

УДК 614.777:628.16

## ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ И ПДК КСЕНОБИОТИКОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И ЕЕ ИСТОЧНИКАХ

**Б.М. Штабский\***, **М.Р. Гжегоцкий\***, **Л.М. Шафран\*\***, **Н.С. Бадюк\*\***

*\*Львовский национальный медицинский университет им. Данилы Галицкого;*

*\*\*Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта» Министерства здравоохранения Украины, г. Одесса*

*Памяти академика НАМНУ  
Льва Ивановича Медведя и  
чл.-корр. НАНУ и НАМНУ  
Юрия Соломоновича Кагана*

### Актуальность темы

Современная профилактическая токсикология и гигиена накопили громадный опыт экспериментального обоснования допустимых уровней поступления вредных химических веществ в организм человека из окружающей среды. Токсигенные свойства ксенобиотиков, физико-химические особенности их носителей (воздух, вода, пища), условия взаимодействия и пути поступления в организм обуславливают многообразие значений нормативных показателей безопасности для здоровья и жизни различных контингентов населения, которая в то же время укладывается в единую систему гигиенических нормативов [1-3]. Это единство и определяется принципом системности.

Последний предполагает наличие интегрированного объекта (совокупности взаимосвязанных элементов), общей методологии (принципов и способов организации системы), системного подхода (системного анализа, моделирования, конструирования, апробации и проверки) [4, 5]. При системном подходе гигиенические нормативы представлены как совокупность системо-образующих категорий, объединенных на основе не конвенциональных, а токсикологически аргументированных критериев, установленных экспериментально и с помощью математических моделей показателей (паттернов). Создание такой системы и явилось целевой установкой разработанного авторами на рубеже 20-21 столетий проекта «Обоснование гигиенических нормативов вредных химических веществ в разных средах на основе системного подхода» [6].

Одним из его вероятных предикторов следует считать концепцию параллельного регламентирования пестицидов во всех средах, разработанную Л.И. Медведем с соавт. [7], Е.И. Спыну с соавт. [8], Ю.С. Каганом [9]. Эта концепция особенно важна применительно к качеству питьевой воды, поскольку гигиенические требования к ней определяются ее физиологической ролью в организме человека, эпидемиологическим значением и повсеместным при-

менением в системе жизнедеятельности человека (в природных, промышленных, коммунальных объектах, в сельском хозяйстве и на транспорте) [10-12]. Однако, многоаспектность проблемы, сложность методических подходов к дифференцированной оценке количественных изменений применяемых биомаркеров, на которые могут влиять довольно многочисленные средовые, видовые и индивидуальные различия, делают задачу гигиенического нормирования трудной и, нередко, не однозначной [13, 14]. Используемая для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд вода должна физиологически полноценной, что обеспечивается весьма специфичным комплексом физико-химических и биологических исследований, перечень которых зависит от целевого назначения воды [15].

Общая схема гигиенических исследований по обоснованию ПДК вредных химических веществ в воде была предложена С.Н. Черкинским [16] и детально охарактеризована И.М. Трахтенбергом с соавт. [17]. Однако особенности и существенные отличия, связанные с включением этой группы нормативов в общую систему, впервые начали всесторонне изучаться авторами настоящего исследования в последней четверти прошедшего столетия [18-20]. Тем не менее, проблема сохраняет свою актуальность, в том числе в плане пересмотра ранее установленных и прогнозирования новых безопасных норм.

Поэтому **целью** настоящего исследования было дальнейшее совершенствование технологии преобразования и интерпретации накопленной информации по гигиеническому нормированию химических веществ в питьевой воде для обоснования возможности и правомерности включения соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДКв в мг/л) в общую систему гигиенических нормативов.

### Материал и методы исследования

На примере ПДК ксенобиотиков в воде объектов питьевого и хозяйственно-бытового назначения (ПДКв, мг/л), в сопоставлении с нормативами в воздухе рабочей зоны (ПДКр, мг/м<sup>3</sup>), в настоящем

исследовании представлены новые данные о системном характере соотношений между гигиеническими нормативами одних и тех же веществ в различных средах. Исторически сложившиеся теоретические представления и методические подходы к регламентации вредных веществ, реализованные в десятках действующих официальных нормативных документах, призваны обеспечивать приемлемую качественную однородность сравниваемых величин, а следовательно – и количественные параметры результатов гигиенического нормирования. Именно эти позиции при экспериментальном (на теплокровных животных, чаще всего мелких грызунах, и альтернативных моделях) и математическом моделировании нередко приводят к дискутабельным результатам и требуют проверки [15, 17.]. Последняя вместе с токсикологической коррекцией (при необходимости) открывают возможность более осмысленного и аргументированного применения действующих нормативов в гигиенической и хозяйственной практике, пополнения их числа, совершенствования и дальнейшего развития теоретических основ, критериально-методической базы химической безопасности человека [21].

