

УДК 628.157.004.1

# Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса

Е. В. ШУШКЕВИЧ\*

*\* Шушкевич Евгений Владимирович, заместитель начальника — главный инженер Управления водоснабжения, МГУП «Мосводоканал»  
105005, Россия, Москва, Плещеевский пер., 2, тел.: (499) 261-65-32, e-mail: shushkevich\_ev@mosvodokanal.ru*

---

Современная система водоснабжения г. Москвы — это самый сложный комплекс сооружений, обеспечивающих бесперебойную подачу воды в город. Главная цель управления этой системой — подача воды в город в необходимом количестве и соответствующего качества при обеспечении оптимального режима работы всех водопроводных сооружений. Основные аспекты эффективного управления системой водоснабжения: прогнозирование суточного и часового водопотребления города; планирование объемов подачи воды в город для водопроводных сооружений; организация оперативного управления системой (давлением, качеством); автоматизация процессов управления. Повышение эффективности управления столь крупномасштабной системой возможно только на основе поиска и внедрения инновационных решений, комплексного использования информационных технологий, включая геоинформационные системы, моделирование потокораспределения в водопроводных сетях и автоматизацию управления режимами подачи и распределения воды.

**Ключевые слова:** система водоснабжения, организация управления, прогнозирование, планирование, автоматизация, развитие информационных систем.

The existing system of Moscow water supply is a comprehensive complex of engineering facilities that provide for uninterrupted supply of potable water to the city inhabitants. The main task of the system control is to assure delivering the required amount of high quality potable water alongside with maintaining optimal operation mode of all the water facilities. The main aspects of the efficient water supply control are as follows: predicting daily and hourly water consumption in the city; planning amount of delivery by the water treatment facilities; assuring operational control (of pressure, quality); computerizing control processes. Improving the efficiency of such a large-scale system may be possible only by investigating and introducing innovative solutions, integrated use of information technologies including GIS, modeling flow distribution in the water distribution network, and computerizing water delivery and distribution modes.

**Key words:** water supply system, control arrangements, prediction, planning, computerization, development of information systems.

---

Современная система водоснабжения Москвы — это самый сложный комплекс сооружений, обеспечивающих бесперебойную подачу воды в город. В водопроводной системе Москвы, как и во всех современных городских системах водоснабжения, затраты на подачу воды (связанные с поддержанием рабочего состояния трубопроводов и оплату электроэнергии) являются главной составляющей суммарных эксплуатационных

расходов. Их снижению способствует организация эффективного управления на основе знания технического состояния системы и возможности оперативного анализа характера взаимодействия между ее основными элементами.

Основными аспектами эффективного управления системой водоснабжения города являются: прогнозирование суточного и часового водопотребления; планирование объемов подачи воды

