

УДК. 628.31(211-17)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОЧИЩЕННОГО БЫТОВОГО СТОКА

Б.Д. Жуков¹, В.Т. Шамирзаев¹, А.Б. Жуков², А.В. Краснов²
¹ Новосибирский государственный технический университет,
² ООО «Сибирские Водные Технологии», Новосибирск

Проблемы рационального водопользования

Основные проблемы рационального водопользования можно разделить на социальные, экономические и экологические. Эти проблемы настолько переплетены, что между ними трудно дифференцировать. Интенсивность проявления отдельных проблем зависит от природно-климатических особенностей региона, характера деловой активности и плотности населения.

Социальные проблемы заключаются в неконтролируемом, необоснованном расходовании питьевой воды и отсутствии у водопользователей экологического мышления. Хорошо известно, что количество потребляемой воды определяет уровень благосостояния граждан. В целом по России имеются достаточные запасы питьевой воды. С учетом этого факта, а также относительной дешевизны питьевой воды у граждан возникла иллюзия безграничности ее запасов. Эту иллюзию создают и некоторые нормативные документы. Например, в России до сих пор действуют завышенные нормы расхода питьевой воды на человека около 200 -300 л/сут и существуют рекомендации использовать питьевую воду для многих технических целей.

Оценки, приведенные в работе [1] показывают, что в общем балансе расхода воды в сельском благоустроенном доме, составляющем без учета воды на полив растений в среднем 147 л/сут, как минимум третья часть идет на технические цели. Если к этой части воды прибавить еще 200 л/сут рекомендуемые для полива участка, то окажется, что на технические цели будет использовано всей воды, что явно расточительно.

С другой стороны значительная часть РФ с экологической точки зрения благополучна. Отсутствие постоянной экологической угрозы провоцирует экологическую несознательность граждан, а существование обширных неосвоенных человеком территорий поддерживает иллюзию безграничности природного водного ресурса и на практике приводит в недооценке процессов загрязнения естественных водоемов и почвенно-растительного комплекса, а также переоценке возможностей естественных процессов самоочищения.

Игнорирование социальных проблем водоснабжения и канализации в свою очередь порождает санитарно-гигиенические проблемы для населения.

В частности, в силу высокой плотности городской застройки аварийное попадание стока в сеть водоснабжения способно быстро разнестись по близлежащим кварталам и привести к отравлению большого числа граждан. В малозаселенном районе выброс стока в экосистему способен нарушить ее равновесие и привести к заражению почвы и водоема.

Перед застройщиками новых или реконструируемых объектов водопотребления встает вопрос водоснабжения и канализации стоков. Сегодня многие отдают предпочтение автономным системам канализации. Если объект водопотребления находится в местности, где отсутствует централизованная система канализации, без вариантов необходимо строить собственные автономные очистные сооружения. Подключение к

централизованной системе канализации лимитирует, прежде всего, высокая стоимость этой услуги.

Она включает затраты как на создание так и поддержание в рабочем состоянии трубопроводов. Отдельной строкой приходится учитывать расходы на ликвидацию аварий на водопроводных сетях и устранение вызванных этими авариями серьезных экологических проблем.

В настоящее время в водоочистке применяются традиционные подходы, которые не предполагают широкое вторичное использование полезных компонентов стока, да и самой очищенной, которая, как правило, сбрасывается либо в почву, либо отводится в поверхностные водоемы, что рано или поздно приводит к экологическим проблемам.

