

ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬ ВОДОСНАБЖЕНИЯ: АКСИОМАТИКА, ПРИНЦИПЫ, СИСТЕМОТЕХНИКА

Василенко С.Л.

Коммунальное предприятие «Харьковводоканал», г. Харьков

Визначено аксіоматику, екологічні методологічні принципи та системотехнічні закономірності, як теоретичні передумови для розв'язання проблеми екологічної безпеки водоснабження городів.

Ключові слова: екологічна безпека, питна вода, постулати, принципи.

Определена аксиоматика, экологические методологические принципы и системотехнические закономерности, как теоретические предпосылки для решения проблемы экологической безопасности водоснабжения городов.

Ключевые слова: экобезопасность, питьевая вода, постулаты, принципы.

Axiomatics, environmental methodological principles and system-technical patterns are defined as theoretical background for environmental safety of municipal water supply.

Keywords: ecological safety, drinking water, postulates, principles.

Постановка задачі. Екологічна безпека систем водоснабження городів (ЕБВ) як особа важлива структура забезпечення стратегічного призначення є визначальною складовою охорони здоров'я людини, соціально-економічного розвитку держави та національної безпеки. Одночасно вода – найвразливіший компонент оточуючого середовища та комунальної інфраструктури.

Окрім цього, національним інтересам країни загрожує погіршення екологічного стану природних вод, загострення проблеми трансграничних забруднень, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на водних джерелах, свідоме використання питної води для поширення токсичних речовин.

Сур'язне занепокоєння викликають застарілі водоочисні технології, критичний стан основних фондів. За даними Національних доповідей в Україні за останні 25 років аварійні

водопроводные сети увеличились в 15 раз и составляют 36 %. Это приводит к бактериальному и химическому загрязнению питьевой воды, а также значительным потерям. В целом 40 % добытой воды не доходит до потребителя. В отдельных регионах утечки достигают 60 % с огромными потерями материально-энергетических ресурсов.

Среди развитых стран мира Украина занимает второе место по уровню смертности населения с распространением заболеваний, вызванных употреблением некачественной воды, что составляет реальную угрозу для генофонда нации и безопасности страны. Исправление этой ситуации стало общегосударственной приоритетной задачей и требует неотложных адекватных решений.

Анализ предыдущих публикаций. Изучение исследований показывает, что учеными много сделано в направлении повышения уровня экологической безопасности по водному фактору. Выполнена оценка экологического риска [1, 2] и эколого-социальной безопасности [3, 4] в питьевом водоснабжении, определены новые подходы [5, 6] и методы [7, 8] повышения уровня ЭБВ и др. Однако работы в этой сфере проводятся, как правило, "пообъектно" на отдельных компонентах без их надлежащей системной проработки.

Постановка задачи. Для экобезопасности городских систем водоснабжения свойственна недостаточная изученность и отсутствие единой согласованной основы с учетом различных факторов опасности. С целью её успешного решения необходимо находить новые научные и методологические подходы.

Целью статьи является определение теоретических предпосылок для решения проблематики ЭБВ в виде аксиоматики, эколого-методологических принципов и системотехнических закономерностей.

Аксиоматика: системно-экологический аспект. Экологическая безопасность водоснабжения обладает всеми свойствами сложных динамических систем. Отличается структурированностью, взаимосвязью и взаимозависимостью отдельных элементов, а её поведение во времени-пространстве характеризуется открытостью, изменчивостью, стохастичность и частичной неопределенностью.

Синтез теоретической подосновы ЭБВ логично начать с аксиоматичных представлений с учетом теоремы К. Геделя о неполноте формальных систем и принципа фальсификации К. Поппера. Утверждения сформулируем, исходя из современных концепций естествознания и активных отношений человека с природой (табл. 1).

Система аксиом (*a*) и постулатов (*p*) направлена на развитие более ста законов, правил и принципов экологии с их

распространением на сферу экологических аспектов деятельности в области водоснабжения:

a_1 системной открытости ~ вода и водоснабжение существуют в виде взаимодействия сложных открытых систем;

a_2 всеобщности ~ вода – матрица (лат. *matrix* – источник, начало) жизненных свойств, универсальная структурно-постоянная часть живой природы;

a_3 модельной неадекватности ~ всеобъемлющей и всесторонней модели воды не существует;

a_4 эвентуальной опасности (при соответствующих обстоятельствах или условиях) ~ деятельность по водоснабжению потенциально опасна;

p_1 познавательной ограниченности ~ познание воды и её характеристик, проявлений и оценки лимитируется реально непреодолимой зоной ограниченности;

