

УДК 628.1

Феофанов Ю.А. – доктор технических наук, профессор**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская, д. 4

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор**Нуруллин Ж.С.** – доцент

E-mail: a566pm@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Пути экономии энергоресурсов в системах водоснабжения

Аннотация

Затраты на электроэнергию являются основной составляющей себестоимости коммунальных услуг по водоснабжению для населения и промышленных предприятий. Энергопотребление в системах водоснабжения, в первую очередь, зависит от объемов перекачиваемой воды и требуемого давления перекачки. В качестве основного пути экономии энергоресурсов в системах водоснабжения предлагается снижение непроизводительных расходов и потерь воды, путем замены и модернизации устаревшего оборудования, совершенствования учета, контроля и регулирования рабочих параметров работы системы. Кроме этого, снижение объемов водопотребления ведет к пропорциональному снижению энергозатрат в водоотведении.

Ключевые слова: водоснабжение, энергопотребление, снижение объемов водопотребления, утечки и нерациональное использование воды, гидравлическое сопротивление трубопровода.

Проблема экономии энергоресурсов в системах водоснабжения актуальна по нескольким причинам. Во-первых, снижение энергозатрат в системах водоснабжения связано с объемами водопотребления и касается себестоимости коммунальных услуг для населения и промышленности. Во-вторых, снижение объемов водопотребления ведет к снижению объемов водоотведения. В-третьих, снижение затрат на коммунальные услуги по водоснабжению и канализации в промышленности снижает себестоимость выпускаемой продукции, что прямо или косвенно влияет на благосостояние людей.

Наибольшие энергозатраты связаны с перекачкой воды, которая в системах водоснабжения осуществляется минимум два раза – при перекачке воды из источника водоснабжения на водоочистную станцию и при перекачке очищенной воды с очистной станции потребителю. При перекачке воды на большие расстояния, количество насосных станций может возрасти и соответственно возрастают затраты на ее транспортировку. Энергозатраты на перекачку определяются по выражению [1].

$$\mathcal{E} = \rho \cdot Q \cdot H \cdot T / (102 \eta_{\text{агр}}), \quad (1)$$

где ρ – плотность перекачиваемой воды; Q – расход перекачиваемой воды; H – напор насосов при перекачке воды; T – продолжительность перекачки; $\eta_{\text{агр}}$ – к.п.д. насосного агрегата.

Из формулы видно, что энергозатраты напрямую зависят от объема перекачиваемой воды и напора (давления), создаваемого при ее перекачке.

В свою очередь, расходы перекачиваемой воды зависят от объемов водопотребления, а требуемый напор – от потерь напора в системе подачи и распределения воды (СПиРВ) и необходимого свободного напора в местах водоразбора.

Исходя из этого, вопрос энергосбережения в системах водоснабжения должен рассматриваться, с одной стороны – как снижение объемов водопотребления, с другой – уменьшение напоров в системе.

Снижение водопотребления необходимо рассматривать с точки зрения более бережного и рационального использования воды во всех сферах жизни страны, что связано с уменьшением потерь воды и нерационального ее использования.

Структуру водопотребления можно представить как полезное водопотребление и потери воды в системе (рис. 1).