Поэтому сегодня повсеместно остро стоит проблема рационального водопользования при выполнении жестких экологических и санитарно-гигиенических нормативов. Это в свою очередь выдвигает концепцию единого замкнутого экологически обоснованного комплекса хозяйственно-бытовой канализации. Данная концепция требует чтобы инженерное оборудование жилых зданий и инженерно-экологическое обустройство прилегающей территории были технически согласованы и можно было управлять процессами водоподготовки и канализации стоков в режиме энерго-ресурсосбережения. Нами предлагаются следующие пути реализации этой концепции для потребителей с расходом воды 10-15 куб. метров в сутки (отдельно стоящие жилые здания, базы отдыха, предприятия общественного питания, гостиницы, автомойки и пр.):

1. Экономия питьевой воды и широкое использование в технических целях очищенной воды и дождевых стоков.
2. Раздельное канализование стоков разного происхождения с использованием специализированных соответственно составу стока модулей в рамках единой гибридной технологии обработки и утилизации компонентов стока.
3. Высокая степень автоматизации и управление процессами водообработки на основе применения датчиков состава технологических вод, в режиме реального времени.
4. Повышенная влагоемкость комплекса очистных сооружений.
5. Следование рыночным принципам “lean production” (бережливое производство) отвечающим запросам конкретного заказчика.
6. Размещение в зонах с холодным климатом части модулей водообработки в теплоизолированном помещении.
7. Жесткий автоматизированный контроль состава стоков и технологических вод, гарантирующий выполнение экологических и санитарно-гигиенических нормативов данного региона.

Основные модули гибридной технологии

К основным модулям гибридной технологии можно отнести:

Теплоизолированное помещение.

Биореакторы, включая компостеры.

Ботанические площадки.

Окислительные траншеи и отдельные разновидности аквакультуры.

Устройства физико-химической обработки стока, включающие также средства обеззараживания воды озоном либо УФ-излучением и другие.

Среди модулей, выпускаемых промышленностью, можно назвать биореакторы, а также озонаторы и устройства для УФ – излучения. Остальные модули изготавливаются под заказ с учетом специфики местных условий, состава исходного стока и запро-

сов заказчика. Ниже приведены специфические особенности основных модулей используемых в гибридной технологии.

Теплоизолированное помещение. Обязательным условием реализации технологии в условиях холодного климата является размещение базовых узлов обработки стока в теплоизолированном помещении. Это помещение может быть подвальным или с глухими стенами, что обеспечивает теплоизоляцию и позволяет оптимизировать биологические процессы, а также использовать его в качестве круглогодичной теплицы с искусственным освещением.

Теплопотери такого помещения по грубым оценкам для условий Сибири будут скомпенсированы выделяющимся теплом блоков водообработки. Особый интерес для условий Сибири представляют заглубленные помещения [2]. В этом случае существенно снижается разность наружной и внутренней температур и в теплотехнических расчетах можно пренебречь теплопотерями, связанными с воздействием ветра. Наружная температура заглубленных стен и пола помещения будет определяться главным образом температурой грунта в месте строения. Между тем, известные в литературе сведения по температуре грунтов в Сибири недостаточны и противоречивы. Это побудило нас в период 2010-2014 годов выполнить независимые оценки температуры грунта на разных глубинах под Новосибирском (Тогучинский район). Измеренные зависимости по усредненным данным показаны на рисунке 1.

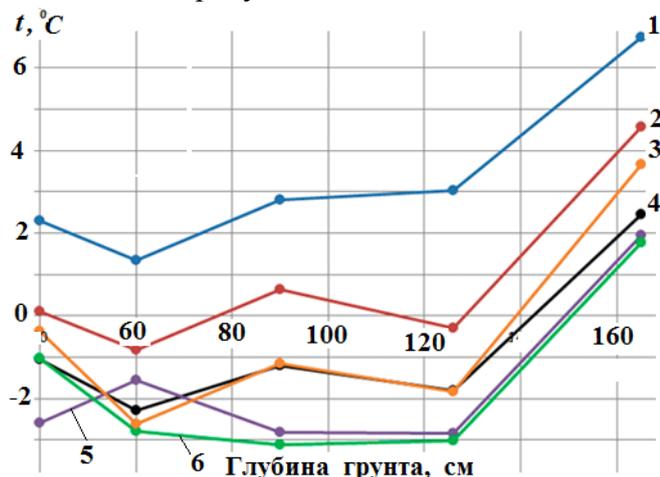


Рис. 1. Температурные зависимости от глубины грунта. Кривые соответствуют месяцам: 1 – ноябрь; 2 – декабрь; 3 – апрель; 4 – январь; 5 – февраль; 6 – март