p_2 параметрической локализации ~ качество воды нескончаемо разнообразно, но все его параметры сосредоточены в реально ограниченной области;

p_3 эквивалентного противодействия ~ искусственным ограничениям вода противопоставляет свое естественное движение (*следствие*: потери воды в хозяйственной системе неизбежны);

p_4 природного баланса ~ "хозяином" хозяйственной воды остается природа;

p_5 водно-экологического дуализма ~ водоснабжение на практике несет неустранимое экологическое противоречие;

p_6 относительной динамичности ~ будучи связанное с наиболее динамичным веществом в природе, само централизованное водоснабжение в своей основе статично (жестко детерминировано);

p_7 априорной непредсказуемости ~ безусловную безвредность воды для питьевых целей гарантировать невозможно (*следствие*: количество определяемых показателей с их нормированием не обязательно переходит в улучшение качества воды);

p_8 релятивной устойчивости ~ абсолютная устойчивость централизованных систем водоснабжения недостижима (*следствие*: временные отключения водопровода системно неустранимы).

Таблица 1

Систематизация аксиом A и постулатов P в сфере водоснабжения

Общие положения	Вода	Системы водоснабжения
a_1 A . системной открытости	a_2 A . всеобщности	a_4 A . эвентуальной опасности
p_3 P . эквивалентного	a_3 A . модельной	p_5 P . водноэкологи-

противодействия	неадекватности	ческого дуализма
P_4 П. природного баланса	P_1 П. познавательной ограниченности	P_6 П. относительной динамичности
P_7 П. априорной непредсказуемости	P_2 П. параметрической локализации	P_8 П. релятивной устойчивости

В частности, аксиома a_4 имеет два важных понятийных вывода: 1) невозможность реализации системы водоснабжения, абсолютно безопасной для окружающей среды; 2) коммунальное водоснабжение не может обеспечить абсолютную безопасность для человека.

Аксиома a_1 предполагает воздействие на водоносные слои техногенных загрязнений, которые могут попасть в воду неожиданными путями.

В основу фундаментальных положений ЭБВ положим **экологические методологические принципы** (табл. 2):

P_1 целевой ~ гармонизация экологического законодательства и приближение технологий производства и объемов потребления питьевой воды к соответствующим критериям Евросоюза;

P_2 минимума ~ повышение ЭБВ путем изменения приоритетов от наращивания мощностей водопроводов до минимизации подачи, потерь, неучтенных расходов и избыточных напоров воды в сети, повреждений на трубопроводах, удельных расходов электроэнергии;

P_3 разнообразия ~ увеличение устойчивости систем жизнеобеспечения за счет роста разнообразия видов экологически безопасного водоснабжения и функционально-дополнительного расширения их компенсационных возможностей в кризисные периоды;

P_4 полноты ~ содержание ЭБВ должно составлять целостную систему – от природного источника до потребителя и далее через систему водоотведения снова до водного объекта – на всех стадиях производства и потребления воды;

P_5 соответствия ~ ЭБВ обеспечивается такой конструкцией, которая минимизирует техногенный риск, является простой для выполнения своих функций, адекватно реагирует на внешние факторы окружающей среды и оптимальна по затратам материалов и энергии;

P_6 профилактики ~ усовершенствования экобезопасности на региональном и национальном уровне целесообразнее и дешевле, чем временное устранение последствий реализованной опасности с тратой материально-трудовых ресурсов на безопасность водоснабжения;

P_7 неопределенности ~ качество воды и ЭБВ с их стохастическими особенностями нельзя гарантировать, но можно повышать вероятность их достижения, снижая неблагоприятные риски;

P_8 водного синергизма ~ качество жизни и экологическое

благополучие человека зависят не от отдельных показателей качества питьевой воды, но от синергетического действия всей совокупности химических и биологических компонентов одновременно;

P_9 водной энтропии \sim с ограниченным расширением состава контролируемых показателей ЭБВ может частично повышаться, но энтропия, как мера информационной неопределенности о воде, не уменьшается.

Таблица 2

Система экологических методологических принципов (Пр) ЭБВ

Стратегия развития (пути улучшения)	Комплексность решения (способы реализации)	Экологические ограничения (лимитирующие факторы)
P_1 Пр. целевой	P_4 Пр. полноты	P_7 Пр. неопределенности
P_2 Пр. минимума	P_5 Пр. соответствия	P_8 Пр. водного синергизма
P_3 Пр. разнообразия	P_6 Пр. профилактики	P_9 Пр. водной энтропии

В частности, принцип P_9 подтверждается экспериментами по определению индекса загрязненности $I = \sum_n C_n / C_{ПДК}$ в 14 точках на водных объектах и в системе водоснабжения по 11 показателям второго класса опасности. Величина I достигает 3, хотя в питьевой воде должна быть $I < 1$. То есть тяжелые металлы практически проходят транзитом, что обосновывает необходимость применения принципа полноты P_4 в решении проблемы ЭБВ.