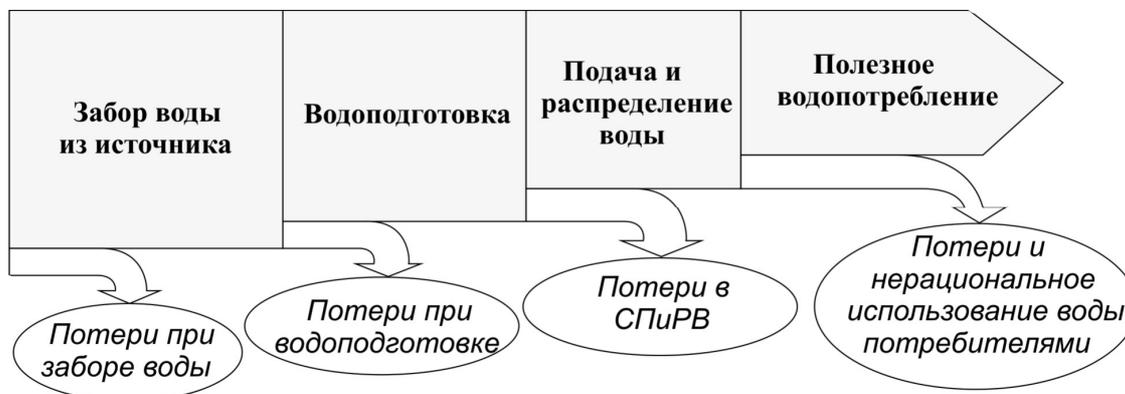


Рис. 1. Схема структуры водопотребления

Как видно из рис. 1, потери воды в системе водоснабжения происходят на всем пути ее движения от источника водоснабжения до потребителя.

Потери воды в водозаборных сооружениях относительно невелики, и эти потери, в основном, относятся к так называемым «полезным» потерям – это расходы воды на промывку самотечных линий, промывку сеток, расходы воды, связанные с удалением осадка из берегового колодца при помощи гидроэлеваторов, а также потери воды при ремонте трубопроводов и оборудования.

Потери воды при водоподготовке также относятся к «полезным» потерям. Основной объем воды на очистной станции расходуется на промывку фильтровальных сооружений и на сброс осадков из отстойных сооружений, реагентного хозяйства, резервуаров чистой воды, кроме этого, вода расходуется на приготовление растворов реагентов для обработки воды и некоторые другие расходы, такие как: хозяйственно-питьевые и душевые нужды работающих, поливка территории и т.д.

Объемы воды на собственные нужды станций водоподготовки колеблются от 3-4 % (при повторном использовании промывных вод фильтровальных станций) до 10-15 % от полезной производительности водопровода [2]. Эти расходы зависят от технологической схемы водоподготовки и качества воды в источнике. Потери воды на этой стадии, хотя и относятся к разряду «полезных», могут достигать значительных величин. Так, например, общий объем промывных вод скорых фильтров и осадков горизонтальных отстойников на Волжском водозаборе г. Казани, по данным Водоканала, составляет в среднем около 44 тыс. м³ в сутки или 16 млн. м³ в год.

Наиболее значительные потери воды происходят в системах подачи и распределения, т.е. в водоводах и водопроводных сетях. По статистическим данным, потери воды в водопроводных сетях достигают весьма больших значений, например, потери воды в сетях водоснабжения г. Санкт-Петербурга достигают 10-12 %, а в Казани около 20 %. В некоторых случаях, например в городе Альметьевске Республики Татарстан, потери воды в сетях водоснабжения, по данным авторов, достигают 40 % и более от объема воды подаваемой потребителям. С учетом того, что для водоснабжения г. Альметьевска используется Камская вода, которая транспортируется из г. Набережные Челны на расстояние больше 100 км и при этом неоднократно перекачивается, ее себестоимость для потребителей достигает больших значений.

На стадии потребления воды, т.е. непосредственно во внутренних сетях водоснабжения жилых и производственных зданий, также присутствуют потери воды, которые объясняются неисправностью и несовершенством водоразборной арматуры.

Кроме этого, во внутренних системах водоснабжения велик процент нерационального расходования воды, связанного со значительным превышением фактических напоров по сравнению с нормативными. Нормативный напор в диктующей точке водоразбора системы водоснабжения жилого дома располагается на верхнем этаже и не превышает 5 метров водяного столба [3], а фактический напор, особенно на нижних этажах зданий, измеряется десятками метров, что во много раз превышает требуемый, и является причиной значительных объемов нерационального расходования воды, а также частых аварий водоразборной арматуры.

Потери воды в наружных системах водоснабжения достигают 50 % от общего объема утечек [4], при этом до 90 % этого объема являются скрытыми утечками. Общие потери воды в системах централизованного водоснабжения страны из-за их неудовлетворительного технического состояния составляют около 3 км³ в год [5].