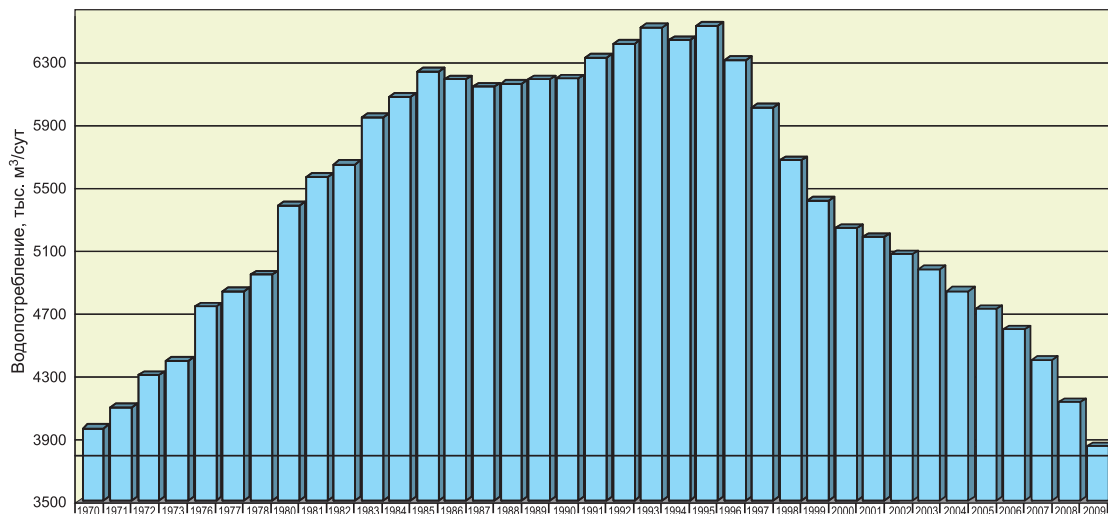


Рис. 1. Динамика изменения водопотребления в Москве (1970–2009 годы)

в город для водопроводных сооружений; организация оперативного управления системой; автоматизация процессов управления.

Прогнозирование водопотребления города играет важную роль в процессе управления. От точности прогноза суточного и почасового потребления воды зависит эффективность режима работы насосных станций и регулирующих узлов, гидравлические параметры распределительной сети города.

В процессе эксплуатации система водоснабжения Москвы, имеющая сложную, территориально рассредоточенную структуру, подвергается воздействию множества факторов. Один из главных факторов, определяющих режим работы водопроводных сооружений, – водопотребление города, являющееся переменной величиной.

С 1995 г. наблюдается устойчивая тенденция снижения водопотребления (рис. 1), которая обусловлена выполнением комплекса общегородских мероприятий по ресурсосбережению, Целевой комплексной программы «Экономия и рациональное использование водных ресурсов в Москве и повышение надежности водоснабжения на период до 2010 г.», а также появлением широкого ассортимента водосберегающего оборудования и экономических стимулов, побуждающих население рационально расходовать воду.

На характер водопотребления влияют и другие факторы – сезоны, температура наружного воздуха, государственные и религиозные праздники, программы телепередач, футбольные матчи и др.

В летний период среднесуточное водопотребление столицы на 20–30% меньше, чем в зимний. Это связано с изменением уклада жизни москвичей, значительная часть которых с мая по

август выезжает за город; сезонным отключением отопления, горячего водоснабжения, а также изменением температуры наружного воздуха. Наблюдения за характером часового водопотребления позволяют сделать однозначный вывод о влиянии рейтинговых телепередач на изменение водопотребления в городе. Яркий пример тому – трансляция футбольного матча Россия–Словения, который проходил 18 ноября 2009 г. (рис. 2). Во время перерыва между таймами в диспетчерской Мосводоканала был отмечен интенсивный рост водопотребления, сопровождающийся снижением давления в городской сети.

Другой пример – аномальная жара июля–августа 2010 г. (рис. 3). Вопреки многолетней тенденции снижения водопотребления с 15 июня 2010 г. началось его интенсивное увеличение, в июле оно достигло значения предыдущего года, а к началу августа город потребил на 0,5 млн. м<sup>3</sup> (18%) воды больше, чем в аналогичный день прошлого года.

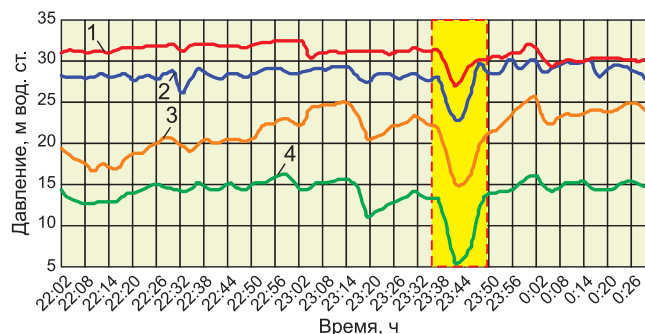
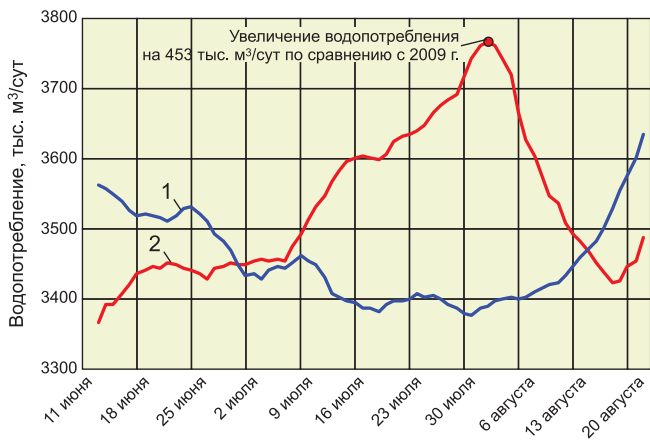