Системотехнические закономерности. Системам водоснабжения как техническим комплексам свойственны закономерности совершенствования инженерных инфраструктур [9]. Они должны подчиняться общим правилам функционирования и развития больших технических систем, в частности, основным теоретико-практическим механизмам решения изобретательских задач Г. Альтшуллера.

Системотехнические закономерности безопасного развития и функционирования водоснабжающих комплексов сформулируем адекватно выбранному объекту исследований в следующем виде:

$z_1 \sim$ полнота состава, работоспособность основных частей и согласованность ритма работы элементов с непрерывным движением воды через все части с минимальными экологическими потерями;

$z_2 \sim$ совершенствование системы идет в направлении увеличения степени своей идеальности, пока не достигнет разумного предела;

$z_3 \sim$ неравномерное развитие компонентов системы, порождает неритмичную смену состояний её частей и обуславливает выбор приоритетных путей обеспечения ЭБВ, прежде всего, реновации

водопроводных сетей как уязвимой компоненты;

z₄ ~ рост степени динамичности систем водоснабжения и переход к более гибким структурам и режимам работы, подстраивающимся под экологические изменения внешней среды;

z₅ ~ развитие организации водоснабжения может быть продолжено на уровне "надсистемы" – водных объектов, повышая экобезопасность водных источников и водозаборов – базовых компонентов ЭБВ.

Системотехнические закономерности не претендуют на всеобщность, ибо «незыблемость постулатов – источник возрастающей ложности выводов теории» (М. Антипов). Более важным является логика сформулированных положений и получение на этой основе полезных прикладных результатов в сфере ЭБВ.

Выводы. В целом экологические методологические принципы формируют приоритетные направления по обеспечению экобезопасности водоснабжения, системотехнические закономерности – организацию её научных разработок и технической реализации.

Управление экологически безопасным развитием водоснабжения городов предлагается осуществлять путем распространения базы стратегического водохозяйственного менеджмента, начиная его формирование на предприятиях с внедрения системы международных стандартов серий ISO 14000, ISO 9000, OHSAS 18000, – как перспективное направление дальнейших исследований.

1. Грабовська Л.Л. Оцінка екологічного ризику в сфері питного водопостачання України / Л.Л. Грабовська, О.О. Єфремова // Зб. наук. пр. НАДПСУ. – Хмельницький: НАДПСУ, 2010. – № 54. – С. 58-62.
2. Рой І.О. Оцінка екологічної безпеки систем централізованого питного водопостачання в Україні / І.О. Рой, Л.Д. Пляцук // Журнал інженерних наук. – 2014. – Том 1, № 1. – С. 7–14.
3. Дмитрієва О.О. Еколого-соціальна безпека водокористування населених пунктів України в концепції сталого розвитку / О.О. Дмитрієва, В.П. Василенко, І.В. Колдоба // Екологічна безпека: сб. ст. 7 міжнар. наук.-тех. конф., м. Алушта, 12-16 вересня 2011 р. – Харків: Райдер, 2011. – С. 33-45.
4. Василенко С.Л. Забезпечення екологічної безпеки систем водопостачання міст // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст. у 2-х т. Т. 1 / УкрНДІЕП. – Харків: Райдер, 2012. – С. 242–246.
5. Ковальова О.О. Нові підходи до рішення проблем екологічної безпеки господарсько-питного водопостачання / О.О. Ковальова // Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – Вып. 74.

– С. 271–274. 6. Олійник Л. Сучасний підхід до оцінки екологічної безпеки систем питного водопостачання / Л. Олійник, І.О. Рой // Сучасні технології у промисловому виробництві: матер. наук.-техн. конф., м. Суми, 14-17 квітня 2015 р. – Суми. СумДУ, 2015. – Ч.2. – С. 165-166. 7. Насонкіна Н.Г. Системний аналіз оцінки екологічної безпеки систем водопостачання / Н.Г. Насонкіна, В.Н. Сахновська // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2009. – Т. 5, № 3. – С. 113–123. 8. Пономаренко Р.В. Підвищення рівня екологічної безпеки питного водопостачання регіону в умовах забруднення поверхневого джерела / Р.В. Пономаренко // Екологічна безпека. – 2013. – Вип. 1. – С. 24–27. 9. Василенко С.Л. Системотехнические закономерности развития коммунального водного хозяйства // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – № 5. – С. 86–97.