox](#), Pyrolox

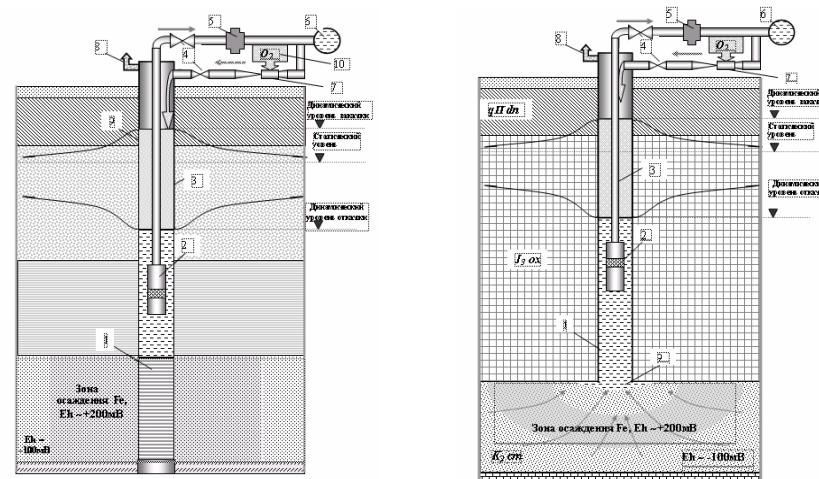
Примеры устройств для обезжелезивания воды с использованием модифицированных загрузок



Принципиальная схема обезжелезивания и деманганации воды в водоносном пласте с раздельной системой нагнетания и забора подземных вод
 1 – нагнетательная скважина; 2 – водозаборная скважина 3 – погружной насос; 4 –фильтр; 5 – водовоздушный смеситель; 6 – компрессор; 7 – бак- деаэратор



Принципиальная схема обезжелезивания воды в водоносном пласте с совмещенной системой нагнетания и забора подземных вод а - с фильтровой скважиной б - с бесфильтровой скважиной 1 – обсадная труба; 2 – погружной насос; 3 – водоподъемная колонна труб; 4 – задвижка; 5 – водомер; 6 – напорный трубопровод; 7 – водовоздушный смеситель (эжектор); 8 – клапан для выпуска воздуха; 9 – каверна; 10 -компрессор



Применимость метода (по Г.И Николадзе)

- $pH > 6,8$
- Окисляемость - не более 6 мг/л
- Содержание железа – не более 7 мг/л
- Щелочность - не ниже 1,3 мг-экв/л
- Дебит одиночной скважины до 800 м³/сут

Основные технологические параметры установок обезжелезивания в водоносном пласте

- расход закачки, - Q_3
- время закачки, – t_3
- расход откачки - Q_0
- время откачки - t_0

Расчет параметров установок обезжелезивания в водоносном горизонте

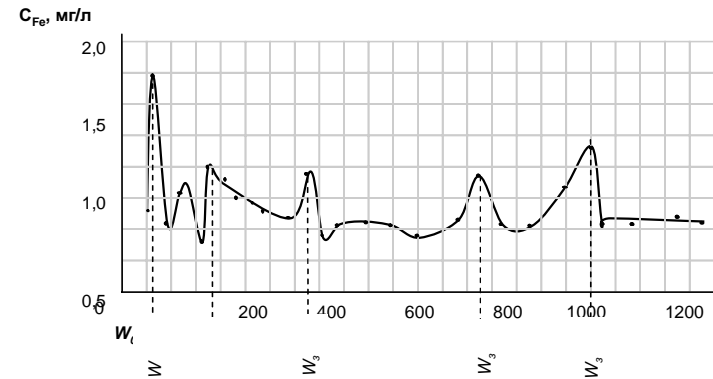
$$t_o = A \frac{Q_3 t_3}{Q_o} - B, \quad (1) \quad A = 1 - \frac{\zeta}{\beta C_{Fe^{2+}}} \quad (2) \quad B = \frac{\ln \frac{C_{Fe^{2+}} - 1}{0,3}}{\beta \sigma_{Fe^{2+}} C_{Fe^{2+}}}; \quad (3)$$

$$C_{Fe^{2+}} = \frac{C_{Fe^{2+}} \exp T}{\exp T + \exp X - 1} \quad (4) \quad T = \beta \sigma_{Fe^{2+}} C_{Fe^{2+}} t_o - \frac{Q_3 t_3}{Q_o} \quad (5) \quad X = \sigma_{Fe^{2+}} \zeta \frac{Q_3 t_3}{Q_o} \quad (6)$$

- где $\beta = 0,143$ – стехиометрический коэффициент,
- $\sigma_{Fe^{2+}}$ – константа скорости окисления Fe^{2+} кислородом, адсорбированным на породах пласта;
- $C_{Fe^{2+}}$ – исходная концентрация двухвалентного железа в воде, мг/л;
- t_o, t_3 – соответственно время откачки и закачки, ч;
- Q_o, Q_3 – соответственно расход откачки и закачки, м³/ч;
- ζ – комплексная величина, характеризующая удельную норму адсорбции кислорода породами пласта.
- Известные параметры кинетики и ζ определяются по данным измерений $f(t_o)$, получаемых при пробном обезжелезивании из зависимостям 4,5,6.

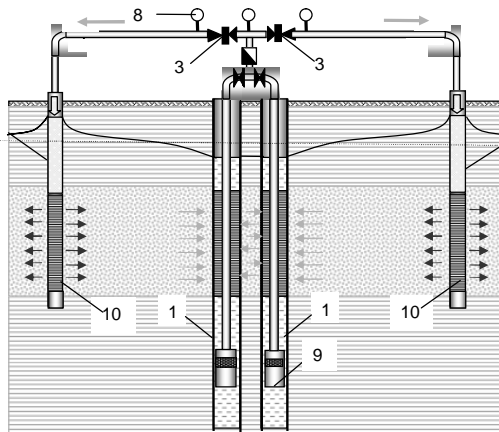
График пробных откачек

Содержание железа в откачиваемой воде



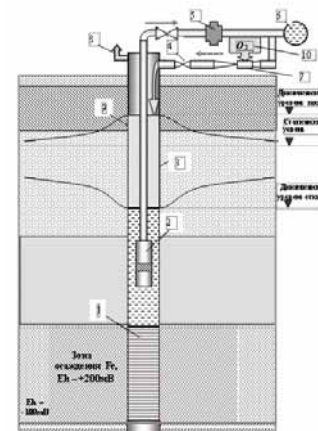
Установка обезжелезивания подземных вод в водоносном пласте с. Марково

Схема



Водоснабжение

проблемы, тенденции, решения



Водоснабжение из нецентрализованных систем. (шахтных колодцев и мелких водозаборных скважин)
-Повышенные концентрации нитратов, нитритов, соледержание, (хлориды), микробиологическое, загрязнение.
Снижение уровня грунтовых вод в областях работы коммунальных водозаборов

Устройства для обработки воды в зданиях.

Способы обработки

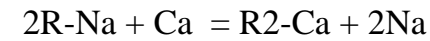
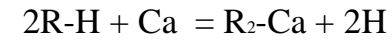
- Процеживание
- Фильтрование
- Ионный обмен
- Сорбция
- Обратный осмос
- Обеззараживание

Одноступенчатые и многоступенчатые системы

Устройства для обработки воды в зданиях.

Способы обработки

-Ионный обмен



Устройства для обработки воды в зданиях.

Способы обработки

- Процеживание
- Фильтрование



Устройства для обработки воды в зданиях.

Способы обработки

- Сорбция



Устройства для обработки воды в зданиях.

Способы обработки
-Обеззараживание



Устройства для обработки воды в зданиях.

Принцип обратного осмоса



Устройства для обработки воды в зданиях.

Способы обработки
-Обратный осмос

Принцип обратного осмоса



Бутилированная вода

Бутилированная питьевая вода
-Контроль качества.

Разработан и с 1 02. 2007 года действует
СанПиН 2.3.4.10-47-2005 Питьевая вода. Гигиенические
требования к качеству воды, расфасованной в емкости.

Бутилированная вода продается в режиме близком к
принципам реализации продуктов питания