Рис. 2. Изменение давления в распределительной сети города по диктующим точкам во время проведения футбольного матча (18–19 ноября 2009 г.)

1 – ул. Удальцова, 67; 2 – Сиреневый бульвар, 20; 3 – Неманский пр., 11; 4 – Учинская ул., 10/11; ■ перерыв в матче



**Рис. 3. Водопотребление города**  
1 – в 2009 г.; 2 – в 2010 г.

В связи с этим в Мосводоканале проводились исследования влияния аномальных температур наружного воздуха на подачу воды в город. В результате была выявлена следующая зависимость: в зимний период понижение температуры на 1 °С дает увеличение потребления воды на 3000 м³/сут, а в летний, при сохранении температуры выше 25 °С более 8 дней, повышение температуры на 1 °С увеличивает водопотребление более чем на 60 тыс. м³/сут.

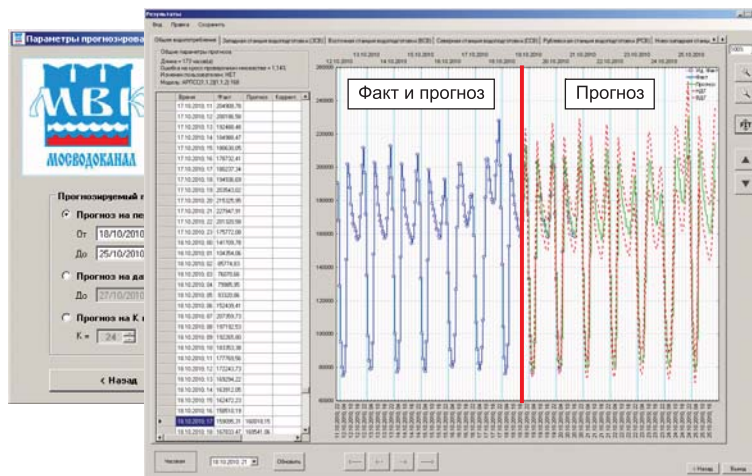
Прогнозирование водопотребления является основой для планирования подачи воды для каждой станции водоподготовки, регулирующего узла в городе (рис. 4). Процесс прогнозирования осуществляется в два этапа. На первом этапе учитываются все возможные факторы (сезонный и суточный характер, температура и др.). На втором этапе составляется план подачи воды для каждого водопроводного сооружения отдельно. Подготовка детального почасового плана подачи воды определяет в конечном итоге оптимальные гидравлические параметры работы системы: дав-

ление на коллекторах насосных станций второго и третьего подъема, давление в распределительной сети, уровни в резервуарах питьевой воды регулирующих узлов. Прогнозирование и планирование подачи осуществляется с помощью автоматизированной системы. На сегодняшний день точность прогноза водопотребления составляет 1,5%.

