

В.Ю. Кориневская, асп.

Одесский государственный экологический университет

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ПЕРВИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Разработаны и апробированы методические принципы обоснования принятия решений в сфере первичного управления качеством питьевой воды, которые основываются на системе критериев, характеризующих качество воды как отдельных источников, так и района водоснабжения.

Ключевые слова: *питьевая вода, источник водоснабжения, управление качеством.*

Вступление.

Неудовлетворительное санитарное и экологическое состояние источников водоснабжения обуславливает ухудшение качества питьевой воды и, как следствие, представляет собой угрозу здоровью населения, увеличивая риск воздействия загрязняющих веществ на человека [1].

В настоящее время разработаны и законодательно утверждены различные программы и нормативные акты, направленные на улучшение ситуации в сфере обеспечения качества питьевой воды и работы систем водоснабжения – «Загальнодержавна програма «Питна вода України» на 2006-2020 роки», «Загальнодержавна програма реформування та розвитку житлово-комунального господарства на 2004-2010 роки», Закон Украины «Про питну воду та питне водопостачання» и др. Однако, в сфере обеспечения качества питьевой воды существует ряд требующих решения проблем, в частности, научного обоснования выбора источников как первоосновы формирования качества питьевой воды.

Оценка качества воды источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения проводится на основании гигиенических требований к составу и свойствам воды водных объектов, включающих в себя общие требования к составу и свойствам, а также перечень гигиенических ПДК загрязняющих веществ [2-4]. Однако методы определения приоритетности использования различных источников для питьевого водоснабжения города отсутствуют.

Материалы и методы исследования.

Первичное управление в сфере городского водоснабжения – это принятие решений о включении тех или иных источников питьевой воды (в том числе и альтернативных) в систему городского водоснабжения. Такая функция управления в сфере обеспечения качества питьевой воды является первоосновой, позволяющей сформировать качество питьевой воды путём комбинации различных источников в тех городах, водоснабжение которых осуществляется за счёт нескольких источников. Это может быть сочетание поверхностных и подземных источников централизованного водоснабжения, а также сочетание источников централизованного и децентрализованного водоснабжения. Например, если водоснабжение города осуществляется за счёт подземных вод, то необходимо определить приоритетность использованная скважин с целью обеспечения наилучшего качества. Нами предложена система показателей, позволяющая обосновывать выбор решений в сфере первичного управления качеством питьевой воды города.

Показателем "предпочтительности" источников питьевой воды является критерий K , представляющий собой индекс загрязнения воды [4], т.е. отношение суммы средних относительных концентраций веществ, содержание которых определяется в питьевой воде, к количеству показателей химического состава воды

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i / ПДК_i), \quad (1)$$

где n – количество показателей химического состава воды;

\bar{x}_i – средняя концентрация i -го показателя за определённый промежуток времени;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го показателя химического состава воды.

Использование критерия K позволяет сравнивать качество воды от различных источников. Таким образом, можно составить ранжированный ряд источников питьевой воды по мере увеличения значения K . Полученный ряд позволяет принимать те или иные управленческие решения. Для закрытия наиболее предпочтительны источники, находящиеся в конце полученного ряда, и вообще, чем более высокую позицию занимает в таком списке источник, тем целесообразнее ввести его в эксплуатацию или увеличить (если возможно) объём водоподачи [5,6].

При расчёте критерия K необходимо оперировать выборками определённых характеристик питьевой воды за определённый и единый для всех источников промежуток времени. Необходимо, чтобы такая исходная информация была представительной. Обычно для расчёта используются большие объёмы выборок. Группа показателей химического состава воды, по которым проводится анализ, составляется исходя из данных (результатов химического анализа проб воды от определённых источников), их качества, должна включать и "проблемные" показатели. Целесообразно исключить из этой группы показатели, для которых установлен диапазон допустимых значений.

Критерий K следует рассчитывать отдельно для следующих групп веществ:

- которые являются природными компонентами химического состава воды, характеризующие её органолептические и физиологические свойства;
- для тяжёлых металлов, в том числе и естественно присутствующих в природных водах;
- органических соединений антропогенного происхождения, присутствующих в воде вследствие хозяйственной деятельности человека;
- неорганических соединений антропогенного происхождения, присутствующих в воде вследствие хозяйственной деятельности человека.

В итоге получится 4 ранжированных ряда источников питьевой воды, а суммирование позиций одного источника в каждом ряду даст в конечном итоге ранжированный ряд источников водоснабжения, который будет характеризовать химические свойства воды. В случае одинаковой суммы позиций более высокую в интегральном ряду займёт источник, у которого она ниже для 1-й группы веществ [5].

Кроме критерия K , в число показателей, по которым получают интегральный ранжированный ряд источников водоснабжения, можно включить частоту случаев превышения ПДК по наиболее "проблемным" показателям.

Для учета специфики веществ при определении критерия K нами рассматриваются следующие варианты:

1. Часто для характеристики опасности вещества при расчётах, например, величины экономического ущерба от загрязнения используется безразмерный показатель относительной опасности вещества A_i [7]

$$A_i = 1 / ПДК_i . \quad (2)$$

При введении выражения (2) в формулу (1) для расчёта критерия K получим

$$K' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [A_i (\bar{x}_i / ПДК_i)] . \quad (3)$$

Однако в данном случае следует применять показатель K' для групп веществ в зависимости от их концентрации в воде.

2. Поскольку расчёт критерия K проводится для 4 групп загрязняющих веществ, то в выражении (1) вместо $ПДК_i$ можно использовать значение приведенной ПДК для i -го показателя качества воды ($ПДК_{npi}$), которое может быть представлено следующим образом

$$ПДК_{npi} = \frac{ПДК_i}{\sum_{i=1}^n ПДК_i} \quad (4)$$

либо

$$ПДК_{npi} = \frac{ПДК_i}{ПДК_{\min}} , \quad (5)$$

где $ПДК_{\min}$ – наименьшая предельно допустимая концентрация наиболее опасного вещества в группе (расчётной группе).

Под расчётной группой понимают набор показателей качества воды, по которым непосредственно проводится расчёт критерия K или K' . Иными словами, это выборка показателей, по которым проводился химический анализ из каждой из четырёх групп веществ. Поскольку качество воды источников водоснабжения в пределах определённого населённого пункта, как правило, характеризуется единым набором показателей химического анализа, то использование значений $ПДК_{npi}$ применительно к расчётным группам является удобным и корректным.

Выражение (4) характеризует долю каждого вещества в формировании общего качества воды, а выражение (5) представляет $ПДК_{npi}$ как относительную предельно допустимую концентрацию, приведенную к единому эталону.

Для практического использования выражения (3) удобно его преобразовать следующим образом

$$K'' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg [A_i (\bar{x}_i / ПДК_i)] . \quad (6)$$

В таком случае при составлении интегральных ранжированных рядов источников водоснабжения можно одновременно использовать критерии K и K'' , рассчитанные по формулам (1) и (6).

Согласно гигиеническим нормам качества воды из источников хозяйственно-питьевого водоснабжения [3,4], для веществ 1 и 2 классов опасности с одинаковым лимитирующим показателем вредности (ЛПВ) сумма их относительных концентраций не должна превышать 1. Таким образом, при составлении интегрального ранжированного ряда источников водоснабжения в качестве показателя можно

включить сумму относительных концентраций веществ 1 и 2 классов опасности с одинаковым ЛПВ

$$\psi = \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i / ПДК_i). \quad (7)$$

Для обоснования принятия управленческих решений о включении тех или иных источников питьевой воды в систему водоснабжения населённого пункта необходимо учитывать объём водоподачи каждого источника. В данном случае следует рассматривать источники относительно районов водоснабжения. Если населённый пункт не разделён на районы водоснабжения, и водоснабжение его осуществляется путём смешения воды из рассматриваемых источников, то из интегрального ранжированного ряда следует исключить основные из них, которые невозможно заменить. В первооснову управления качеством питьевой воды города такие источники включаются как статические. Динамические источники, в зависимости от своей позиции, следует либо закрывать (или не вводить в эксплуатацию, если это резервные)/открывать, либо регулировать объём водоподачи (уменьшать или увеличивать). Однако связь между объёмом водоподачи от источника и его позицией в интегральном ранжированном ряду двояка: высокий объём подаваемой воды в случае источников с высокой и низкой позицией играет противоположные роли в управлении качеством питьевой воды.

В качестве меры, связывающей объём водоподачи и содержание примесей в воде, мы предлагаем рассматривать количество веществ, поступающих потребителю вместе с водой за определённый промежуток времени. Не трудно, зная расход воды и содержание в ней основных примесей, получить такие количественные характеристики для каждого вещества в отдельности. Однако интересным является получение интегрального показателя содержания веществ, который позволял бы соотносить различные вещества с учётом их вклада в формирование качества воды, то есть отражающего специфику и предельное содержание их в воде. В качестве такого показателя предлагается использовать обобщённое количество примеси M , которое представляет собой общее количество поступающих от источника веществ с учётом предельного количественного содержания каждого из них

$$M = V \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i / ПДК_{npi}), \quad (8)$$

где V – объём водоподачи (расход воды) от источника водоснабжения.

Общая масса веществ, превышающая предельно допустимое количество примесей в питьевой воде, выражается следующим образом

$$\Delta M = V \cdot \sum_{i=1}^n [(\bar{x}_i - ПДК_i) / ПДК_{npi}]. \quad (9)$$

При $\Delta M > 0$ общее содержание веществ в питьевой воде превышает допустимый уровень; при $\Delta M < 0$ – не превышает.

Использование $ПДК_{npi}$ позволяет соотносить между собой вклад веществ с учётом их ПДК в питьевой воде и выражать это в обобщённых показателях.

Эти показатели необходимо рассматривать в совокупности с критерием K : при высоких значениях K и M необходимо сократить объём водоподачи на данном источнике, при высоком значении K , но низком M следует закрыть источник либо уменьшить объём водоподачи.

Качество воды определённого района водоснабжения города или населённого пункта в целом формируется за счет смешения воды из нескольких источников. Это значит, что, регулируя объём забора воды из определённых источников, можно влиять на качество поступающей в систему водопровода воды. Обобщённый критерий качества воды для определённого района водоснабжения \bar{K} определяется следующим образом

$$\bar{K} = K_1 \cdot d_1 + K_2 \cdot d_2 + \dots + K_m \cdot d_m, \quad (10)$$

где m – количество источников питьевой воды данного района водоснабжения;

K_m – критерий K для m -го источника питьевой воды;

d_m – коэффициент долевого участия источника водоснабжения в обеспечении водой данного района водоснабжения, который определяется как

$$d_m = \frac{V_m}{V_{\text{общ}}}, \quad (11)$$

где V_m – объём водоподачи от m -го источника питьевой воды;

$V_{\text{общ}}$ – объём смешанной воды, поступающей в водопровод данного района водоснабжения.

Критерий \bar{K} представляет собой усреднённый критерий K по всем источникам водоснабжения с учётом вклада каждого в общее количество воды, подаваемой на территории одного района водоснабжения. Регулируя объём водоподачи от различных источников, т.е. меняя вклад каждого из них в совокупное качество воды, можно изменять значение критерия \bar{K} . Такой критерий качества воды, получаемой в результате смешения от различных источников, позволяет сравнивать результаты принятия альтернативных управленческих решений, направленных на улучшение качества подаваемой в городскую водопроводную сеть питьевой воды.

Составление интегральных ранжированных рядов источников питьевого водоснабжения с целью обоснования первичного управления качеством воды проводилось для г. Белгород-Днестровского (Одесская область).

Водоснабжение города осуществляется за счёт подземных вод среднего, верхнего сарматского и верхнеплиоценового водоносных горизонтов, а также за счет воды, подаваемой насосной станцией “Днестр” по водоподающей магистрали Беляевка - Белгород-Днестровский. Город поделен на три района водоснабжения: «Южный», «Северный», «Садовый»; имеется станция подкачки «Франко» и три локальные системы водоснабжения: «Переможенская», «Лесная», «Маршала Бирюзова». В работе использовались данные результатов химического анализа проб воды с 2001 по 2005гг., предоставленные лабораторией химического анализа КП «БДВодоканал» и городской СЭС. Предварительная обработка имеющихся данных позволила сформировать расчётную группу 1, куда входят следующие показатели химического состава воды – аммиак, нитраты, сухой остаток, хлориды и железо. Среди них хлориды и сухой остаток являются «проблемными» показателями, для которых характерно превышение ПДК для артезианских скважин районов водоснабжения «Северный» и «Садовый». В расчётную группу 2 входят тяжёлые металлы – свинец, медь, цинк и кадмий, содержание которых не превышает ПДК.

Результаты исследования и их анализ.

Результаты расчётов критериев K , K'' , показателей M и ΔM , а также частоты превышения ПДК для хлоридов и сухого остатка представлены в табл.1 и табл.2 для 1-й и 2-й расчётных групп соответственно. В расчётах $ПДК_{\text{при}}$ определялась по

формуле (4). Третья позиция определялась по показателю M . Объём воды, подаваемой с насосной станции «Днестр», непостоянен, а с 2005 года прекращён, поэтому показатели M и ΔM для дюкера не рассчитываются.

Анализ табл.1 позволяет по показателям расчётной группы 1 составить следующий ранжированный ряд источников питьевого водоснабжения (артезианских скважин):

19; 14; 23/2; 26; 12; 22; 16/2; 16; 7^b; 16/2^a; 16^a; 12^b; 8^a; 9; 12^a; 10^a; 7^b; 10^b.

Критерий K , рассчитанный для питьевой воды, поступающей с насосной станции «Днестр», показывает, что качество воды по общим показателям состава воды (группа 1) из р. Днестр намного лучше воды из подземных источников. Но следует иметь в виду, что поверхностные воды, как правило, в большей степени поддаются антропогенному загрязнению, поэтому подземные воды являются более предпочтительными источниками водоснабжения. Таким образом, насосная станция «Днестр» рассматривается как статический источник водоснабжения г. Б-Днестровского.

При определении позиций источников водоснабжения в разрезе 2-й группы показателей из-за отсутствия достаточного количества данных не рассматривался ряд источников водоснабжения. На основании табл. 2 по показателям расчётной группы 2 можно составить следующий ранжированный ряд источников питьевого водоснабжения:

7^b; 14; 10^b; 7^b; 12; 10^a; 23/2; 16; 16/2; 16/2^a; 16^a.

Интегральный ранжированный ряд (для 11 источников водоснабжения) будет иметь следующий вид:

14; 7^b; 12; 23/2; 16; 16/2; 10^b; 7^b; 16^a; 10^a.

Анализ полученных результатов расчёта показателей K и K'' , и сравнение полученных таким образом позиций источников водоснабжения (табл.1 и табл.2) позволяет сделать вывод о предпочтительности использования критерия K'' при составлении ранжированного ряда источников водоснабжения, поскольку он учитывает специфику содержащихся в воде веществ.

По показателям расчётной группы 1 можно определить обобщённый критерий \bar{K} для 3-х районов водоснабжения – «Южный», «Северный» и «Садовый». Результаты представлены в табл.3.