Видно (рис. 1), что в зоне отрицательных температур грунта под снегом в зимний период простирается в глубину примерно до 140 - 150 см, где находится нулевая отметка температуры. Наибольшие колебания температуры возникают в ближайшем к поверхности слое до 60 см. Существенное падение температуры грунта происходит в конце октября – ноябре, но уже к декабрю температура грунта на глубинах более 60 см меняется слабо и монотонно в зоне отрицательных температур от -1 до -3 °С без заметных колебаний, которые можно было бы связать с колебаниями температуры наружного воздуха. Максимальное промерзание грунта на этих глубинах достигается примерно к середине марта. В тот же период начинается оттаивание грунта с поверхности. Последний слой мерзлого грунта оттаивает в конце апреля.

С учетом найденной динамики промерзания грунта для теплотехнических расчетов теплоизолированного помещения, эксплуатируемого в Сибири, можно принять температуру наружной стены этого помещения в зимний период примерно равной -3 °С.

Ботанические площадки предназначены для очистки и кондиционирования сточных вод. Разновидность этого устройства (почвенно-растительный фильтр) может быть размещен как в пределах теплоизолированного помещения, так и снаружи, например, рядом с помещением или на его крыше. Существуют ботанические площадки с вертикальным, горизонтальным либо комбинированным вариантом организации потока очищаемой воды. Загрузка секций площадки содержит специально подобранные материалы, например песок, металлическая стружка, почва, гравий и др. Принципиальная схема простейшего варианта ботанической площадки в сочетании с аквакультурой показана на рисунке 2.

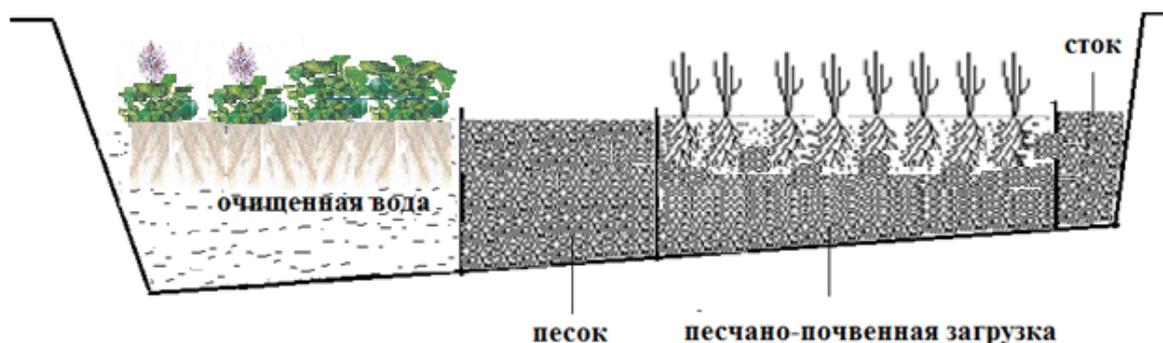


Рис. 2. Ботаническая площадка в сочетании с аквакультурой.

Окислительная траншея. Специализированный водоем, для сбора и глубокой доочистки в естественных условиях обработанного стока. Устройство рекомендуется располагать снаружи теплоизолированного помещения. Простейший вариант траншеи схематично приведен на (рис.3). Размеры устройства устанавливают с учетом глубины промерзания грунта и потребностей объекта водопотребления. Например для комплекса водообработки производительностью примерно 1,5 куб. метров в сутки минимальный объем около 30 куб. метров. Длина траншеи не лимитирована. Стены изготавливаются из гидроизоляционных материалов, например бетона. От непосредственного контакта с грунтом стены следует отделить слоем крупной фракции песка толщиной примерно 20 см.



Рис. 3. Окислительная траншея. Показаны примерные размеры.