Для контроля соблюдения плана подачи воды в Центральном диспетчерском управлении используется информационная система, которая в режиме реального времени показывает фактическую подачу воды на каждый час суток и ее отклонение от запланированной (рис. 5). Отклонения от режима подачи как в суточном, так и в часовом разрезе укладываются в 3%, что свидетельствует о высоком качестве прогнозирования и планирования. С переходом в 2009 г. на оптовый рынок электроэнергии получена экономия на затраты электроэнергии и мощности около 179 млн. руб., в том числе и за счет увеличения предсказуемости работы системы водоснабжения. Несмотря на достигнутые результаты, точность прогнозирования на нерегулярные дни (праздники, школьные каникулы и др.) недостаточна и превышает 3%.

В настоящее время специалистами МГУП «Мосводоканал» и разработчиком автоматизированной программы решается вопрос совершенствования ее алгоритма с учетом особенностей режима работы каждого водопроводного сооружения. При прогнозе водопотребления планируется учитывать температуру наружного воздуха.

Другим важным аспектом является организация оперативного управления системой подачи и распределения воды. Вся информация о параметрах работы водопроводных сооружений



**Рис. 4. Прогнозирование водопотребления – основа планирования подачи и распределения воды**

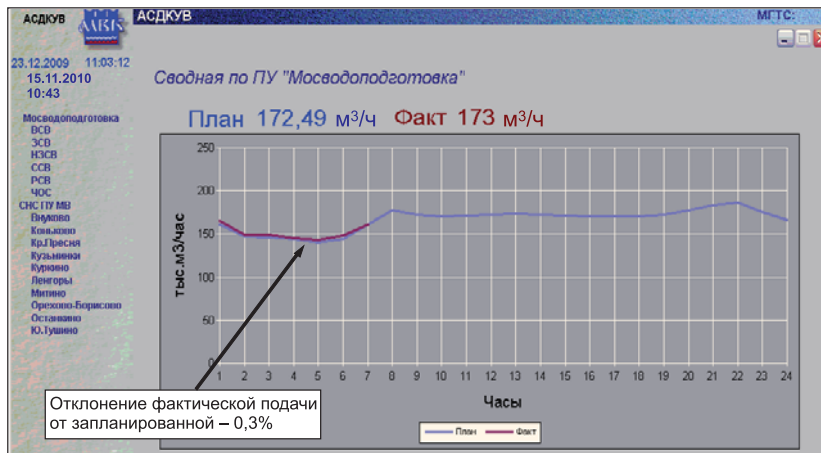


Рис. 5. Планирование и контроль подачи воды в город

поступает в автоматизированную систему диспетчерского контроля Центрального диспетчерского управления (рис. 6). В режиме on-line поступают все необходимые сведения: давление в распределительной сети города, мнемосхемы насосных станций с указанием количества работающих агрегатов, расходы воды по водоводам и качество исходной воды, подаваемой потребителю. На основании этих данных диспетчерским персоналом при необходимости производятся корректирующие действия.

Эффективность управления давлением в трубопроводах во многом зависит от количества датчиков, установленных в городе. В настоящее время МГУП «Мосводоканал» имеет современную систему мониторинга давления (рис. 7). Это 218 точек контроля, которые передают информацию о давлении от насосных станций, регулирующих узлов и распределительной сети города. Детальный анализ работы всех сооружений показал, что требуется расширение этой системы. К концу 2010 г. появились сто новых то-

чек, а к 2013 г. их количество должно достигнуть пятисот.

Для автоматизации процесса управления давлением в Мосводоканале используются частотные преобразователи (установлены на насосных агрегатах), которые в автоматическом режиме поддерживают давление в сети города, опираясь на давление в диктующих точках, исключая избыточное давление в трубопроводах и минимизируя риск возникновения аварийных ситуаций.

Важным элементом управления является внедрение телеуправляемой запорно-регулирующей арматуры. Основные критерии ее применения — это управление давлением и подачей воды, уровнями резервуаров питьевой воды регулирующих узлов, возможность оперативного отключения трубопроводов в местах пересечения со сложными транспортными развязками, железными дорогами, а также проходящих по режимным объектам. Имеется также опыт применения регуляторов расхода и давления на основных водоводах больших диаметров.

