

Н.Н.Литвинов, Ю.Н.Остапенко, В.И.Казачков, З.П.Григоревская

ПРОБЛЕМА ОСТРЫХ ИНГАЛЯЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ХЛОРА ПРИ ВОЗМОЖНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ АВАРИЯХ

Информационно-консультативный токсикологический центр МЗ РФ

ACUTE EFFECTS OF CHLORINE INHALED IN CHEMICAL INDUSTRIAL ACCIDENTS

N.N.Litvinov, Y.N.Ostapenko, V.I.Kazachkov, Z.P.Grigorevskaya

Summary

This study introduces pioneer evaluation methods of acute toxic effects of chlorine proceeding from a comparison of clinical toxicological characteristics of many forms of bad chlorine poisonings with estimated chlorine concentration in the air.

Резюме

Разработаны новые методические подходы к оценке острой токсичности хлора при возможном аварийном выбросе, которые базируются на сопоставлении данных клинико-токсикологической характеристики различных форм острых отравлений хлором с расчетными концентрациями хлора в воздухе.

В последние годы возрастает риск техногенных химических аварий и возникновения связанных с ними чрезвычайных ситуаций, что является побочным неблагоприятным эффектом тотальной химизации всех сфер жизнедеятельности современного человеческого общества. Проблема неизмеримо усложняется в результате стремительного технического и морального старения химически опасных технологий и нехватки для их модернизации или замены необходимых финансовых возможностей во многих странах, включая Россию и страны СНГ.

В итоге такие технологии представляют собой потенциальную, а во многих случаях реальную опасность как для жизни и здоровья людей, так и нормального функционирования экосистем окружающей среды и течения биосферных процессов на региональном и глобальном уровнях. В большинстве развитых и развивающихся стран мирового сообщества, а также государств с переходной экономикой эта опасность в первую очередь касается населения мегаполисов и крупных промышленных центров в связи с объективной тенденцией к концентрации в них подавляющего количества человеческих ресурсов и основного индустриального потенциала. Основным путем воздействия потенциально опасных промышленных веществ на население является ингаляционный.

По данным Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, аммиак и хлор определяют соответственно 50 и 35% химической опасности российского промышленного комплекса [1]. Ранее мы уже рассмотрели проблему острых ингаляционных воздействий аммиака при воз-

можных техногенных промышленных авариях [8—11]. Учитывая, что хлор в 10 раз более токсичен, чем аммиак, представляется актуальным провести клинико-токсикологическую оценку острых ингаляционных воздействий хлора как важной составной части системы мер по профилактике и ликвидации потенциальных чрезвычайных ситуаций.

Цель нашей работы заключается в том, чтобы обратить внимание клиницистов различного профиля, прежде всего пульмонологов и клинических токсикологов, на необходимость быть готовыми к оказанию медицинской помощи значительным контингентам городского населения в случае возникновения техногенных аварийных ситуаций.

Мировой опыт ликвидации техногенных химических чрезвычайных ситуаций, а также прогнозирования их потенциального риска для здоровья и жизнедеятельности человеческих популяций свидетельствует об исключительной сложности и непредсказуемости возникающих последствий. Тем не менее, на основе этого опыта мы разработали классификацию возможных химических чрезвычайных ситуаций в результате техногенных аварий.

Эта классификация включает в себя пять классов и имеет чисто практическую направленность на оптимальное решение повседневных задач службы экстренной медицинской помощи Минздрава России, органов управления здравоохранением крупных городов, а также Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и заинтересованных организаций любого другого ведомственного подчинения. Согласно этой классификации,

Характеристика различных степеней отравления хлором

Предел токсичности, г/м ³	Степень тяжести отравления	Симптомокомплекс
0,002—0,012	Легкая степень	Сознание не нарушено. Первичная рефлекторная реакция на интоксикацию выражена слабо или вовсе отсутствует. Жалобы на першение в горле, симптомы острого ринита, конъюнктивита (покраснение конъюнктивы, резь в глазах, слезотечение). При своевременном удалении пострадавшего из очага и лечении симптомы исчезают в течение 24—48 часов.
0,013—0,09	Средней тяжести	Сознание сохраняется. Жалобы на головную боль, сухой лающий ("хлорный") кашель, могут отмечаться за грудиные боли, жжение и резь в глазах, слезотечение. Клиническая картина: дыхание учащено, могут быть осиплость голоса, беспокойство, головная боль, головокружение, обморочные состояния, временная потеря сознания, тошнота, рвота, боли в эпигастрии. Аускультативно: рассеянные сухие хрипы в легких. Отмечается гипотермия, отечность слизистой зева. При своевременном лечении симптомы исчезают в течение 7—15 дней.
0,1—0,5	Тяжелая (смертельная)	После периода ремиссии, который может продолжаться от 2—3 до 8 и более часов и характеризуется тем, что стихает кашель и больной успокаивается, нарастают явления токсического отека легких. Усиливается одышка до 60 в минуту, интенсивно нарастают сухие и влажные хрипы, пенное отделяемое из дыхательных путей. Развивается цианоз. Дыхательные нарушения протекают на фоне тахикардии, снижения артериального давления. Кровь становится темной, густой, быстро свертывается. Смерть наступает при явлениях сердечно-легочной недостаточности.
0,51—1,2 и выше	Крайне тяжелая (молниеносная)	В крайне тяжелых (смертельных) случаях отравления появляются клонические сокращения мышц грудной клетки и стойкий рефлекторный ларингоспазм. Наблюдается выраженный цианоз, экзофтальм, потеря сознания, резкое вздутие вен на лице и шее, конвульсивные движения рук и ног, непроизвольные мочеиспускание и дефекация. Пострадавший погибает в течение нескольких минут при явлениях быстро нарастающего удушья, остановки дыхания и сердечной деятельности либо практически мгновенно вследствие рефлекторной остановки дыхания и сердечной деятельности.

чрезвычайные ситуации, которые могут возникать в результате аварийных выбросов хлора, относятся к первым двум классам.

1. Аварийные ситуации, возникающие в результате аварийных выбросов в окружающую среду высокотоксичных промышленных химических веществ, главным образом в виде испаряющегося сжиженного газа или летучих жидкостей. Производственный персонал, помимо химических, часто подвергается действию физических факторов, а городское население — воздействию ядовитых парообразных облаков веществ легче воздуха или паров веществ тяжелее воздуха, которые распространяются по поверхности земли, скапливаются в низинах и т.д.

2. Чрезвычайные ситуации, связанные с авариями при эксплуатации газо-, нефте-, аммиако- и других продуктопроводов и транспортировке химических, прежде всего жидких, веществ. Можно выделить два основных варианта таких чрезвычайных ситуаций:

- массивное одномоментное поступление опасных химических веществ в окружающую среду;
- постепенное поступление опасных химических веществ с трудноучитываемым началом аварии; ее токсическими и экологическими последствиями.

Первоочередной опасности при таких химических воздействиях подвергаются аварийные бригады, не

имеющие специального защитного снаряжения, а также население прилегающих к месту аварии селитебных районов.

Клинико-токсикологическая оценка хлора основывалась на библиографических данных, фактическом опыте ряде отечественных центров лечения острых отравлений, описывающих:

- физико-химические свойства и поведение в окружающей среде;
- пути поступления, распределения, метаболизма и выведения из организма;
- пределы токсичности;
- механизм действия и патогенез отравлений;
- клинику отравлений;
- клиническую и токсиметрическую оценку отравлений;
- неотложную помощь и другие характеристики.

При этом были использованы: компьютерная монография "ХЛОР" компьютерной информационно-поисковой токсикологической системы (КИПТС) "POISON"¹; критерий — документ № 21 "Хлор и хлористый водород" Международной программы ЮНЕП/МОТ/ВОЗ по безопасности химических веществ²; базы данных Международного регистра потенциально токсичных химических веществ ЮНЕП и Российского регистра потен-

¹ КИПТС "POISON" разработана ИКТЦ МЗ РФ, сертификат № 180 от 27.12.95 [6].

Переносимость человеком различных концентраций газообразного хлора в зависимости от времени воздействия

Концентрации в воздушной среде, г/м ³	Время воздействия, мин	Наблюдаемый эффект
0,001—0,006	Нет данных	Раздражение дыхательных путей
0,012	5—10	Переносится с трудом
0,1—0,2	30	Опасны для жизни
0,5	15	Смертельная
2,9	Мгновенно	Смертельная

циально токсичных химических веществ, другие отечественные и зарубежные литературные источники [2—5,7,12—15].

Как известно, по механизму действия хлор относится к веществам с преимущественно удушающим действием. В клинической практике различают четыре степени тяжести острого отравления хлором: легкая, средней тяжести, тяжелая (смертельная), крайне тяжелая (молниеносная).

Далее приводится разработанная нами на основе литературных данных [5,10—15] и их сопоставления с расчетными данными сотрудничающей с нами Ассоциацией “Содействие защите населения” клинко-токсикологическая характеристика острого ингаляционного воздействия хлора на основе зависимости “концентрация—эффект” (табл.1).

Учитывались также систематизированные нами многочисленные литературные данные по переносимости человеком различных концентраций хлора в зависимости от длительности воздействия, приведенные в табл.2.

Как самостоятельная форма рассматривается хроническое отравление хлором. При хроническом воздействии низких концентраций хлора в условиях производства у персонала наблюдаются атрофические катары верхних дыхательных путей, хронические бронхиты, иногда астмоидного характера. Отмечается склонность к пневмониям, развитие токсического пневмосклероза. Эта патология сопровождается диспепсическими явлениями: отсутствием аппетита, приступами тошноты, хроническими катарами желудка и кишок, гингивитами и стоматитами. Характерны прогрессирующее похудание, малокровие, головные боли, головокружение, бессонница. Наблюдаются также изменения со стороны кожных покровов: экземы, дерматиты, пиодермия. Патогномичным признаком таких отравлений являются хлорные угри.

По данным Ассоциации “Содействие защите населения”², при гипотетической аварии на производстве, использующем в технологическом процессе газообразный хлор, или при аварии железнодорожной цистерны с хлором, сопровождающейся излитием сжиженного хло-

ра массой 30 т, при температуре внешней среды 20°C и скорости ветра 1 м/сек ожидаются его значительные концентрации, которые приводят к клинко-токсикологической ситуации, оценка которой на основе зависимости “концентрация—эффект” дана в табл.3.

Как видно из табл.3, по мере удаления от места выброса хлора и увеличения времени от момента возможного события степень тяжести отравления уменьшается от смертельной до легкой. Так, за 51 мин от момента аварии воздействию смертельных концентраций хлора будет подвергнуто население, находящееся на расстоянии 6000 м на оси следа выброса токсичного вещества. Концентрации, вызывающие тяжелую степень отравления, будут регистрироваться на расстоянии от 7000 до 10 000 м через 58 мин и 1 час 19 мин соответственно. Среднетяжелая степень отравления будет наблюдаться у населения на расстоянии 15 000 — 40 000 м в интервале времени 1 ч. 52 мин. — 4 ч 20 мин и лишь на расстоянии 50 000 м через 5 ч 13 мин при отсутствии каких-либо мероприятий по эвакуации людей из опасной зоны будут регистрироваться концентрации, вызывающие легкую степень отравления.

Приведенные в табл.3 данные отчетливо показывают, в какие сроки, на каком расстоянии от центра аварии и в каких масштабах должны проводиться мероприятия по оказанию медицинской помощи пострадавшим, а также эвакуационные работы для предотвращения возможности отравления населения, находящегося на значительном расстоянии от места аварии.

Необходимо иметь в виду, что аварийные очаги аммиака и хлора относятся к нестойким и быстродействующим. Однако если аммиак, будучи легче воздуха, распространяется в атмосфере, то пары хлора будут скапливаться преимущественно в нижних этажах зданий, подвалах, низинах, оврагах.

Представляется очевидным, что при отсутствии средств индивидуальной защиты уже в первые 5 минут можно ожидать 100% гибель работающих на промышленной площадке и не имеющих средств защиты людей, находящихся на оси следа выброса газообразного хлора.

Если принять, что при самом оптимальном стечении обстоятельств минимальные сроки, необходимые для начала оказания на месте аварии медицинской помощи населению, составят 20—30 мин, то к этому периоду времени смертельные концентрации будут регистрироваться уже на расстоянии 3000 м от места события и захватят большие контингенты населения жилых районов.

В связи с относительно большой скоростью распространения облака хлора даже при скорости ветра 1 м/с смертельные его концентрации достигнут 6000 м ориентировочно через 51 минуту с момента аварии. При таких условиях единственным путем спасения максимального числа человеческих жизней становится скорейшее оповещение населения о случившейся аварии с целью эвакуации их в зоны, не доступные для воздействия высоких концентраций токсичного вещества.

2

Ассоциация “Содействие защите населения” является активным участником программы “Безопасность Москвы” Правительства Москвы”.

Клинико-токсикологическая характеристика аварийного газообразного выброса хлора массой 30 тонн. Динамика концентраций хлора на оси следа выброса

Расстояние, м	Время, мин												
	2	5	6	7	8	11	15	20	23	28	32	36	
50	4,038 мгн												
100	11,828 мгн												
150	182,214 мгн												
200	0,644 мгн												
250	0	1,176 мгн											
300	0	1,004 мгн											
350	0	33,839 мгн											
400	0	29,004 мгн											
450	0	0	35,778 мгн										
500	0	0	15,987 мгн										
600	0	0	0	14,667 мгн									
750	0	0	0	0	8,733 мгн								
1000	0	0	0	0	0	6,627 мгн							
1500	0	0	0	0	0	0	7,408 мгн						
2000	0	0	0	0	0	0	0	3,0 мгн					
2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0,568 мгн				
3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,108 мгн			
3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,615 мгн		
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,861 мгн	

Принципы оказания медицинской помощи

Первая медицинская помощь в очаге поражения осуществляется в порядке само- и взаимопомощи, спасателями и заключается в защите дыхательных путей, глаз от токсичного вещества, для чего необходимо промыть глаза и обмыть лицо водой, надеть противогаз или защитную маску. Открытые участки кожи обильно обмываются водой с мылом; пострадавших немедленно выносят из очага на носилках. Обязательными условиями являются предупреждение охлаждения и физического напряжения.

По выходе из зараженной зоны медицинская помощь оказывается в местах сбора пораженных. Прежде всего необходимо снять противогаз, освободить от стесняющей дыхание одежды, обмыть пораженные участки кожи водой с мылом или мыльным раствором, согреть пострадавшего. При болях в глазах закапать 2% раствор новокаина или 0,5% раствор дикаина, в дальнейшем 30% раствор сульфацила натрия. При раздражении дыхательных путей (кашель, першение в горле) — теплое питье, лучше молоко с питьевой содой. При необходимости оказывается врачебная помощь.

Врачебная помощь должна осуществляться сразу же после выноса пострадавшего из очага заражения. Объем медицинской помощи зависит от условий ее проведения — место сбора пораженных, бригада скорой помощи, больница общего типа или специализированный токсикологический центр. При этом выделяется первая врачебная, квалифицированная, специ-

ализированная помощь. Очень важно, чтобы на всех этапах медицинская помощь проводилась в соответствии с патогенезом данного отравления и базировалась на общепринятых методах неотложной помощи при острых отравлениях вообще и ядами раздражающего действия в частности.

Следует заметить, что антидота при данном отравлении нет, а основное значение имеют профилактика и лечение поражения органов дыхания — токсического трахеобронхита, отека легких в токсикогенной, пневмонии — в соматогенной фазе. Основой в данном случае является терапия кортикостероидами парентерально, при этом суточная доза гидрокортизона может достигать 5000 мг, преднизолон 500 мг на период течения токсического отека легких; показана также ингаляция гидрокортизона по 125 мг 4—6 раз в сутки. Помимо кортикостероидов вводятся антигистаминные и десенсибилизирующие медикаменты, аскорбиновая кислота, антиоксидантные препараты (масляный 30% раствор витамина E).

При выраженном отеке легких, сопровождающемся обильным выделением секрета, показано применение пеногасителя (антифомсилан), а в случаях прогрессирующей дыхательной недостаточности при выраженной гипоксии методом выбора может явиться искусственная вентиляция легких с применением ПДКВ. В случае сочетания токсического отека легких с признаками острой левожелудочковой недостаточности определенный эффект может принести применение кардиотонических препаратов, диуретиков, наложение жгутов

Клинико-токсикологическая характеристика аварийного газообразного выброса хлора массой 30 тонн. Динамика концентраций хлора на оси следа выброса (продолжение)

Расстояние, м	Время, мин											
	36	43	51	58	65	79	112	143	174	203	260	313
4000	0,861 мгн											
5000	0	0,809 мгн										
6000	0	0	0,574 мгн									
7000	0	0	0	0,414 тяж								
8000	0	0	0	0	0,324 тяж							
10 000	0	0	0	0	0	0,208 тяж						
15 000	0	0	0	0	0	0	0,092 ср					
20 000	0	0	0	0	0	0	0	0,045 ср				
25 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031 ср			
30 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02 ср		
40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,013 ср	
50 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004 лег

на конечности, однако самостоятельного значения эта терапия не имеет.

Тяжелые отравления хлором сопровождаются, как правило, экзотоксическим шоком. Поэтому при проведении мероприятий интенсивной терапии необходимо проводить противошоковое лечение (реополиглюкин, полиглюкин, гемодез в сочетании с препаратами, улучшающими микроциркуляцию) под контролем таких показателей как ЦВД, гематокрит, параметры центральной гемодинамики.

Симптоматическая терапия направлена на уменьшение субъективных ощущений, связанных с поражением слизистой оболочки дыхательных путей: введение обезболивающих, противокашлевых, бронхолитических препаратов, при возбуждении вследствие гипоксии или стрессовой реакции (при массовых отравлениях) вводятся седативные препараты, транквилизаторы. В соматогенной фазе отравления основное внимание должно быть направлено на лечение трахеобронхита, пневмонии, являющихся характерными осложнениями отравления хлором. Это — раннее применение антибиотиков и других антибактериальных средств, витаминотерапия, иммуностимулирующие медикаменты или физиотерапия (ультрафиолетовое облучение крови).

Следует очень осторожно относиться к ингаляции чистого кислорода в токсикогенной фазе отравления, поскольку кислород, будучи сильным окислителем, как и хлор, отрицательно влияет на состояние легочного эпителия. Субъективно это ведет к усилению кашля, ощущения удушья у пострадавших.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. — М., 1995.

2. Жамгоцев Г.Г., Предтеченский М.Б. Медицинская помощь пораженным СДЯВ. — М., Медицина, 1993.
3. Измеров Н.Ф., Саноцкий И.В., Сидоров К.К. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии. — М.: Медицина, 1977.
4. Избранные вопросы медицинских катастроф. — М. 1994.
5. Ильяшенко К.К., Гольдфарб Ю.С. Характеристика массовых отравлений хлором и окислами азота // Медицина катастроф — часть медико-социальной защиты населения от стихийных бедствий и технологических катастроф. — М., 1989. — С.92—95.
6. Казачков В.И., Литвинов Н.Н. Что такое информационно-поисковая токсикологическая система "POISON"? // Токсикол. вестн. — 1994. — № 6. — С.36—37.
7. Лазарев Н.В. Вредные вещества в промышленности. — Л.: Химия, 1977. — С. 90—91.
8. Литвинов Н.Н., Казачков В.И., Григорьевская З.П., Гасимова З.М., Кусакина И.А. Проблема острых ингаляционных воздействий аммиака при промышленных авариях // Пульмонология. — 1995. — № 2. — С.68—72.
9. Литвинов Н.Н., Григорьевская З.П., Казачков В.И. Клинико-токсикологическая оценка острого ингаляционного воздействия аммиака при возможном аварийном выбросе // Токсикол. вестн. — 1996. — № 6. — С. 27—30.
10. Литвинов Н.Н., Григорьевская З.П., Казачков В.И. Клинико-токсикологическая оценка острых воздействий СДЯВ // Всероссийская конф. "Фундаментальные и прикладные проблемы современной военной токсикологии", 6-я: Тезисы. — СПб., 1996. — С.61—62.
11. Литвинов Н.Н., Остапенко Ю.Н., Казачков В.И., Григорьевская З.П. Клинико-токсикологическая оценка острых воздействий опасных химических веществ // Медицина катастроф. — 1997 (в печати).
12. Лудевиг Р., Лос К. Острые отравления: Пер. с нем. — М., Медицина, 1983.
13. Могош Г. Острые отравления. — Бухарест: Мед. изд-во, 1984. — С.434—437.
14. Малышев В.П., Бурдаков Н.И., Елюхин А.Н., Голощанов Ю.Н., Нехорошев С.Н. Определение объема экстренной медицинской помощи при авариях с токсическим выбросом // Актуальные вопросы медицины катастроф. — М., 1990. — С.117—120.
15. Chlorine and Hydrogen Chloride. Environmental Health Criteria № 21. World Health Organization. — Geneva, 1982.

Поступила 09.07.97.