Вторая составляющая, влияющая на энергопотребление в системах водоснабжения, это требуемый напор в системе, который зависит от расположения диктующей точки и потерь напора в системе транспорта и распределения воды от насосной станции до указанной точки.

В процессе эксплуатации водопроводных сетей, ввиду засорения их продуктами коррозии, снижается пропускная способность трубопроводов и возрастают их гидравлические сопротивления, которые, согласно СНиП [2], могут возрасти до 2-х раз по сравнению с первоначальными.

Таким образом, основными причинами, приводящими к значительным потерям воды и повышенным энергозатратам в системах водоснабжения, являются:

- неудовлетворительное техническое состояние наружных водопроводных сетей;
- отсутствие должного контроля и учета рабочих параметров работы систем водоснабжения;
- неудовлетворительный гидравлический режим работы системы (избыточные напоры, гидравлические удары, воздушные пробки и т.п.);
- несовершенное и устарелое оборудование насосных станций, водозаборных и водоочистных комплексов;
- несовершенное регулирование работы насосов;
- большие потери воды во внутренних водопроводных сетях и водоразборной арматуре и нерациональное ее использование;
- завышенные нормы водопотребления, связанные с устарелой водоразборной арматурой и отсутствием учета водопотребления.

Исходя из вышеизложенного, основными путями снижения энергопотребления в системах водоснабжения и соответственно снижения себестоимости коммунальных услуг являются снижение водопотребления и снижение напоров в системах подачи и распределения воды.

Весьма показателен график формирования себестоимости воды по мере ее продвижения по системе водоснабжения (рис. 2).

Одним из способов снижения энергозатрат в системах водоснабжения является устранение причин утечек и нерационального использования воды.

Потери воды во внутренних и наружных сетях водоснабжения в первую очередь зависят от их технического состояния, что на сегодня является наиболее значимой проблемой [5].

Начинать работу по снижению водопотребления и соответственно снижения энергопотребления предлагается с сетей внутреннего и наружного водоснабжения.

Снижение потерь воды в системах внутреннего водоснабжения зданий за счет своевременного и качественного текущего и капитального ремонта трубопроводов, применение новой водосберегающей арматуры, установка регуляторов давления и поквартирных водосчетчиков и расширение систем горячего водоснабжения с рециркуляцией воды.

Порядок проведения и эффективность поэтапной адресной программы по ликвидации утечек воды и сокращение водопотребления в жилом фонде Санкт-Петербурга иллюстрируется на рис. 3, где приведены фактические данные по распределению удельных расходов воды в домах с централизованным горячим водоснабжением.

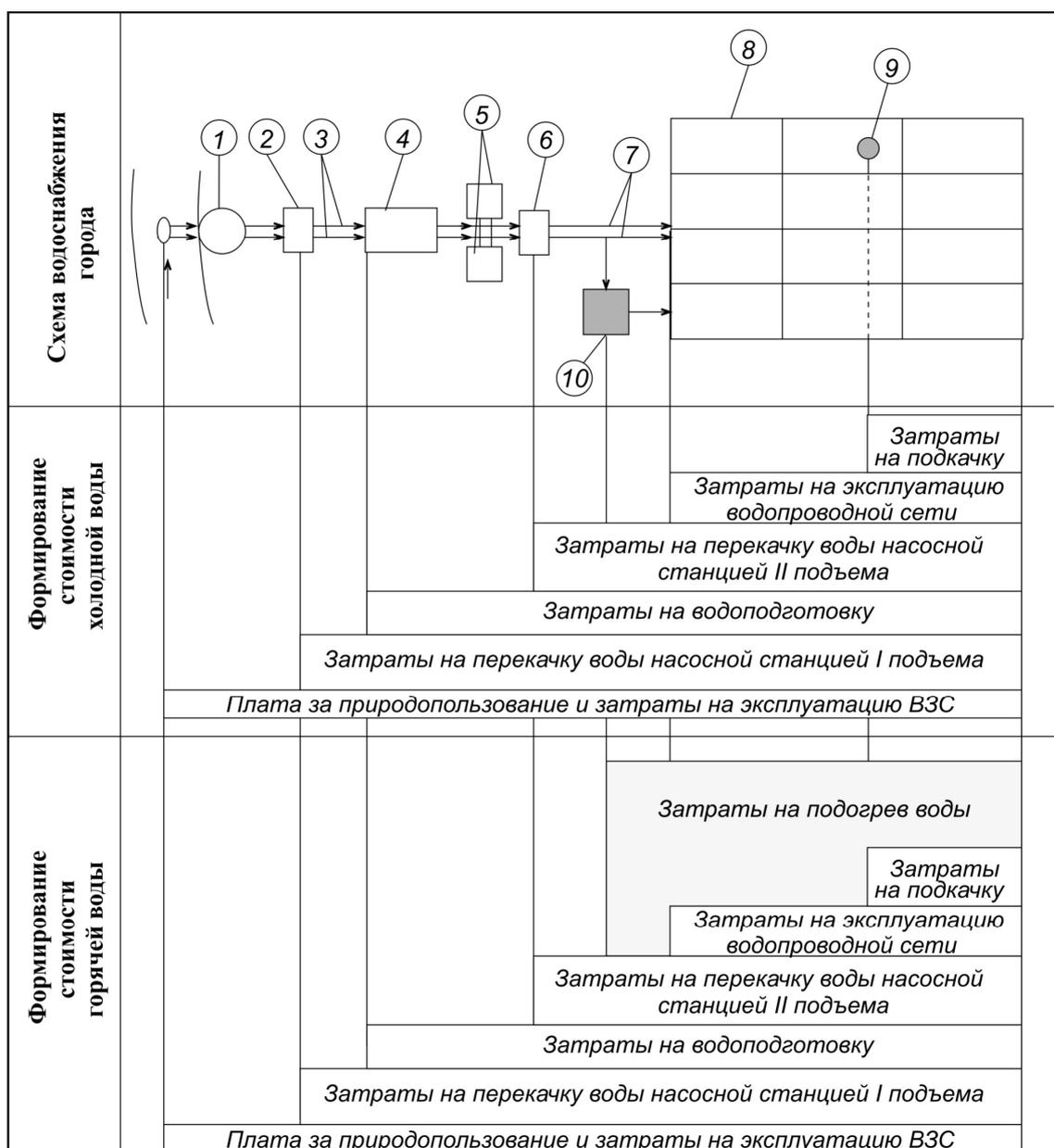


Рис. 2. Формирование себестоимости холодной и горячей воды в системе водоснабжения города:
 1 – водозаборные сооружения (ВЗС); 2 – насосная станция I подъема (НС I);
 3 – водоводы НС I подъема; 4 – комплекс сооружений водоочистной станции (ВОС);
 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция II подъема (НС II); 7 – водоводы НС II подъема;
 8 – распределительная сеть города; 9 – повысительная насосная станция;
 10 – тепловой пункт подогрева воды

Величина удельных расходов в жилых домах Санкт-Петербурга, по состоянию на 2009 год, колебалась от 90 до 600 литров в сутки на человека и составляла в среднем 330 л/(сут·чел).

На первом этапе работа должна быть направлена на выявление причин сверхвысокого объема водопотребления в 8 % зданий с максимальным удельным расходом 600 л/(сут·чел). Снижение потребления воды в этих зданиях с 600 л/(сут·чел) до среднего уровня 330 л/(сут·чел) позволяет сократить водопотребление в жилом фонде города на 6,85 % и снизить среднюю величину удельного водопотребления с 330 до 307,4 л/(сут·чел).

На втором этапе аналогичная работа должна быть проведена для жилых домов с удельным водопотреблением 480-560 л/(сут·чел), и так далее для остального жилого фонда.

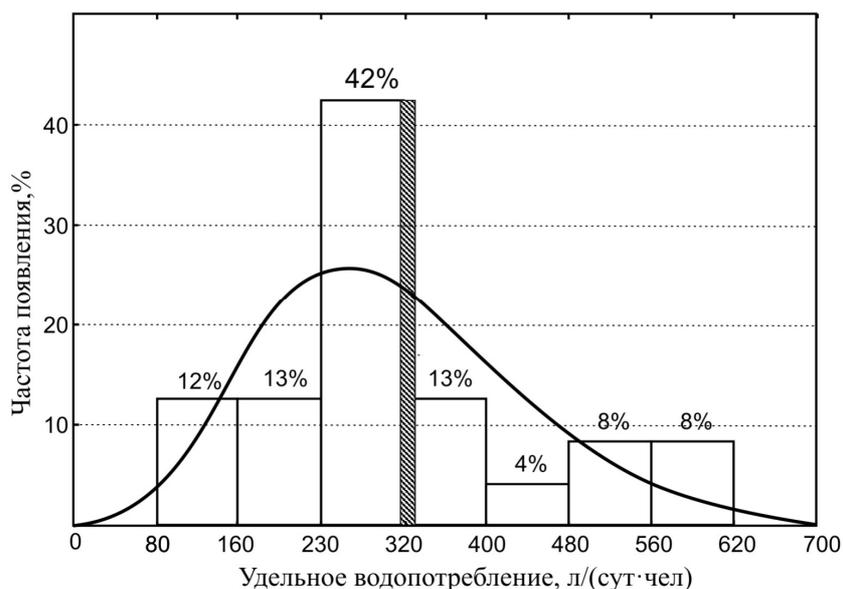


Рис. 3. График распределения удельного водопотребления по жилой застройке г. Санкт-Петербурга

Внедрение мероприятий по сокращению уровня утечек в жилых зданиях до среднего уровня только в 33 % зданиях, имеющих в настоящее время наибольшее удельное водопотребление, позволит снизить общее водопотребление населением в целом по городу на 18,15 % и понизить среднюю норму удельного водопотребления в жилом фонде города до 269 л/(сут·чел).

Выявление возможных путей снижения потерь воды и нерационального использования воды в системах производственного водоснабжения аналогичен мероприятиям в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения жилой застройки.

На первом этапе борьбы за снижение энергопотребления в системах водоснабжения необходимо:

- устранить явные утечки и нерациональное использование воды путем своевременного устранения аварий и проведения текущего и капитального ремонта сетей и оборудования;
- усилить контроль за расходом воды путем установки приборов учета и контроля;
- провести мониторинг напоров в системе водоснабжения и снизить излишнее давления путем замены насосного оборудования или установки регуляторов давления;
- для снижения производственного водопотребления необходимо изучить существующие аналогичные производства, работающие с применением маловодных и безводных технологий и оборудования и по возможности использовать эти возможности;
- на основе данных мониторинга работы сети провести оптимизацию режима подачи воды.

Объем утечек на сетях зависит от частоты аварий, которая, в свою очередь, зависит от степени ее изношенности. Техническое состояние водопроводных сетей в России на сегодняшний день находится на весьма низком уровне, например в г. Казани при общей протяженности сетей около 1200 км к ветхим сетям отнесено 507 км.

Сокращение объема потерь и утечек воды в наружных сетях достигается повышением интенсивности проведения планово-восстановительного ремонта дефектных участков трубопроводов, что позволяет сократить затраты на аварийный ремонт сети, повысить надежность работы системы подачи и распределения воды. Значительно снижаются эксплуатационные затраты на содержание сетей водоснабжения, так как единичные затраты на проведение аварийных работ в 2,5-3 раза выше затрат на проведение планово-восстановительного ремонта сети.

Второй этап в работе по снижению энергопотребления в системах водоснабжения – это регулирование работы насосов и насосных станций с применением ступенчато-частотного регулирования, которое заключается в автоматическом изменении числа включенных насосов и частоты их вращения в зависимости от фактической нагрузки. Оптимальный вариант насосных станций – это несколько параллельно подключенных насосных агрегатов с нерегулируемым приводом и один насос с частотным преобразователем регулирования числа оборотов двигателя, что позволяет более точно согласовывать режим подачи воды с режимом водопотребления и тем самым снижать энергопотребление.