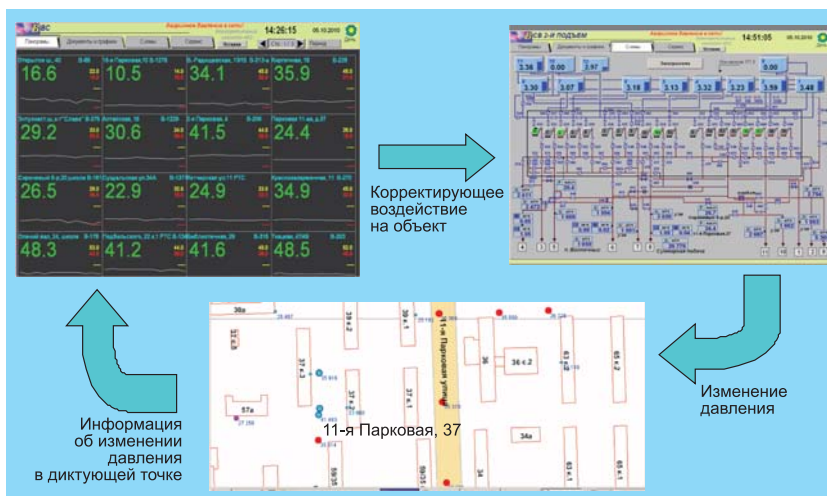
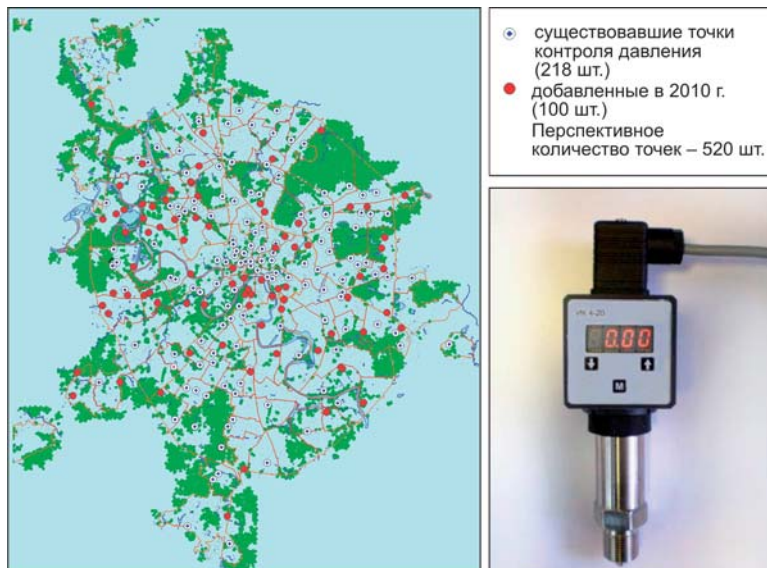


Рис. 6. Экран коллективного пользования Центрального диспетчерского управления МГУП «Мосводоканал»



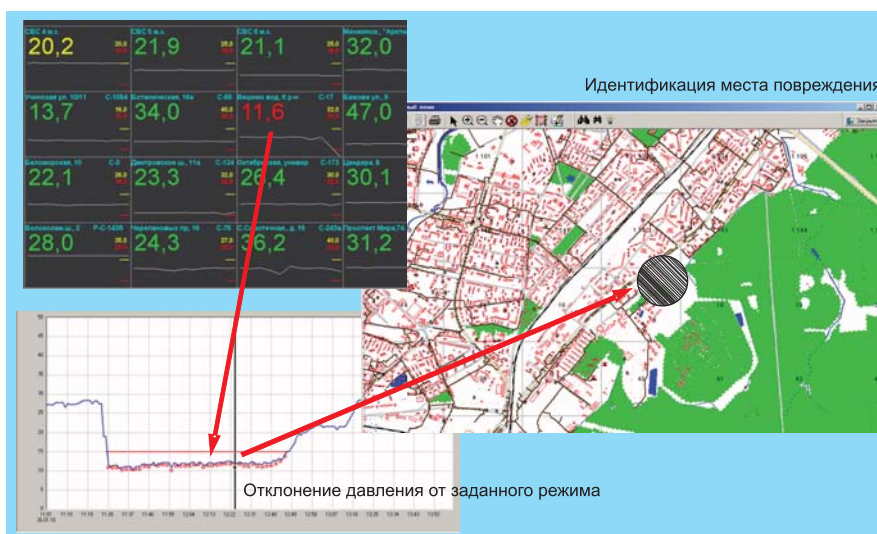
**Рис. 7. Мониторинг давления в системе водоснабжения**