Анализ табл.3 позволяет заключить, что наихудшим качеством питьевой воды характеризуется район водоснабжения «Северный». На территории насосной станции «Северная» размещены 3 резервуара чистой воды объёмом 3000, 500 и 500 м³. Предлагается значительно снизить суточный объём водоподачи от артезианских скважин (а/с) 10^a и 10^b путём накопления в ночное время в данные емкости воды из других а/с с последующим использованием этой воды в утреннее и вечернее время, когда расход населением воды максимален. Учитывая возможность изменения дебита а/с и их долевого участия в водоснабжении района «Северный» можно проанализировать различные варианты улучшения качества питьевой воды данного района.

Рассмотрим пример управления качеством питьевой воды отдельного района водоснабжения. Район водоснабжения «Южный»: на основании табл. 3 наихудшим качеством воды по показателям расчётной группы 1 характеризуется а/с 16^a, а наилучшим – а/с 19. Снижение объёма водоподачи из а/с 16^a на м³/ч и одновременное увеличение объёма водоподачи от а/с 19 позволяет снизить значение обобщённого критерия \bar{K} для района водоснабжения «Южный» с 0,525 до 0,519. Если вместо а/с 16^a на 2 м³/ч снизить объём водоподачи со скважины а/с 16/2^a, и увеличить на а/с 19, то

Таблица 1 – Определение позиций источников водоснабжения в расчётной группе 1

Источник	K	Позиция	K"	Позиция	M , кг/ч	ΔM , кг/ч	Позиция	Частота превышения ПДК, %		Позиция	Сумма позиций
								хлориды	сухой остаток		
a/c 7 ^б	0,68	15	-0,31	12	47,9	-23,3	14	61	44	14	69
a/c 7 ^б	0,59	9	-0,34	11	41,5	-29,7	13	60	33	10	43
a/c 8 ^а	0,63	13	-0,36	9	110,2	-67,8	16	50	71	16	54
a/c 9	0,66	14	-0,29	14	51,0	-27,3	15	69	25	11	54
a/c 10 ^а	0,75	17	-0,23	18	132,5	-45,6	17	55	57	15	67
a/c 10 ^б	0,78	18	-0,21	19	137,0	-41,1	18	73	80	19	74
a/c 12	0,47	6	-0,37	8	19,9	-22,8	5	18	0	4	23
a/c 12 ^а	0,85	19	-0,28	15	35,6	-14,2	11	77	67	18	63
a/c 12 ^б	0,72	16	-0,38	7	36,1	-6,6	12	83	57	17	52
a/c 14	0,42	3	-0,41	5	14,8	-20,8	2	0	0	2	12
a/c 16	0,61	12	-0,30	13	25,7	-16,9	6	14	33	8	39
a/c 16 ^а	0,60	11	-0,24	17	29,9	-9,9	9	37	63	13	50
a/c 16/2	0,54	8	-0,35	10	30,7	-26,3	10	15	33	9	37
a/c 16/2 ^а	0,59	10	-0,27	16	29,3	-20,5	8	56	38	12	46
a/c 19	0,35	2	-0,53	2	14,7	-27,9	1	17	0	3	8
a/c 22	0,54	7	-0,40	6	26,6	-23,2	7	0	25	6	26
a/c 23/2	0,42	4	-0,46	4	18,4	-24,9	3	0	20	5	16
a/c 26	0,45	5	-0,52	3	19,1	-23,7	4	14	20	7	19
дюкер	0,33	1	-0,55	1	-	-		0	0	1	-

Таблица 2 – Определение позиций источников водоснабжения в расчётной группе 2

Источник	K	Позиция	K''	Позиция	M , г/ч	ΔM , г/ч	Позиция	Сумма позиций
а/с 7 ^б	0,201	3	-1,099	7	47,5	-190,3	3	13
а/с 7 ^в	0,195	1	-1,182	2	46,1	-191,8	4	7
а/с 10 ^а	0,205	4	-1,161	4	120,6	-474,0	7	15
а/с 10 ^б	0,198	2	-1,181	3	115,6	-479,0	6	11
а/с 12	0,211	5	-1,105	6	30,0	-112,7	2	13
а/с 12 ^а	0,240	10	-1,025	11	39,6	-126,9	11	32
а/с 14	0,214	6	-1,352	1	25,2	-93,8	1	8
а/с 16	0,223	8	-1,080	9	31,7	-11,0	8	25
а/с 16 ^а	0,289	11	-1,095	8	47,6	-118,9	10	29
а/с 16/2	0,227	9	-1,049	10	25,4	-164,9	9	28
а/с 23/2	0,217	7	-1,110	5	30,7	-112,0	5	17

Таблица 3 – Расчёт обобщённого критерия качества воды \bar{K}

Район водоснабжения	Артезианские скважины	Позиция	Дебит, м ³ /ч	d_m	K	\bar{K}
«Северный»	а/с 7 ^б	17	10	0,094	0,68	0,698
	а/с 7 ^в	9	10	0,094	0,59	
	а/с 8 ^а	13	25	0,236	0,63	
	а/с 9	14	11	0,104	0,66	
	а/с 10 ^а	16	25	0,236	0,75	
	а/с 10 ^б	19	25	0,236	0,78	
«Южный»	а/с 16	8	6	0,127	0,61	0,525
	а/с 16 ^а	11	7	0,149	0,60	
	а/с 16/2	7	8	0,170	0,54	
	а/с 16/2 ^а	10	7	0,149	0,59	
	а/с 19	1	6	0,127	0,35	
	а/с 22	6	7	0,149	0,54	
«Садовый»	а/с 23/2	3	6	0,127	0,42	0,689
	а/с 12	5	6	0,316	0,47	
	а/с 12 ^а	15	7	0,368	0,85	
	а/с 12 ^б	12	6	0,316	0,72	

значение обобщённого критерия \bar{K} составит 0,514. Последний вариант улучшения качества воды более предпочтителен.

Выводы.

Представленные методические принципы обоснования принятия решений в сфере первичного управления качеством питьевой воды населённых пунктов основываются на разработанной системе критериев, позволяющих количественно оценить различные комбинации источников водоснабжения и объемов их водоподачи.

Расчёт критериев и составление интегрального ранжированного ряда позволяет определить приоритетность различных источников водоснабжения исходя из качества воды. Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение о предпочтительности использования критерия K'' при составлении ранжированного ряда источников водоснабжения. Расчёт обобщённого критерия \bar{K} позволяет обосновать выбор наиболее оптимального управленческого решения с целью достижения наилучшего качества воды.

В перспективе возможна адаптация данной методики для ранжирования предприятий по токсичности сбрасываемых в канализационную систему сточных вод.

Список литературы

1. Закон України «Про загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2020 роки».
2. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 173 «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» від 19.06.96 р.
3. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения (СанПиН 4630-88). – М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с.
4. Юрасов С. М. Методи оцінки якості природних вод. – Одеса: ТЕС, 2004. – 75 с.
5. Кориневская В. Ю. Шанина Т. П. Первичные управленческие решения в сфере городского водоснабжения // Матеріали VIII Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів. – Одеса, 2006. – с. 126-127.
6. Кориневская В. Ю. Обоснование принятия решений в сфере первичного управления качеством питьевой воды города // Матеріали VI наукової конференції молодих вчених. – Одеса, 2006. – с. 70.
7. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України № 37 «Про затвердження «Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів» від 18.05.95 р.

**Обґрунтування прийняття рішень у сфері первинного управління якістю питної води.
Кориневська В.Ю.**

Розроблені та апробовані методичні принципи обґрунтування ухвалення рішень у сфері первинного управління якістю питної води, основані на системі критеріїв, що характеризують якість води як окремих джерел, так і району водопостачання.

Ключові слова: питна вода, джерело водопостачання, управління якістю.

**The foundation of decisions' acceptance in the direction of primary drinking-water quality management.
Korinevskaya V.**

Methodical principles of foundation the decisions' acceptance in the direction of primary drinking-water quality management are developed and approved, which are based on the system of criteria, characterizing water quality both of separate sources and district of water-supply.

Keywords: drinking-water, source of water-supply, quality management .