Биокомпостер предназначен для сбора и переработки твердой фракции бытового стока. В простейшем варианте - это открытая или с принудительной вентиляцией емкость, в которой перерабатываются твердые отходы. Продуктом компостирования является ценное органическое удобрение – компост. В естественных условиях созревание компоста занимает длительное время. Чтобы ускорить процесс, компостер размещают в теплоизолированном помещении, оптимизируют температуру и вводят дополнительно культуры полезных микроорганизмов, а иногда красных калифорнийских червей. В литературе [3, 4] имеются достаточно подробные варианты описания этого модуля.

Система автоматизации обеспечивает контроль качества водообработки и включает действия системы автоматизации, в том числе:

- измерение показаний датчиков температуры, состава воды и др.;
- коррекцию измеряемых показателей воды соответственно значениям, заданным на этапе планирования качества;
- формирование оптимальных потоков воды на очистку и утилизацию в режиме реального времени без участия человека при выполнении жестких санитарно-гигиенических норм.

Система автоматизации может быть реализована на основе проточных датчиков состава, а именно: мутности, электропроводности (минерализации), флуоресценции (органического вещества), а также рН и ред/окс потенциала. Схематично один из вариантов сочетания модулей гибридной технологии обработки бытовых стоков и утилизации очищенной воды технологии для разных стадий обработки показан на рисунке 4.

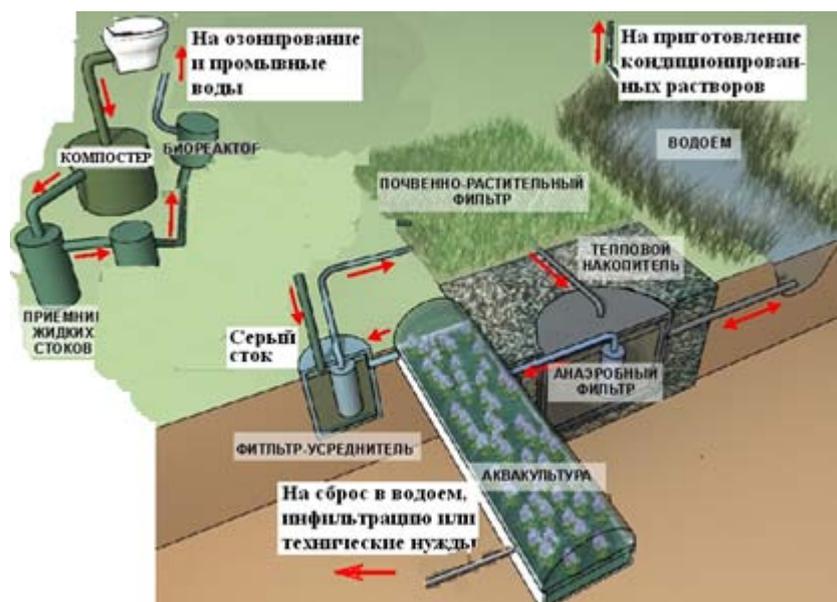


Рис. 4. Вариант сочетания модулей гибридной технологии обработки бытовых стоков и утилизации очищенной воды.

Из рисунка видно, что в приведенном варианте технологии стоки разного происхождения не смешиваются. Очищенная вода стоков направляется для повторного использования. Внутри теплоизолированного помещения размещены все модули, кроме окислительной траншеи и дополнительных секций почвенно-растительного фильтра (помещение и дополнительные секции почвенно-растительного фильтра не показаны).

Конкурентоспособность технологии проявляется, прежде всего, в том, что используя дешевую очищенную воду для технических целей, потребитель не теряет в качестве услуги, но выигрывает материально.

Конкурентными преимуществами гибридных технологий являются:

- ◆ стратегическое планирование качества водообработки;
- ◆ повышение уровня обслуживания потребителя.

Планирование качества воды включает:

выбор и обоснование технологии водообработки на отдельных стадиях и в целом, подбор оборудования и условий его использования;

согласование составов воды на заданной стадии обработки с составом и количеством очищенной воды, допускаемыми для повторного использования в технических целях или отвода избыточной воды в грунт (водоем);

разработку системы контроля и автоматизации отдельных процессов и суммированного процесса в целом.

Использование очищенных компонентов бытового стока

Водообработка – это многоступенчатый процесс, на конкретных стадиях которого образуется вода заданного качества. В ряде случаев целесообразно не выполнять глубокую очистку, но кондиционировать состав воды, прошедшей некоторые стадии обработки, и применять ее, например, для орошения растений. Такая вода содержит нужный набор питательных веществ для растений, что переводит ее в разряд продуктов, заменяющих отдельно вносимые удобрения. В итоге уменьшается нагрузка на очистные сооружения, образуется новый успешно применяемый в сельском хозяйстве продукт.

Использование очищенной воды в рамках предлагаемой технологии требует ее обязательное обеззараживание озонированием или УФ-излучением. Российские нормы устанавливают время контакта озона с водой для целей дезинфекции равным 12 минутам [5]. Перспективным является также использование озона для удаления ионов железа, марганца и ряда органических веществ, которые влияют на цветность и запах воды, либо вступают в реакцию с хлором, образуя токсиканты.

Ультрафиолетовое облучение воды относится к числу безреагентных, физических методов обеззараживания воды. Достоинством УФ-обработки является отсутствие изменения физических и химических характеристик воды при любых дозах облучения. Действие ультрафиолетового излучения вызывает нарушения в структуре мембран и клеточных стенок микроорганизмов, а также фотохимические реакции, приводящие к необратимым повреждениям молекул ДНК и РНК.

Бактерицидным эффектом обладает часть спектра УФ-излучения в диапазоне волн 205–315 нм при максимальной эффективности в области 260 ± 10 нм [6]. Минимальная доза УФ-облучения, (произведение интенсивности излучения ($\text{мВт}/\text{см}^2$) на время воздействия) регламентируемая методическими указаниями Минздрава РФ для обеззараживания питьевой воды [7] составляет $16 \text{ мДж}/\text{см}^2$. Это обеспечивает снижение содержания вирусов на 2–3 порядка, а патогенных бактерий в воде не менее, чем на 5 порядков.

Лимитируют эффективность озонирования и УФ - излучения наличие в жидкости взвесей и отсутствие пролонгированного действия. Поэтому эти процедуры мы рекомендуем применять непосредственно перед утилизацией очищенной воды.

Утилизация атмосферных осадков, стекающих с крыши домов. В отсутствие загрязнителей (растворимые вещества крыши, дымы ТЭЦ и других предприятий) дождевые и талые воды содержат микроколичества примесей в существенно меньшем количестве по сравнению количеством примесей в воде, рекомендованной производителем увлажнителей. Это благоприятствует их использованию после несложной обработки и в других технических целях. Например, при стирке белья или кондиционирования до заданного состава воды. В табл. 1 приведены составы талых и дождевых вод в сравнении с водой, используемой для увлажнения жилых и рабочих помещений.

Таблица 1. Составы типов воды, пригодных для увлажнителя.

Показатель	Предельные значения для воды					
	дождевой [8]	талой [9]	стандартной		с низким соле- содержанием	
Удельная проводимость при 20 °С σ _R , 20 °С, мкС/см	6-20*	6-20*	300	1250	125	450
Общая жесткость, ТН, мг/л	25-12	0,25	–	500	150	400
Временная жесткость, мг/л	–	–	–	300	–	200
Железо + Марганец, мг/л	–	–	–	0,2	–	0,2
Хлорид, мг/л Cl	0,46	2,23	–	30	–	20
Диоксид кремния, мг/л	–	–	–	20	–	20
Остаточный хлор, мг/л	–	–	–	0,2	–	0,2
Сульфат кальция, мг/л	6,8-4,8	16,72**	–	100	–	60

* По данным сайта o8ode.ru

**пересчитано на основе данных работы [8] для сульфатов

Стоки от тиссуаров, как видно (табл. 2), представляют собой разбавленную мочу того же макроэлементного состава, что и известные рецептуры питательных смесей для гидропоники.

Таблица 2. Элементные составы питательных смесей для гидропоники [10] и мочи [11].

Масса элемента в г на 1000 литров				
N	P	K	Ca	Mg
Раствор Хоглэнда и Арнона				
210	31	234	260	24
1	0,1	1,1	1,2	0,1
Раствор Жерике				
196	31	429	80	24
1	0,1	2,2	0,4	0,1
Раствор, применяемый в Калифорнийском университете				
224	31	234	160	48
1	0,15	1	0,8	0,2
Моча (исходная)				
4700 – 9200	470 – 1120	750-2610	30 – 390	20 – 205
Моча (разбавленная в 25 раз)				
188 - 368	18,8 - 44,8	30- 104,4	1,2 – 15,6	0,8 – 8,2
1	0,1 – 0,12	0,16- 0,28	0,006-0,04	0,004 -0,02

В моче выдержано принципиально важное для гидропоники соотношение между азотом и фосфором равное 0,1. В связи с этим в литературе [3, 11] имеются рекомендации собирать и использовать мочу для полива растений после разбавления в 25 раз.

Промывные воды от унитазов имеют состав оптимально пригодный для обработки в биореакторе [3,4]. Поэтому после биореактора его подвергают озонированию и направляют повторно на смыв.

Сточные воды умывальников. Основными загрязнителями являются компоненты мыла: обычно анионоактивные поверхностно - активные вещества (ПАВ), фосфаты, а также частицы грязи, находящиеся в комплексе с ПАВ. Названные примеси можно удалить посредством коагуляции, сорбции и некоторых других процедур. С помощью системы контроля состава очищаемой воды и системы автоматизации нетрудно регулировать качество очистки, в том числе до характеристик воды для увлажнителей.

Сточные воды душа обычно содержат те же загрязнители, что и воды от умывальников, а также компоненты шампуней с неионогенными ПАВ. Чаще всего это существенно разбавленные воды. Поэтому их после несложной обработки можно направить непосредственно на смыв. В противном случае эти воды системой контроля и автоматизации должны быть перераспределены на очистку по схеме для обработки вод от умывальников.

Литература

1. Першин Н.И.. О нормировании водопотребления в сельских населенных пунктах. // Водоснабжение и санитарная техника. -1990. - №5. - С. 5-7.
2. Zhukov B.D., Ivanov G.J. Use of the Lightproof Greenhouse for Autonomous Wastewater Treatment. // The Third International Forum on Strategies Technologies. Novosibirsk-Tomsk /Russia. June 23-29, 2008/ Session VI. Environmental Protection and Conservancy. Novosibirsk. NSTU. P. 703-704.
3. David Del Porto, Carol Steinfeld. Composting Toilet Systems. Ecowaters Books, 2000. P.240.
4. Joseph C. Jenkins. Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure. Forest lane, Grove City. PA 16127. 1999. P. 280.
5. Методические рекомендации по обеспечению выполнения требования СанПиН 2.1.4.559-96. / Госстрой России, НИИКВОВ - ГУП "ВИМИ", 2000.
6. Рябчиков Б. Е. «Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования». М.,Делипринт. 2004;-328 с.
7. «Санитарный надзор за применением УФ-излучения в технологии подготовки питьевой воды» МУ 2.1.4.719-98
8. Хомченко И.Г., Трифонов А.В., Разуваев Б.Н. Современный аквариум и химия. Изд. Новая Волна. М. 1997; -119 с.
9. Шумилова М.А., Садиуллина О.В. Снежный покров как универсальный показатель загрязнения городской среды на примере Ижевска. Вестник Удмуртского Университета. Вып. 2, 2011, с. 91-96.
10. rastok.net@gmail.com
11. Жуков Б.Д. Экологическое домостроение. Устройства и технологии децентрализованной очистки бытовых сточных вод. Аналитический обзор. СО РАН ГПНТБ, Новосибирск, 1999 -. Сер. Экология. Вып. 54, С. 117.