Сетевые регуляторы работают по гидравлическому принципу и поддерживают заданное давление в отдельных микрорайонах, снимая статические и динамические нагрузки с трубопроводов. Учитывая, что Москва расположена на семи холмах, и перепад геодезических отметок земли составляет 140 м, на распределительной сети действует 20 зон.

Третий важный аспект эффективного управления – это автоматизация технологических процессов и решение задачи снижения влияния человеческого фактора на работу системы в целом.

Сегодня большое внимание уделяется развитию автоматизированных программ управления. Одна из них – автоматизированная информационная система «предупреждения аварийных ситуаций» (рис. 8). Любые повреждения на во-

допроводных сетях города имеют резонанс и доставляют неудобства москвичам. Имея такой инструмент контроля, бригады направляются в район предполагаемой аварии до того, как информация об изливе поступит в единую приемную Мосводоканала. При изменении давления по какому-либо датчику в городе и выходе за установленный предел в диспетчерской раздастся звуковой сигнал. Появляется таблица, где в режиме реального времени отображаются все точки, в которых значения давления отклонились от своего диапазона. Полученные данные автоматически накладываются на карту трубопроводов, и диспетчер определяет район предполагаемой аварии. Оперативное реагирование диспетчера на снижение давления в диктующих точках зоны позволяет минимизировать ущерб и в кратчайшие сроки локализовать аварию.



**Рис. 8. Система предупреждения аварий на водопроводных сетях**

В настоящее время данная программа совершенствуется. Проводится экспертная оценка действующего алгоритма. Система водоснабжения Москвы представляет собой комплекс взаимосвязанных водопроводных сооружений. Это – пять станций водоподготовки, двенадцать регулирующих узлов, шесть насосных станций. Магистральные и сетевые трубопроводы построены по радиально-кольцевому принципу, поэтому на давление в контролируемых точках может оказывать влияние одновременно несколько водопроводных сооружений. В связи с этим были проанализированы все крупные аварии на трубопроводах, начиная с 2004 г., проведен эксперимент по проверке работоспособности системы на примере смоделированной ситуации (излив воды через выпуск на напорной магистрали, подающей воду в район Ясенево от Коньковского регулирующего водопроводного узла).

На основании полученных результатов определен характер необходимых доработок алгоритма существующей системы, в котором будут учтены следующие факторы, определяющие режим подачи воды:

- изменение давления в точках телеметрии и на коллекторах насосных станций второго и третьего подъема;

- изменение расхода воды как в целом по насосным станциям, так и по отдельным водоводам;

- включение и выключение насосных агрегатов;

- изменение частоты вращения рабочих колес насосных агрегатов;

- привязка точек телеметрии к конкретным источникам (насосной станции, регулирующему узлу, водоводам, магистралям).

Важным индикатором эффективности работы системы является качество воды у потребителя. В настоящее время на распределительной сети установлено 27 автоматизированных анализаторов общего остаточного хлора и мутности воды, передающих информацию в диспетчерскую службу. Ежегодно их количество будет планомерно увеличиваться (в 2011 г. – 80 шт.). На этой базе планируется создание автоматизированной системы контроля качества воды, которая в режиме реального времени будет показывать, как меняются показатели воды (по остаточному хлору и мутности), пройдя путь от станции водоподготовки до потребителя.

Определить место установки таких анализаторов позволяет внедряемая программа гидравлического моделирования режимов подачи и распределения воды Mike Urban (рис. 9). С ее помощью можно проверить соответствие данных гидравлического расчета их фактическому состоянию. Задавая параметры исходного вещества (например, содержание остаточного хлора на выходе с Рублевской станции водоподготовки), можно с высокой степенью достоверности, на основании гидравлического расчета, выполненного программой, проследить изменение его концентрации в сетях города.

На сегодняшний день в Мосводоканале имеются большие наработки в части резервирования. Выполнена оценка работы каждого элемента системы; проанализированы возможные нештатные ситуации (отключение энергоснабжения, отказ подающих или напорных трубопроводов) и соответствующие действия. Данный материал является основой для создания информационной системы «Советчик диспетчера», которая

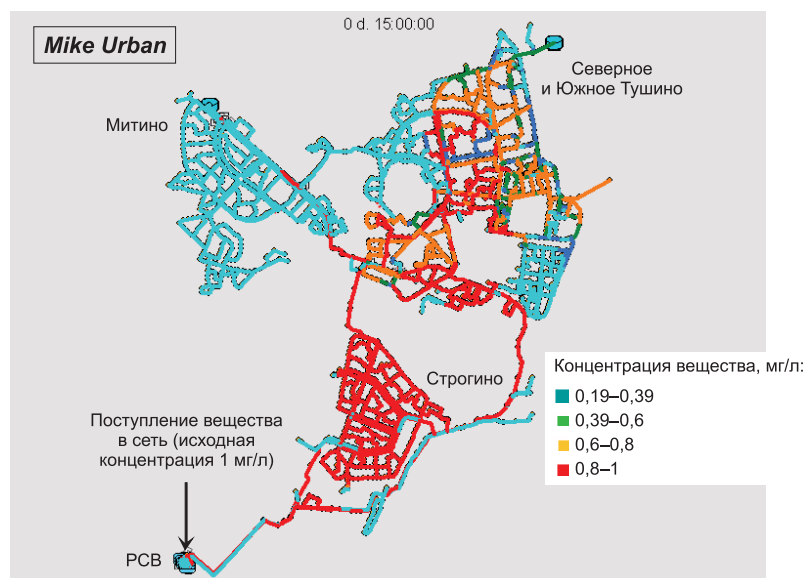


Рис. 9. Анализ распространения загрязняющего вещества по водопроводной сети

поможет дежурному персоналу в части принятия решений по управлению режимом функционирования любого элемента системы водоснабжения (регулирующего узла, водовода, насосной станции и др.).

Системой «Советчик диспетчера» предусмотрено решение следующих задач:

накопление информации о технологических решениях, применяемых в случае возникновения штатных и нештатных ситуаций;

оперативный поиск рекомендуемых способов выхода из нештатных ситуаций, а также сведений о зарезервированных ресурсах, которые могут быть для этого использованы;

ввод сведений о состоянии технологических и административных процессов.

Кроме того, данная система будет иметь функцию обучения персонала.

### **Выводы**

Повышение эффективности управления системой водоснабжения Москвы возможно только на основе поиска и внедрения инновационных

решений, комплексного использования информационных технологий, включая геоинформационные, моделирование потокораспределения в водопроводных сетях и автоматизацию управления режимами подачи и распределения воды.

Анализ функционирования системы водоснабжения в штатных и экстремальных условиях дает ценную информацию, позволяющую определить круг необходимых мер, и обозначить задачи на ближайшую перспективу:

обеспечение экономичных режимов работы оборудования при заданном давлении в трубопроводах;

повышение уровня автоматизации процесса управления режимами работы системы подачи и распределения воды;

исключение человеческого фактора при принятии решений.

Решение перечисленных задач позволит повысить эффективность управления системой подачи и распределения воды и, как следствие, качества услуг, предоставляемых жителям столицы.