

ТОКСИКО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДЫ АКВАПАРКА

© 2015 Е.Е. Кубланов

Саратовский государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского

Статья поступила в редакцию 21.11.2015

В статье изложены материалы санитарно-токсикологических исследований влияния водной и воздушной среды аквапарка в эксперименте на организм лабораторных животных (белых крыс). Доказано, что химические токсиканты, содержащиеся в среде аквапарка, оказывают общетоксический и отдаленные эффекты. Полученные токсикологические данные можно экстраполировать с животных на организм человека, использовать для оценки риска здоровью контингентов населения, посещающих аквапарк, и разработки профилактических мероприятий в целях защиты наиболее уязвимых групп: детей, беременных женщин, лиц пожилого возраста.

Ключевые слова: вода, воздух, аквапарк, токсичность, белые крысы

Известно, что санитарно-гигиеническое состояние городской среды и спортивно-оздоровительных объектов во многом определяет качество жизни и здоровье населения города, дает возможность вести комфортный и здоровый образ жизни. Так, как на формирование популяционного здоровья населения оказывает влияние комплекс факторов, расширяющийся в условиях социально-экономических преобразований, ухудшения демографической ситуации, для принятия обоснованных управленческих решений по минимизации ущерба для здоровья необходимо проведение дальнейших исследований по системному анализу и оценке результатов сравнительного анализа рисков от различных источников и факторов вредного воздействия городской среды на человека. По данным ВОЗ питьевая вода является вторым после бедности фактором риска нарушений состояния здоровья человека. Оценка риска воздействия химических веществ с характеристикой их экспозиций, обусловленных загрязнением питьевой воды и воды водоемов, используемых для рекреационных целей (пероральное, а нередко ингаляционное и перкутанное поступление), в связи с трансформацией, миграцией и депонированием вредных веществ, также является сложной и нерешенной гигиенической проблемой [1].

В современных условиях наблюдается довольно интенсивное строительство и эксплуатация объектов спортивно-оздоровительного назначения, в состав которых входят плавательные бассейны и сравнительно новые комплексы – аквапарки, где недостаточно полно и глубоко определены гигиенические требования к их устройству, эксплуатации и качеству воды. Хотя и существуют соответствующие нормативные документы и регламенты, однако практическая деятельность санитарной службы регистрирует

возникновение опасных факторов, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье посетителей и работников этих объектов [5]. В частности, недостаточно изучена гигиеническая значимость проблемы галогенсодержащих соединений (ГСС), образующихся при обеззараживании воды бассейнов хлорсодержащими реагентами [2], а также практически нет данных по оценке опасности фазового перехода ГСС вода-воздух. Более того, отмечается сочтанное действие на посетителей и персонал аквапарка физических (микроклимат, шум, ионизация) и химических факторов.

К настоящему времени одним из наиболее распространенных методов обеззараживания воды остается хлорирование, несмотря на существенный в гигиеническом отношении недостаток – образование токсичных и опасных для здоровья человека ГСС, некоторые из них проявляют канцерогенные свойства [3]. Для дезинфекции воды в плавательных бассейнах и аквапарках используют различные хлорсодержащие агенты. Идентификация состава воды в плавательном бассейне аквапарка (г. Саратов) продемонстрировала опасность присутствия токсичных органических веществ и продуктов трансформации [4]. Так, в воде бассейна обнаружено до 50 веществ. Среди них выявлены предельные, циклические и ароматические углеводороды и их кислород-, галоген-, азот- и серосодержащие производные. До 50% суммарного содержания идентифицированных веществ составили кислородсодержащие вещества, представленные альдегидами, кетонами, карбоновыми кислотами, эфирами, фенолами, фурановыми соединениями. Обнаружено присутствие более 10 галогенсодержащих веществ, составивших более 40% суммарного содержания идентифицированных веществ. В значительных концентрациях выявлены хлороформ, бромдихлорметан, дихлорметан, дихлорацетонитрил, четыреххлористый углерод,

хлорметилбензэтанолламин, ди- и трихлорацетамиды, дихлортрифторэтан, трихлордифторэтан. Отмечено, что нормированные хлороформ, бромдихлорметан, четыреххлористый углерод, дихлорметан присутствовали в концентрациях, превышающих типичные для хлорированной питьевой воды. Летучие хлорсодержащие соединения также идентифицированы в воздушной среде аквапарка. Установлен важный в гигиеническом отношении факт: из широкого спектра соединений, обнаруженных в воде бассейнов и воздухе аквапарка, для 80% веществ гигиенический норматив не разработан, из чего следует, что новые вещества не контролируются и их влияние на здоровье человека остается неучтенным. Таким образом, имеются объективные обстоятельства, в которых особую актуальность приобретает изучение токсических эффектов среды аквапарка на лабораторных животных.

Цель исследования: санитарно-токсикологическая оценка комплексного воздействия химического фактора аквапарка (вода-воздух) на организм лабораторных животных – белых беспородных крыс в подостром эксперименте.

Материалы и методы. Для оценки общетоксического эффекта химического фактора среды аквапарка был поставлен подострый санитарно-токсикологический эксперимент на 60 белых беспородных крысах-самцах со средней массой тела 160-180 г, распределенных в 4 группах по 15 особей в каждой. Первая и вторая экспериментальные группы – с шерстным покровом и стриженные животные – получали сеансы «купания» 5 дней в неделю по 2 часа в течение 2 месяцев в моделированных аггравированных условиях среды аквапарка, третья и четвертая группы – контрольные (с шерстным покровом и стриженные животные) – в обычной дехлорированной водопроводной воде. Температура воды соответствовала 28-30°C. Условия содержания и рацион крыс были стандартными.

Выбор тестов для наблюдения за здоровьем животных осуществлялся с учетом литературных данных о характере токсического действия химических веществ, содержащихся в воде и воздухе аквапарка. Проводились наблюдения за динамикой прироста массы тела животных, их общим состоянием, активностью ферментных систем, белковым составом сыворотки крови, гематологическими показателями, способностью ЦНС суммировать подпороговые импульсы (СПИ) и ЭКГ. Показатели регистрировались на 15-й, 40-й, и 60-й дни опыта; осуществлялся тройной контроль: данные сопоставлялись с показателями фона и двух контрольных групп. В конце эксперимента проводились функциональные нагрузочные пробы: гексеналовая, Квика-Пытеля. Проба Квика-Пытеля является одним из критериев активности антитоксической функции печени. Гексеналовая проба характеризует активность микросомальных ферментов печени как

интегральный тест. Уменьшение длительности гексеналового сна указывает на индукцию, а увеличение – на ингибирование этой ферментной системы.

С целью изучения гонадотоксического эффекта при кожно-резорбтивном, ингаляционном и пероральном (заглатывание воды) поступлении токсических веществ в организм теплокровных животных (белые беспородные крысы-самцы массой ≈ 100 г) в эксперименте также моделировались аггравированные условия среды аквапарка. Эксперимент выполнен на 45 животных, разделенных на 3 группы, по 15 особей в каждой. Первая и вторая экспериментальные группы – с шерстным покровом и стриженные животные – получали сеансы «купания» 5 дней в неделю по 2 часа в течение 2,5 месяцев в моделированных аггравированных условиях среды аквапарка, третья группа – контрольная – в обычной дехлорированной водопроводной воде. Температура воды соответствовала 28-30°C. Условия содержания и рацион крыс были стандартными.

В исследованиях использовали морфологические, морфометрические и функциональные методы оценки гонадотоксического действия среды аквапарка. Эмбриотоксический эффект среды аквапарка изучался на 60 забеременевших от интактных самцов интактных беспородных белых крысах-самках с правильным эстральным циклом, который определяли по цитологической картине влагалищного мазка, с массой тела ≈ 200 г, разделенных на 4 группы по 15 животных в каждой. Оплодотворение регистрировали с помощью метода вагинальных мазков (проэструс-эструс, наличие сперматозоидов), с этого момента проводили опыты с беременными крысами. Первая и вторая экспериментальные группы – с шерстным покровом и стриженные животные – получали сеансы «аквааэробики» ежедневно по 2 часа с 1-го по 20-й день беременности в моделированных аггравированных условиях среды аквапарка, третья группа – контрольная (с шерстным покровом) – в обычной дехлорированной водопроводной воде и четвертая группа (контроль-2) не «купалась», находилась в клетках. Температура воды соответствовала 28-30°C. Условия содержания и рацион крыс были стандартными.