При сравнении гигиенических нормативов в воздухе и воде в рамках системного нормирования необходимо исходно учитывать две важные позиции: во-первых, различие в единицах измерения ( $\text{мг}/\text{м}^3$  и  $\text{мл}/\text{л}$ ), во-вторых, в отличие от ПДКр, обосновываемой только по санитарно-токсикологическому критерию, ПДКв устанавливается по одному из трех лимитирующих показателей вредности (ЛПВ) – санитарно-токсикологическому (СТ), органолептическому (Орг) или общесанитарному (ОС). Следует напомнить, что СТ характеризует вредное воздействие на организм человека, Орг – способность вещества изменять органолептические свойства воды (цвет, запах, вкус), ОС – общесанитарное состояние водоема, в частности, скорость протекания процессов самоочищения, а также определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры [15]. Авторы разработали методические подходы к преодолению этих различий и трудностей, что нашло отражение в ряде предыдущих публикаций [1, 18, 20] и их описание не входит в задачи настоящего исследования.

Важными критериями оценки вредного воздействия химических веществ в разных средах являются специфические (аллергенное, гонадотоксическое, тератогенное и эмбриотоксическое действие вещества) и отдаленные (мутагенные, генотоксические и канцерогенные) эффекты [22]. Однако на данном этапе формирования системы гигиенических нормативов они пока не рассматриваются.

В санитарном законодательстве Украины, равно как и других государств, входивших ранее в состав Советского Союза, преобладают ПДКв и ПДКр, уста-

новленные в период существования СССР. С учетом этого, руководствуясь номерами CAS, в данной работе сопоставлены значения ПДКв и ПДКр 471 вещества (треть всех ПДКв, пятая часть всех ПДКр, действующих в первом пятнадцатилетии нового 21-го века).

По учетным ПДКв лимитирующими показателями вредности (ЛПВ) являются: санитарно-токсикологический (С/Т) – для 205-ти веществ, органолептический (Орг) – для 202-х (из них запах – для 140), общесанитарный (Общ) – для 64-х веществ. Соответственно анализ соотношений ПДКр/ПДКв дифференцирован по ЛПВ. Все ПДКр установлены по токсикологическим критериям, иногда – в виде среднесменных нормативов (7 веществ), нередко (100) – в параллель с максимальными разовыми (учитывали среднесменные), чаще всего (364) – в виде только максимальных разовых величин (в скобках заметим, что в РФ более четверти последних переосмыслены как среднесменные и дополнены повышенными максимальными разовыми ПДКр).

Как показано ранее [1, 6], должные значения ПДКв категории С/Т связаны с ПДКр условием:

$$\lg \text{ПДКв} = \lg \text{ПДКр} - (0,825 \pm 0,35) - \lg \text{Ки}/\text{o}, \quad (1)$$

где  $\text{Ки}/\text{o} = 0,17 \text{ ЛК}_{50}/\text{ЛД}_{50}$  – ингаляционно-оральный коэффициент на смертельном уровне для лабораторных животных по аналогии с  $\text{Ки}/\text{o}$  на нормативном уровне для человека массой тела 60 кг, вдыхающего  $10 \text{ м}^3$  воздуха за рабочий день (потребление воды – 3 л/сутки).

Должные значения ПДКв для двух других категорий нормативов, установленных по Орг и ОС критериям уже по определению ниже уровней, задаваемых равенством (1), т.к. сам выбор ЛПВ определяется наименьшей концентрацией вещества в воде именно по этому показателю. Чтобы не усложнять применение этого равенства в дальнейшем, принимается также условие, что ингаляционная и оральная токсичность веществ на смертельном уровне совпадают ( $\text{Ки}/\text{o} = 1$ ;  $\lg \text{Ки}/\text{o} = 0$ ), а официальные значения ПДКр соответствуют требованиям (принципу) системности.

#### Результаты и обсуждение

Изложение полученных результатов начнем с анализа  $\text{Ки}/\text{o}$  на нормативном уровне веществ категории СТ. Как видно из представленных в табл. 1 данных, значения  $\text{Ки}/\text{o}$  для этих веществ колеблются в пределах от  $< 1$  до  $> 1000$ .

Принятая градация  $\text{Ки}/\text{o}$  исходит из формулы (1), согласно которой должные значения  $\text{Ки}/\text{o} = 10 - 50$ . Хотя реально этот диапазон следует расширить, как минимум, до  $\text{Ки}/\text{o} = 5 - 100$ , т.к. параметры токсикометрии определяются в хронических опытах в среднем с точностью до 5 раз [23].

**Таблица 1**  
**Распределение соотношений ПДКр/ПДКв по величине Ки/о в группах нормативов, определенных по разным ЛПВ, в %**

Показатель	Распределение по критериям оценки, %			
	СТ, n=205	Орг, n=202	Запах, n=140	ОС, n=64
< 1	7,8	8,9	8,6	10,9
1 – 4,9	16,1	9,4	5,7	12,5
5 – 100	42,5	39,6	40,7	53,1
Всего до 100	66,4	57,9	55,0	76,5
101– 500	16,1	18,3	17,8	17,2
>500	17,5	23,8	27,2	6,3
В т.ч. > 1000	10,7	16,4	18,6	3,3

Выделение групп Ки/о < 1 и Ки/о > 500 обусловлено их исходной токсикологической некорректностью, что может объясняться, в частности, ошибкой в оценке величины одного из пары сравниваемых нормативов.