Сокращение водопотребления может быть достигнуто и более рациональным ее использованием на водопроводных очистных станциях – это связано с повторным использованием вод от промывки фильтровальных сооружений и обработки осадков. На сегодняшний день, на многих водоочистных станциях значительные объемы промывных вод и осадков без всякой обработки сбрасываются в водоемы.

Внедрение повторного использования промывных вод сокращает объемы забираемой и перекачиваемой воды, что также связано с вопросами энергосбережения

Повышение эффективности систем водоснабжения ведет к снижению необходимых производственных мощностей по производству и подаче питьевой воды, что соответственно снижает объемы отведения сточных вод и мощности канализационных сооружений города по их очистке.

В заключении необходимо отметить, что снижение водопотребления ведет к более рациональному использованию водных ресурсов и снижению нежелательной антропогенной нагрузки на окружающую среду и улучшению экологической обстановки в целом.

Список литературы

1. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. Справочник монтажника. / Под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
2. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 128 с.
3. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 2000. – 72 с.
4. Кармазинов Ф.В., Феофанов Ю.А., Махнев П.П., Юдин М.Ю. Методика определения неучтенных расходов и потерь воды в системах коммунального водоснабжения // Минпромэнерго. – М, 2005. – 56 с.
5. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 года № 1235-р.
6. Водоснабжение и водоотведение в Санкт-Петербурге. – СПб.: Новый журнал, 2008. – 123 с.

Feofanov Yu.A. – doctor of technical sciences, professor

Saint-Petersburg State University of Architecture and Engineering

The organization address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2-nd Red Army str., 4

Adelshin A.B. – doctor of technical sciences, professor

Nurullin Zh.S. – associate professor

E-mail: a566pm@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Ways of saving energy in water supply systems

Resume

Electric energy expenses are a major component in the cost of municipal water services for households and industrial enterprises. Energy consumption in water supply systems, primarily

depends on the volume of pumped water and the required pumping pressure. Based on this, as the main way of energy savings in water supply systems, is the wastage and water loss reduction.

Reducing water consumption is achieved through improvements in accounting, pressure regulatory in the ground water use to reduce wastage, timely and quality current and overhaul repair services for water supply networks, as well as rapid identification and elimination of leaks. Reduction of water consumption for production purposes is possible by switching to low-water or waterless technology, by circulating water systems implementation, by replacement and modernization of outdated production equipment, and increased control over the rational water use.

Reducing water consumption in existing water systems automatically leads to decrease in hydraulic resistance of water pipelines and water networks, and eventually to reduction of the required pumping pressure. Reduction of pressure loss in water supply networks is also possible through the use of polyethylene pipes that have the minimum hydraulic resistance nowadays.

In addition, reduction of water consumption leads to a proportional reduction in the volume and energy consumption in wastewater collection, respectively.

Keywords: water supply, energy consumption, reduction of water consumption, leakage and inefficient water use, pipeline hydraulic resistance.

References

1. Plumbing facilities equipment. Installer reference. Edited by A.S.Moskvitin. – M.: Stroyizdat, 1979. – 430 p.
2. SNiP 2.04.02-84*. Water supplies. External networks and instalations. / Russian Gosstroy. – M.: GUP TZPP, 2002. – 128 p.
3. SNiP 2.04.01-85*. Buildings domestic water supply and sewerage. – M.: Russian Ministru of Construction. – M.: GP TZPP, 1996. – 60 p.
4. Karamzinov F.V., Feofenov U.A., Mahnev P.P., Udin M.U. Determination method of unaccounted expenses and water loss in municipal water supply. Ministry of Industry and Energy. – M., 2005. – 56 p.
5. Russian Federation Water Strategy till 2020. Government disposal from August 27, 2009, № 1235-p.
6. Water supply and sanitation in St. Petersburg. Authors composite. – St-P.: New magazine, 2008. – 123 p.