Оценка мутагенного эффекта в исследованиях проводилась цитогенетическим методом анализа хромосомных aberrаций на стадии метафазы в клетках костного мозга крыс. Эксперимент выполнен на 36 животных – крысах самцах массой тела ≈ 200 г, разделенных на 3 группы, по 12 в каждой. Первая и вторая экспериментальные группы – с шерстным покровом и стриженные животные – получали сеансы «купания» ежедневно по 2 часа в течение 30 дней в моделированных аггравированных условиях среды аквапарка, третья группа – контрольная – в обычной

дехлорированной водопроводной воде. Температура воды соответствовала 28-30°C. Условия содержания и рацион крыс были стандартными. От каждой крысы просматривалось по 100 метафазных пластинок. Критерием генетической опасности влияния токсических веществ являлась частота хромосомных aberrаций (одиночные и парные фрагменты, хроматидные и хромосомные обмены).

Моделирование изотоксических условий среды аквапарка контролировалось аналитическими исследованиями проб воды и воздуха методом хромато-масс-спектрометрии, ориентированными на идентификацию с количественной оценкой спектров химических веществ. Исследования проведены в соответствии с методическими материалами: МУ 2.1.5.720-98, МУ №2926-83, МУ №2492-81, МР №2377-81.

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе материалов, полученных в результате подострого санитарно-токсикологического эксперимента по оценке безопасности среды аквапарка (табл. 1), установлено, что общее состояние животных 1-й и 2-й опытных групп существенно отличалось от поведенческих реакций животных в контрольных группах. Крысы уже на 20-й день «купания» были заторможены, а животные, имеющие шерстный покров, неопрятны. Эта симптоматика сохранялась до конца эксперимента. Отмечалось достоверное замедление динамики массы тела подопытных животных к 40-60-ому дням эксперимента.

Количество эритроцитов в крови животных всех групп на протяжении опыта колебалось незначительно, содержание гемоглобина в крови животных всех групп в течение эксперимента достоверно не отличалось от контроля. Изучение активности каталазы свидетельствовало об угнетении окислительных процессов в организме подопытных животных. Каталазный индекс снижался на 40-й день эксперимента на 21,7-28,4% в опытных группах (1-й и 2-й), а на 60-й – на 18,3-24,6%. Существенную роль играли компенсаторные механизмы, однако и в конце опыта изменения оставались статистически достоверными ($P < 0,05$).

Установлено влияние среды аквапарка на белковообразующую функцию печени. Отмечалось существенное изменение соотношения белковых фракций сыворотки крови животных 2-й группы. Уменьшался процентный состав альбуминов и увеличивался α - и γ -глобулинов сыворотки крови. В подостром эксперименте изучалась способность центральной нервной системы крыс суммировать подпороговые импульсы. Исследованиями доказано, что химический фактор среды аквапарка оказывал преимущественно тормозящее действие на ЦНС. Так, на 40-й день опыта значительно снижался суммационно-пороговый показатель у животных 1-й и 2-й

групп (2,43±0,12 в, $P < 0,001$ и 2,58±0,30 в, $P < 0,002$).

Таблица 1. Обобщенные результаты подострого санитарно-токсикологического эксперимента

Показатели	Группы животных (n=15)	
	1 группа	2 группа
общее состояние животных	+	+
динамика массы тела	+	+
эритроциты	-	-
гемоглобин	-	-
каталаза	+	+
СПП	+	+
ЭКГ	+	+
белковый состав сыворотки крови:		
альбумины	+	+
α – глобулины	+	+
β – глобулины	-	-
γ – глобулины	+	+
а/г коэффициент	+	+
содержание витамина С в органах	+	+
коэффициенты массы внутренних органов	-	+
нагрузочные пробы:		
Квика-Пытеля	-	+
гексеналовая	-	+

Примечание: + - достоверное изменение показателя ($p < 0,05$); - отсутствие достоверного изменения показателя ($p > 0,05$)

Изменения на ЭКГ подопытных животных носили довольно однотипный характер: ко времени завершения эксперимента (60-й день) наблюдалось удлинение интервалов PQ и QT, уменьшение высоты зубца R, что свидетельствовало о нарушении проводящей системы сердца, обменных процессов, а также наличии дистрофических изменений в миокарде.

При проведении пробы Квика-Пытеля у животных 2-й опытной группы наблюдалось снижение синтеза и выделение с мочой гиппуровой кислоты в ответ на введение в организм бензойнокислого натрия, что могло свидетельствовать о диффузных поражениях печени. Анализ результатов гексеналовой пробы показал, что время засыпания и длительность гексеналового сна у подопытных животных 2-й группы были значительно больше, нежели в контроле. Эти показатели указывают на функциональные процессы нарушения печени.