Из той же табл. 1 видно, что числовые значения распределения величин Ки/о по принятым диапазонам, исходя из других критериев (Орг и ОС), достаточно близки к таковым в группе СТ, что требует специального рассмотрения.

Органолептические показатели, в первую очередь, запах, влияют на физиологические функции организма и питьевой режим преимущественно рефлекторным путем. Поэтому, например, порог обнаружения запаха этилмеркаптана (по Н.В. Лазареву [24]) составляет всего 1·0,44<sup>-9</sup> мг/л, что априори ниже порогов токсического действия. Сила запаха растет пропорционально не концентрации вещества, а ее логарифму, т.е. закон Вебера-Фехнера, согласно которому сила ощущения пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя, применим не только для градации этого органолептического показателя, но и его сопоставления с токсичностью соответствующих веществ. Это иллюстрируется данными табл.1, где количество соотношений Ки/о, установленных по Орг показателям и запаху, и превышающих по абсолютной величине сравниваемое значение в 500 раз, превосходит таковые, обоснованные по СТ и ОС критериям. Последние, хотя и отражают состояние водоема, а не собственно опасность нормируемого вещества (и, соответственно, воды), характеризуются большим процентом точно совпадающих с СТ критерием значений Ки/о (и, естественно, гигиенических нормативов). Вероятно, тот факт, что по этому критерию рекомендуется нормировать как правило, малотоксичные вещества [15], обуславливает в 3-4 раза меньшее число (%) отклонений величины учитываемого при сопоставлении нормативов параметра (Ки/о) в диапазоне > 500. В целом это объективно подтверждает как принципиальную правомерность принятых решений, так и целесообразность их периодической перепроверки, включая (в ряде случаев) возможность коррекции на основе теоретического осмысления со-

вокупности накопленных данных (сказанное в равной мере относится как к ПДКв, так и к ПДКр).

Специальный интерес представляет сопоставление классов опасности нормированных веществ по ГОСТ 12.1.007-76 [25] (табл. 2).

**Таблица 2**  
**Распределение сопоставленных ПДКр и ПДКв по классам опасности во взаимосвязи с ЛПВ**

Учитываемый показатель	n	Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76 [25]			
		1	2	3	4
СТ, абс	205	28/18*	89/146	69/36	19/5
СТ, %	100	13,7/8,8	43,4/71,2	33,6/17,6	9,3/2,4
в т.ч. число ПДКв = ПДКр	95	6	68	17	4
число ПДКв > ПДКр	73	12	60	1	0
число ПДКв < ПДКр	37	0	18	18	1
Орг, всего, абс	202	0	2	74	126
Орг, %	100	0	1,0	36,6	62,4
в т.ч. по запаху, абс	140	0	2	47	91
ЗП, %	100	0	1,4	33,6	65,0
ОС, абс	64	0	0	33	31
ОС, %	100	0	0	51,6	48,4
Орг ± ОС, абс	266	0	2	107	157
Орг ± ОС, %	100	0	0,8	40,2	59,0
Всего, абс	471	43/18	216/148	163/143	49/162
Всего, %	100	9,1/3,8	45,9/31,4	34,6/30,4	10,4/34,4

Примечание: \* число ПДКр (числитель) / ПДКв (знаменатель)

Из данных табл.2 следует, что в 46,3% случаев класс опасности для ПДКр и ПДКв совпадает, в 35,6% – у ПДКв он выше, а у 18,1% – ниже, чем соответствующие ПДКр. Это может объясняться различиями в практике нормирования химических веществ в воздухе рабочей зоны и питьевой воде. В первом случае (в гигиене труда) обоснование ПДКр проводят исключительно по токсикологическим критериям, тогда как в гигиене воды ЛПВ для веществ 1 и 2 классов практически в 100% случаев является СТ показатель, а для веществ 3 и 4 классов (в 57,1% случаев) Орг или ОС критерии (в соотношении 3,2:1,0).

В сравнительном плане следует обратить внимание на тот факт, что более половины (51,6%) ПДКв, установленных по ОС критерию, относятся к 3 классу опасности. Уже это обстоятельство требует проведения проверочных исследований для указанной категории ПДКв (особенно в тех случаях,

где ПДКв > ПДКр). Что касается общего распределения нормативов по классам опасности, то эта позиция носит в значительной мере случайный характер и определяется, по-видимому, доступностью информации о пакете гигиенических регламентов.

Среди информативных биомаркеров, пригодных для использования в системном нормировании ксенобиотиков, важное место занимают показатели, характеризующие кожно-резорбтивное действие химических веществ. Во-первых, оно может быть присутствующим в той или иной мере веществам, нормируемым в разных средах по СТ и другим критериям. Во-вторых, пометку «опасно при поступлении через кожу» имеют около 25% веществ, ПДК которых включены в ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования [26]. Примерно этой же величиной оценивается и общее количество химических соединений, в отношении которых может потребоваться углубленное изучение кожно-резорбтивного действия в плане гигиены воды и санитарной охраны водоемов хозяйственно-питьевого и рекреационно-оздоровительного назначения [27]. Поэтому в табл. 3 приведены результаты распределения подвергнутых углубленному анализу нормативов химических веществ по наличию (КРД±) либо отсутствию (КРД-) признаков кожно-резорбтивного действия в зависимости от величины Ки/о.

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что этот показатель фигурирует в 40,5% отобранных методом случайной выборки нормативов, установленных по СТ критерию, в 30,7% – по Орг показателю и в 20,3% – по

ОС показателю. Вероятной причиной столь существенных различий (СТ:Орг:ОС = 2,0:1,5:1,0) является обязательное требование проведения исследований на наличие кожно-резорбтивного действия только при обосновании гигиенических нормативов по СТ критерию [28].

Сопоставление числа веществ в группах с Ки/о < 5 и > 500 показало, что в подгруппе КДР± их на 55,7 и 76,1%, соответственно, меньше, чем в аналогичных подгруппах КРД-. Дополнительное деление соотношений классов в пределах категории СТ вызывает вопросы, прежде всего, по нормативам 12 веществ класса 1 из группы ПДКв > ПДКр и 18 веществ класса 2 из группы ПДКв < ПДКр, которые станут предметом дальнейших контрольных исследований.

Что касается распределения веществ в подгруппах в зависимости от показателя КРД± и КРД- по классам опасности, то, как видно из данных, представленных в табл. 4, между ними определены существенные различия. И хотя такое сопоставление в известной мере условно, оно имеет важное значение, прежде всего, в плане распространения принципов системности на нормативы допустимого содержания вредных химических веществ в воде.

Полученные данные свидетельствуют о существенно большем (на 15,3%) числе совпадений классов опасности у веществ подгруппы КРД±, чем у веществ, которые не проявляют КРД. К категории гигиенических нормативов с меньшими, по сравнению с ПДКр, величинами ПДКв относятся в 1,7 раза больше веществ категории КРД±, чем КРД-. И, наоборот, в группе со

Таблица 3

Ки/о	Распределение ПДКв по наличию КРД при разном Ки/о											
	СТ (КРД±)		СТ (КРД-)		Орг(КРД±)		Орг(КРД-)		ОС (КРД±)		ОС (КРД-)	
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%
< 1	6	7,2	10	8,2	6	9,2	12	8,8	3	23,1	4	7,8
1-4,9	10	12,0	23	18,9	5	7,7	14	10,2	1	7,7	7	13,7
5-100	44	53,1	43	35,2	35	53,8	45	32,8	5	38,4	29	57,0
101-500	13	15,7	20	16,4	12	18,5	25	18,3	4	30,8	7	13,7
>500	10	12,0	26	21,3	7	10,8	41	29,9	0	0	4	7,8
в т.ч.>1000	7	8,4	15	12,3	5	7,7	28	20,4	0	0	2	3,9
Всего:	83	100	122	100	65	100	137	100	13	100	51	100

Таблица 4

Распределение нормативов, установленных по СТ критерию, по классам опасности в зависимости от соотношения ПДКр/ПДКв и проявления ими кожно-резорбтивного действия (КРД±/-), %

КО*	n***		Вид соотношения					
			ПДКв = ПДКр		ПДКв < ПДКр		ПДКв > ПДКр	
	83 (КДР±)	122 (КДР-)	КДР±	КДР-	КДР±	КДР-	КДР±	КДР-
1	13,3/10,8**	13,9/7,4	1,2	4,1	0	0	9,6	3,3
2	71,1/68,7	24,6/73,0	50,7	21,3	8,4	9,0	9,6	42,6
3	14,4/20,5	46,7/15,8	3,6	11,5	15,7	4,1	1,2	0
4	1,2/0	14,8/4,1	0	3,3	0	0,8	0	0
Итого:	-	-	55,5	40,2	24,1	13,9	20,4	45,9

Примечания: КО\* – класс опасности; \*\*/ – ПДКр/ПДКв; n\*\*\* – число нормативов в группе



значениями ПДКв > ПДКр веществ категории КРД± в 2,3 меньше, чем КРД-. Вероятно, полученные по данному признаку результаты следует интерпретировать в зависимости от степени проявления токсичности и вклада в этот процесс, наряду с пероральным, кожно-резорбтивного действия, которое учитывается при обосновании норматива и вошло в качестве обязательного требования в соответствующие методические указания, разработанные еще 35 лет тому назад [27].

Можно также полагать, что дифференциация классов опасности ПДКв относительно ПДКр более всего указывает на роль токсикологически адекватной оценки химических веществ (как обладающих, так и не обладающих КРД) в каждой области гигиены.