По окончании подострого эксперимента животные были умерщвлены методом декапитации. Определялись коэффициенты массы внутренних органов и содержание в них аскорбиновой кислоты. Под влиянием химического фактора среды аквапарка наблюдалось значительное уменьшение уровня витамина С в организме животных 1-й и 2-й опытных групп. Наиболее ярко

эти явления были выражены в надпочечниках, которые, как известно, отличаются высоким содержанием этого витамина. Наблюдались изменения относительной массы внутренних органов. Увеличивался коэффициент массы печени животных 2-й группы, шерсть которых была подстрижена. Отмечались изменения коэффициентов массы почек и надпочечников животных опытных групп (1-й и 2-й). Увеличение относительной массы надпочечников, по-видимому, следует расценивать как проявление состояния неспецифически повышенной сопротивляемости – СНПС.

При изучении сперматогенеза у крыс установлено (табл. 2), что аггравированные условия среды аквапарка в подостром эксперименте после полного цикла сперматогенеза у крыс (2,5 месяца) оказывают влияние на показатели, характеризующие функции гонад: снижение индекса сперматогенеза, количества нормальных сперматогоний и увеличение канальцев со слущенным эпителием, канальцев с 12-й стадией мейоза. Эти изменения, выявленные морфометрически, были обнаружены при наличии изменений функционального состояния сперматозоидов – снижения кислотной резистентности.

Таблица 2. Морфологические и функциональные показатели сперматогенеза у крыс под влияние среды аквапарка

Показатели	Группы животных (n=15)		
	1 группа	2 группа	3 группа (к)
Морфометрические:			
индекс сперматогенеза	2,97±0,09*	2,13±0,07*	3,44±0,03
нормальные сперматогонии	21,4±1,2*	16,5±0,99*	27,8±1,5
канальцы со слущенным эпителием, %	3,28±0,64*	3,97±0,71*	1,56±0,42
канальцы с 12-й стадией мейоза, %	3,27±0,56	3,79±0,88	2,98±0,76
коэффициенты массы семенников, %	0,75±0,12	0,69±0,10	0,72±0,06
Функциональные:			
количество сперматозоидов, млн.	68,7±7,1	66,8±6,5	71,3±8,7
подвижность сперматозоидов, мин.	221,6±13,7	197,6±12,4	216,7±11,5
осмотическая резистентность, %	2,5±0,3	2,3±0,2	2,4 ± 0,1
хлорида натрия			
кислотная резистентность, рН	4,3±0,2*	4,9±0,3*	3,2±0,2
Патологические формы, %	20,0±2,2	24,1±3,1	17,3±2,8

Примечание: * – P<0,05

Беременных самок подвергали эвтаназии на 21-й день беременности, на вскрытии подсчитывали количество желтых тел в яичниках, мест имплантаций в матке и количество живых и погибших плодов. На основании этих данных определяли уровень пред- и постимплантационной смертности зародышей. Для обнаружения аномалий развития внутренних органов плодов использовали метод сагиттальных срезов Вилсон (1965) в модификации А.П. Дыбана (1967); изменения скелетной системы определяли по методу Даусона (1926) (фиксация эмбрионов в 96° спирте и избирательная окраска скелета ализарином красным). В опыте исследовано 502 плода. Анализ эмбрионального материала показал (табл. 3), что увеличение общей смертности плодов за счет гибели в пред- и постимплантационный периоды наблюдалось у животных, получавших сеансы «аквааэробики» - 1-я и 2-я группы (28,5±2,9%, P<0,001 и 33,6±3,6%, P<0,001). Увеличение показателей смертности плодов в контрольной группе по сравнению с 4-ой группой (к2) не было статистически значимым (P>0,05). Также установлено влияние «аквааэробики» на развитие плодов; об этом свидетельствовали анатомические

изменения: меньшие размеры и масса тела, увеличение подкожных геморрагий, единичные случаи уродств (редукция задней части туловища, гидроцефалия, гепатомегалия, «волчья пасть») эмбрионов в опытных группах. Так, в 1-й и 2-й группах наблюдалось уменьшение размера плодов до 27,2±1,3 мм (P<0,02), массы - 2,9±0,19 и 2,7±0,22 г (P<0,05) соответственно. Существенно уменьшались параметры плаценты (размер и масса) в этих же группах (табл. 3). Доказано, что эмбриотоксический эффект «аквааэробики» более выражен у стриженных животных. Наименьший эффект отмечен у интактных животных 4-ой группы (к2).

Повреждения хромосом в клетках костного мозга крыс, подвергшихся воздействию химического фактора аквапарка, в основном были представлены абберациями хроматидного типа с преимущественной локализацией разрывов в терминальных участках. Установлено, что число ядерных нарушений особенно велико у стриженных животных второй группы (2,9±0,37%, p<0,02), а также достоверное увеличение хромосомных аббераций наблюдалось у белых крыс в первой группе (p<0,05).

Таблица 3. Эмбриотоксический эффект водной и воздушной среды аквапарка

Показатели	Группы животных (n=15)			
	1 группа	2 группа	3 группа (к)	4 группа (к2)
плацента: размер, мм	11,8±0,6	11,7±0,4 P<0,05	13,0±0,1	12,8±0,2
масса, г	0,47±0,02 P<0,05	0,45±0,03 P<0,02	0,54±0,04	0,55±0,02
плод: размер, мм	30,1±0,7	27,2±1,3 P<0,02	32,5±0,5	31,3±0,9
масса, г	2,9±0,19 P<0,05	2,7±0,22 P<0,02	3,7±0,20	3,5±0,16
подкожные геморрагии, %	14,5±4,7	23,7±6,3 P<0,01	10,2±4,1	3,8±1,9
эмбриональная смертность, %:				
до имплантации	17,1±2,2 P<0,05	18,9±2,2 P<0,01	9,3±2,4	9,8±1,8
после имплантации	13,8±2,4 P<0,002	19,1±4,4 P<0,01	6,5±3,4	2,3±1,5
общая	28,5±2,9 P<0,001	33,6±3,6 P<0,001	14,4±3,2	12,0±1,2

Выводы: экспериментальные исследования по санитарно-токсикологической оценке качества водной и воздушной среды аквапарка с учетом принципа аггравации в подострых опытах на белых беспородных крысах показали, что химическая контаминация аквапарка оказывает общетоксический и отдаленные эффекты на организм животных. Полученные токсикологические данные можно экстраполировать с животных на организм человека, использовать для оценки риска здоровью контингентов населения, посещающих аквапарк, и разработки профилактических мероприятий в целях защиты наиболее уязвимых групп: детей, беременных женщин, лиц пожилого возраста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Луцевич, И.Н. Гигиеническая оценка трансформации сложных органических веществ, образую-

щихся в результате обеззараживания питьевой воды хлором // Казанский медицинский журнал. 2003. № 2. С. 142-145.

2. Луцевич, И.Н. Гигиеническая оценка органических веществ и продуктов их трансформации, образующихся в процессе водоподготовки. Автореферат диссертации д.м.н. - М., 2005. 36 с.
3. Мальшева, А.Г. Оценка реальной опасности химического воздействия городской среды на здоровье населения / А.Г. Мальшева, Е.Г. Растяникова, А.А. Безубов и др. // Гигиена и санитария. 2007. №6. С. 17-20.
4. Мальшева, А.Г. Трансформация поверхностно-активных веществ при разных способах обеззараживания воды / А.Г. Мальшева, И.Н. Луцевич, Е.Е. Кубланов и др. // Гигиена и санитария. 2008. №2. С. 20-23.
5. Одинцов, Е.Е. Гигиеническая оценка химических средств обеззараживания воды плавательных бассейнов (на примере полиалкилгуанидинов). Автореферат диссертации к.м.н. - М., 2007. 24 с.

TOXICAL AND HYGIENIC ASPECTS OF ESTIMATION THE SAFETY OF AQUAPARK ENVIRONMENT

© 2015 E.E. Kublanov

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovskiy

In article materials of sanitary and toxicological researches of influence of the water and air environment of aquapark in experiment on organism of laboratory animals (white rats) are stated. It is proved that the chemical toxicants, containing in the aquapark environment, render all-toxic and the remote effects. The obtained toxicological data can be extrapolated from animals on a human body, to use for risk assessment to health of the population contingents, visiting an aquapark, and development of preventive actions for protection of the most vulnerable groups: children, pregnant women, elderly people.

Key words: *water, air, aquapark, toxicity, white rats*