### Заключение

Представленные результаты, как и постановка вопроса о системной соотношенности гигиенических нормативов ксенобиотиков в различных средах в целом (включая удаленность от верхних границ токсичности веществ при различных путях и условиях поступления в организм), представляют отнюдь не только теоретический интерес. Не случайно, уже в первые годы нынешнего века санитарная практика, охрана труда, коммунальные предприятия и региональные водоканалы располагали и использовали в своих практических целях перечни ПДКв и ПДКр, насчитывающие до полутора и около двух с половиной тысяч наименований, соответственно (без учета официально принятых ориентировочных безопасных уровней веществ – ОБУВ в водной среде и воздухе рабочей зоны).

Таким образом, разработка на протяжении последнего столетия научно-теоретических вопросов гигиенического нормирования как системообразующего основы химической (а несколько позже – и других видов) безопасности жизнедеятельности человека в антропогенно измененной и природной среде, а также постоянно расширяющаяся сфера успешного практического применения обоснованных нормативов, стали объективной предпосылкой концепции о возможности объединения совокупности ПДК в одной и разных средах в единую систему.

Рассмотренный в данной работе раздел системы посвящен преимущественно анализу гигиенических нормативов в воде как основы заключения о степени опасности или безопасности воды для здоровья людей [10,11,13,15,27]. Сложность проблемы заключается в том, что, во-первых, гигиенические требования к показателям качества воды зависят от ее целевого назначения (для чего предполагается использовать воду). В этом плане следует напомнить, что в коммунальной гигиене по этому условию вода подразделяется на 7 типов [15]. Во-вторых, нормирование воды производят не по одному (как в воздухе рабочей зоны и атмосфере), а по трем критериям: санитарно-токсикологическому, органолептическому

и общесанитарному. Кроме того, расчет допустимых нагрузок на водные объекты в условиях промышленного и гражданского их использования осуществляется по двум критериям: водопользованию и водопотреблению [28]. При этом под водопользованием понимается использование воды без изъятия ее из мест локализации (водопользование – эксплуатация вод в интересах водного транспорта, гидроэнергетики, рыбного хозяйства и т.д.); водопотребление – это использование воды, связанное с ее изъятием из мест локализации с частичным или полным безвозвратным расходом и с возвращением в источники водозабора в измененном состоянии (загрязненном).

С учетом мультимодальности водного комплекса, гигиенические нормативы (ПДКв) нельзя понимать как абсолютные (раз и навсегда установленные) величины, не только по их стохастической природе, но и по разнообразию источников, условий эксплуатации, целевому назначению самой задачи регламентирования. В этой связи, комментируя данные произведенных расчетов, следует напомнить принципиальное для профилактической токсикологии положение, сформулированное Н.В. Лазаревым [24]: «Дозы или концентрации яда, которые могут вызвать тот или иной эффект, разумеется, не являются строго постоянными величинами. Поэтому всякие цифровые данные об этих дозах или концентрациях практически не могут претендовать на что-либо большее, чем указание на порядок величин» (с. 123). Добавим, что это особенно важно при попытках включить в единую систему нормативы, обоснованные с помощью разных оценочных критериев. Речь может идти только об эквивалентных величинах, получение которых (как правило, экспериментально-расчетными методами и математического моделирования) представляет большую ответственность и одну из основных трудностей в построении системы гигиенического нормирования химических веществ в разных средах, отнюдь не дискредитируя, а подтверждая продуктивность системного подхода.

Как подчеркивает Леон Бриллюэн [30], любая научная информация, полученная с помощью экспериментальных либо теоретических (концептуальных, математических) моделей, наряду с «квантами» абсолютной истины несет в себе и элемент неопределенности, обусловленный граничными условиями, методами и другими объективными причинами. Поэтому она характеризует преимущественно тип устанавливаемых ею величин. Как видим, обе позиции, высказанные на основе изучения принципиально разных (физических, математических, медико-биологических) объектов научного исследования, приводят к общему результату – признанию наличия элемента неопределенности во всяком научном знании. Последнее особенно важно учитывать при построении систем [4,5] (в том числе, естественно, и системы гигиенических нормативов в разных средах). Именно

это условие позволяет ставить вопрос о коррекции и пересмотре тех нормативов, которые противоречат использованному принципу и установленным закономерностям функционирования системы. Наряду с оценкой, прогнозированием численных значений ПДК, система позволяет устранять «деформацию ряда», снижая неопределенность и повышая надежность конкретных нормативов, установленных по СТ критерию. Однако, попытки установления эквивалентов для нормативов, обоснованных по другим критериям (Орг и ОС), вселяют оптимизм относительно их интеграции в систему. И в этих случаях разработанная авторами теория системного нормирования распространяется также на оценку качества и необходимую коррекцию действующих нормативов, обоснованных с использованием разных ЛПВ, существенно отклоняющихся от требований системности. Дальнейшее развитие и распространение на них системного подхода, истоки, настоящее и будущее которого органически сопряжены с историей гигиенического нормирования веществ, – предсказуемо перспективное направление. Но, принимая во внимание все сказанное выше, оно никоим образом не может быть сведено к элементарному пересчету одних нормативов на другие. Непременными предпосылками остаются ясность цели и максимально достижимая безупречность токсикологической оценки нормативных величин.

#### Литература

1. Штабський Б.М. Ксенобіотики, гомеостаз і хімічна безпека людини / Б.М. Штабський, М.Р. Гжегоцький. – Львів: Видавничий дім «Наутилус», 1999. – 308 с.
2. Шафран Л.М. Совершенствование методических подходов к гигиенической оценке отвержденных лакокрасочных покрытий, используемых в хозяйственно-питьевом водоснабжении транспортных объектов / Л.М. Шафран, Л.В. Басалаева // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2008. – № 4 (14). – С. 114–126.
3. Gzhegotsky M. R. System approach to the hygienic standards of xenobiotics in different environments / M. R. Gzhegotsky, B. M. Shtabsky, L. M. Shafran // *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2014. – Т. 20. – Nr. 4. – P. 420–425.
4. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие / Ю. П. Сурмин. – К.: МАУП, 2003. – 368 с.
5. Новиков А.М. Методология / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.
6. Обґрунтування гігієнічних нормативів шкідливих речовин у різних середовищах на основі системного підходу / Відповідальні за випуск Б.М. Штабський, М.Р. Гжегоцький, Л.М. Шафран. – Методичні вказівки МВ 1.1.5.-088-02. – К.: МОЗ України, 2002. – 40 с.
7. Медведь Л.И. Пестициды и проблемы здравоохранения / Л.И. Медведь, Ю.С. Каган, Е.И. Спыну // *Журн. Всесоюзного химического общества им. Менделеева*, 1968. – № 3. – С. 263-271.
8. Спыну Е.И. О комплексном действии фосфорорганических пестицидов / Е.И. Спыну, Р.У. Сова, А.В. Болотный // *Гиг. и сан.* – 1975. – № 12. – С. 15-17.
9. Каган Ю.С. Общая токсикология пестицидов / Ю.С. Каган. – К.: Здоров'я, 1981. – 178 с.
10. Гоженко А.И. Физиологические основы оптимального водопотребления / А.И. Гоженко // *Актуальные проблемы транспортной медицины.* – 2008. – № 4 (14). – С. 14 – 20.
11. Гигиеническая оценка водоснабжения и водоотведения Ильичевского порта / Н.Ф. Петренко, Н.И. Голубятников, А.В. Мокиенко [и др.] // *Вода: гигиена и экология.* – 2013. – № 2. – С. 97 – 102.
12. Sustainable transport development in the XXI century begining: hygienic, toxicological and ecological aspects / L.M. Shafran, N.S. Badiuk, E.V. Tretyakova [et al.] // *Actual Problems of Transport Medicine.* – 2015. – № 4 (42) – Т. 2. – P. 8 – 18.
13. Dieter H.H. Toxikologische und hygienischen Trinken Wasser Beurteilung von relevanten und nicht relevanten Metaboliten von Pestiziden in Boden und Trinkwasser / H.H. Dieter // *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* – 2009. – Vol. 52, Nu. 10. – P. 953 – 956.
14. Контроль качества воды с помощью биотестирования / А.Н. Головкин, А.В. Пелищенко, А.В. Наниева [и др.] // *Бюллетень XV чтений им. В.В. Подвысоцкого.* – Одесса, 2016. – С. 63-64.
15. Комунальна гігієна / За ред. Є.Г. Гончарука. – К.: Здоров'я, 2006. – С. 45- 201.
16. Черкинський С.Н. Особенности принципов и методов гигиенического нормирования химических веществ в гигиене воды и санитарной охране водоемов / С.Н. Черкинський // *Научные основы современных методов гигиенического нормирования химических веществ в окружающей среде.* – М.: 1971. – С. 17-25.
17. Трахтенберг И.М. Методы изучения хронического действия химических и биологических загрязнителей / И.М. Трахтенберг, Л.А. Тимофиевская, И.Я. Квятковская / Отв. ред. И.М. Трахтенберг. – Рига: Зинатне, 1987. – 172 с.
18. Штабський Б.М. Теоретическіе основи гігієнічного нормирования химических веществ ускоренными методами // *Проблема пороговости в токсикологии.* – М., 1979. – С. 73 – 91.
19. Гжегоцький М.Р. Проблема диференціації фізіологічних і токсичних реакцій організму на дію ксенобіотиків / М.Р. Гжегоцький // *Acta medica Leopoliensia.* – 1995. – Т. 1, № 1. – С. 93 – 95.
20. Штабський Б.М. Профілактическа токсикология и прикладная физиология: общность проблем и пути решения / Б.М. Штабський, М.Р. Гжегоцький. – Львов: Изд. дом «НАУТИЛУС», 2003. – 312 с.
21. Gzhegotsky M.R. System approach to the hygienic standards of xenobiotics in different environments / M.R. Gzhegotsky, B.M. Shtabsky, L.M. Shafran // *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2014. – Tom 20. – Nr 4. – P. 420 – 425.
22. Саноцкий И.В. Отдаленные последствия влияния химических соединений на организм / И.В. Саноцкий, В.Н. Фоменко. – М.: Медицина, 1979. – 230 с.
23. Красовский Г.Н. Экстраполяция токсикологических данных с животных на человека / Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, Н.А. Егорова. – М.: Медицина, 2009. – 208с.
24. Лазарев Н.В. Общие основы промышленной токсикологии / Н.В. Лазарев. – М.-Л.: Медгиз, 1938. – 388 с.
25. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. Изд. официальное.– М.: Стандартинформ, 2007. – 6 с.

26. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. Изд. официальное. – М.: ИПК Изд. стандартов, 1998. – 70 с.

27. Методические указания по изучению кожно-резорбтивного действия химических соединений при гигиеническом регламентировании их содержания в воде / Г.Н. Красовский, Б.М. Штабский, М.Р. Гжегоцкий [и др.]. Утверждены зам. главного санитарного врача СССР 1 апреля 1981 г. N 2377-81. – М.: Минздрав СССР, 1981. – 13 с.

28. Пономарев А. И. О методах нормирования антропогенных нагрузок на окружающую среду / А. И. Пономарев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4. – №. 1. – С. 577 – 592.

29. Warning agents for fuel gases / A.C. Fieldner, R.R. Sayers, W.P. Yant [et al.]. – New York: American Gas Association, 1931. – 177 p.

30. Бриллиан Л. Научная неопределенность и информация / Л. Бриллиан. – М.: КомКнига, 2006. – 272 с.

УДК 614.777:628.16

## ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ И ПДК КСЕНОБИОТИКОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И ЕЕ ИСТОЧНИКАХ

**Б.М. Штабский\*, М.Р. Гжегоцкий\*,  
Л.М. Шафран\*\*, Н.С. Бадюк\*\***

\*Львовский национальный медицинский университет им. Данилы Галицкого;

\*\*Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта» Министерства здравоохранения Украины, г. Одесса

С целью дальнейшего совершенствования разработанной авторами единой системы гигиенического нормирования химических веществ в одной и разных средах проведен сравнительный анализ 471 предельно допустимых концентрации химических веществ в питьевой воде (ПДКв) и в воздухе рабочей зоны (ПДКр) на основе ранжированных значений ингаляционно-орального коэффициента (Ки/о) и проявления кожно-резорбтивного действия (КДР). Все ПДКр установлены по токсикологическим критериям, тогда как для обоснования ПДКв использованы санитарно-токсикологический (СТ – 205 веществ), органолептический (Орг – 202 вещества) или общесанитарный (ОС – 64 вещества) лимитирующие показатели вредности (ЛПВ). В соответствии с разработанной математической моделью должны значения ПДКв категории СТ связаны с ПДКр условием, что на смертельном уровне для лабораторных животных  $Ki/o = 0,17 \text{ ЛК}_{50}/\text{ЛД}_{50}$ . Проведенные расчеты показали, что в зависимости от использованного ЛПВ соотношение ПДКр/ПДКв укладывается в границы системы в 55,0-77,0% случаях с наибольшим отклонением при использовании Орг показателя (45,0%). Настороженность (с позиций системности) вызывают прежде всего вещества 1-2 классов опасности, особенно в группах ПДКв = ПДКр (15,7%) и ПДКв > ПДКр (15,2%). Не меньшее значение имеет кожно-резорбтивное действие, которое может

обусловить вариант комплексного воздействия, тем более, что с этот показатель фигурирует в 40,5% нормативов, установленных по СТ критерию, в 30,7% – по Орг и в 20,3% – по ОС показателю. Вероятно, именно наличие такого рода свойств (КРД<sup>±</sup>) требует от разработчиков ПДКв большей осторожности, что лежит в основе более низких значений нормативов (полностью укладываются в систему) по отношению к ПДКр и КРД. Таких нормативов, соответственно, в 1,7 и 2,3 раза меньше. В целом проведенные исследования показали, что нормативы типа ПДКв отвечают установленным критериям оценки и могут быть включены в разработанную авторами единую систему. Некоторые вопросы, касающиеся включения в систему нормативов, обоснованных с помощью дополнительных и альтернативных критериев, требуют дальнейшей разработки.

**Ключевые слова:** питьевая вода, нормирование, гигиенические нормативы, ПДКв, системный подход, ПДКрз, сравнительные показатели.

УДК 614.777:628.16

## ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТІ І ГДК КСЕНОБІОТИКІВ У ПИТНІЙ ВОДІ ТА ЇЇ ДЖРЕЛАХ

**Б.М. Штабський\*, М.Р. Гжегоцький\*,  
Л.М. Шафран\*\*, Н.С. Бадюк\*\***

\*Львівський національний медичний університет ім. Данили Галицького;

\*\*Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут медицини транспорту» Міністерства охорони здоров'я України, м. Одеса

З метою подальшого вдосконалення розробленої авторами єдиної системи гігієнічного нормування хімічних речовин в одній та різних середовищах проведено порівняльний аналіз 471 гранично допустимих концентрацій хімічних речовин у питній воді (ПДКв) і в повітрі робочої зони (ПДКр) на основі ранжированих значень інгаляційно-орального коефіцієнта ( $Ki / o$ ) і прояви шкірно-резорбтивної дії (ШРД). Всі ПДКр встановлені за токсикологічними критеріями, тоді як для обґрунтування ПДКв використані санітарно-токсикологічний (СТ – 205 речовин), органолептичний (Орг – 202 речовини) або загальносанітарний (ОС – 64 речовини) лімітуючі показники шкідливості (ЛПВ). Відповідно до розробленої математичної моделі належні значення ПДКв категорії СТ пов'язані з ПДКр умовою, що на смертельному рівні для лабораторних тварин  $Ki/o = 0,17 \text{ ЛК}_{50} / \text{ЛД}_{50}$ . Проведені розрахунки показали, що в залежності від використаного ЛПВ співвідношення ПДКр / ПДКв укладається в межі системи в 55,0-77,0% випадків з найбільшим відхиленням при використанні Орг показника (45,0%). Настороженість (з позицій системності) викликають перш за все речовини 1-2 класів небезпеки, особливо в групах



ПДКв = ПДКр (15,7%) і ПДКв > ПДКр (15,2%). Не менше значення має ШРД, яка може зумовити варіант комплексного впливу на організм, тим більше, що з цей показник фігурує в 40,5% нормативів, встановлених по СТ критерієм, в 30,7% – за Орг і в 20,3% – за ОС показником. Ймовірно, саме наявність такого роду властивостей (ШРД<sup>±</sup>) вимагає від розробників ПДКв більшої обережності, що лежить в основі більш низьких значень нормативів (повністю вкладаються в систему) по відношенню до ПДКр і ШРД. Таких нормативів, відповідно, в 1,7 і 2,3 рази менше. В цілому проведені дослідження показали, що нормативи типу ПДКв відповідають встановленим критеріям оцінки і можуть бути включені в розроблену авторами єдину систему. Деякі питання, що стосуються включення в систему нормативів, обґрунтованих за допомогою додаткових і альтернативних критеріїв, вимагають подальшої розробки.

**Ключові слова:** питна вода, нормування, гігієнічні нормативи, ПДКв, системний підхід, ПДКрз, порівняльні показники.

## THE SYSTEM PRINCIPLE AND MPC OF XENOBIOTICS IN DRINKING WATER AND ITS SOURCES

*B.M. Shtabskiy\*, M.R. Gzhegotskiy\*,  
L.M. Shafran\*\*, N.S. Badyuk\*\**

*\*The Lviv National Medical University named by  
Danila Galitsky, Lviv;*

*\*\* State Enterprise Ukrainian Research Institute for  
Medicine of Transport of the Ministry of Health Care  
of Ukraine, Odessa*

With a view to further improving the authors' uniform system of hygienic regulation of chemicals in the same and different environments comparative analysis of 471 the maximum permissible concentration of chemical substances in drinking water (MPCw) and in the working zone (MPCr), based on the ranked values of inhalation- oral coefficient (K i/o) and the manifestation

of skin-resorptive action (SRA). All MPCr installed on toxicological criteria. MPCw were regulated by sanitary-toxicological (ST – 205 substances), organoleptic (Org – 202 substances) or general sanitary (GS – 64 substances) limiting hazard indicators (LHI). In accordance with the developed mathematical model the MPCw category ST are associated with MPCr by condition that the K i/o level for laboratory animals is:  $K\ i/o = 0.17\ LC_{50} / LD_{50}$ . The calculations have shown that, depending on the LHI ratio, the used MPCr / MPCw fit into the boundaries of the system in 55,0-77,0% cases with the greatest deviation using Org indexes (45.0%). Alertness (from the standpoint of system approach) causes primarily material of 1-2 classes of danger, especially in groups MPCw = MPCr (15.7%) and the MPCw > MPCr (15.2%). Equally important is the skin-resorptive effect, which can cause a variant of the complex effects, the more so since this figure appears in 40.5% of the ratios established by ST criteria, 30.7% – for the Org and 20.3% – by GS indicators. Probably, it is the presence of this kind of properties (SRA<sup>±</sup>) requires greater caution MPCw development that underlies the lower value of the standard (fully fit into the system) in relation to MPCr and SRA. Such ratios were in 1.7 and 2.3 times less, respectively. In general, studies have shown that the type of regulations MPCw meet the established criteria for the evaluation and can be included in a single system developed by the authors. Some aspects related to the inclusion in the standards system the MPCw, grouped on additional and alternative criteria, require of further researches.

**Keywords:** drinking water, rationing, sanitary norms, threshold allowable concentration for water, threshold allowable concentration for workplace air, systematic approach, comparative figures

Впервые поступила в редакцию 15.05.2016 г. Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования.