

УДК 599.323.45:[546.221.1:537.87]

## ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕРОВОДОРОДА НА ЖИВОТНЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

С.М. Рогачева<sup>1,2</sup>, С.А. Денисова<sup>2</sup>, А.В. Шантроха<sup>1</sup>,  
А.Ю. Сомов<sup>1</sup>, П.Е. Кузнецов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83*

<sup>2</sup> *Саратовский военный институт биологической и химической безопасности  
Россия, 410010, Саратов, просп. 50 лет Октября, 5*

Поступила в редакцию 14.12.07 г.

**Динамика эколого-токсикологического воздействия сероводорода на животных под влиянием электромагнитного излучения крайне высоких частот.** – Рогачева С.М., Денисова С.А., Шантроха А.В., Сомов А.Ю., Кузнецов П.Е. – Исследовалось эколого-токсикологическое воздействие сероводорода на животных под влиянием электромагнитного излучения. Установлено, что летальная доза облученного газа для лабораторных крыс увеличивается в 1.7 – 1.9 раз. При этом выявлено, что на снижение токсичности сероводорода влияют параметры излучения. Наибольший эффект обнаружен при воздействии излучения на частотах 167 и 303 ГГц с плотностью потока энергии 6 и 240 мкВт/см<sup>2</sup> соответственно.

*Ключевые слова:* лабораторные животные, сероводород, электромагнитное излучение, летальная концентрация.

**Dynamics of ecologo-toxicological influence of hydrogen sulfide on animals under EHF electromagnetic radiation.** – Rogacheva S.M., Denisova S.A., Shantrokha A.V., Somov A.Yu., Kuznetsov P.E. – The ecologo-toxicological influence of hydrogen sulfide upon animals under the action of electromagnetic radiation was studied. The lethal dose of irradiated gas for laboratory rats was found to increase by 1.7 – 1.9 times. The toxicity reduction of hydrogen sulfide is influenced by the parameters of radiation. The maximum effect was rendered by radiation with frequencies of 167 and 303 GHz and energy flux densities of 6 and 240  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , respectively.

*Key words:* laboratory animals, hydrogen sulfide, electromagnetic radiation, lethal concentration.

В большинстве регионов России в настоящее время наблюдается ухудшение экологической обстановки, продолжается деградация природной среды, а неблагоприятные изменения социальной структуры общества приводят к негативным демографическим изменениям и сокращению продолжительности жизни человека. По условиям концентрации вредных производств на душу населения, их технической мощности и неблагоприятному эколого-техническому состоянию территория Нижнего Поволжья относится к категории неблагоприятных (Завьялов и др., 2006; Галкина, Шляхтин, 2007). Одной из актуальных современных экологических задач региона является защита окружающей среды от сероводородного загрязнения.

Сероводород встречается как в производственных, так и природных условиях: в местах естественного выхода газов, серных минеральных вод, в глубоких колодцах и ямах, где имеются гниющие органические вещества, содержащие серу. Этот

раздражающий и удушающий газ вызывает поражения нервной системы, дыхательных путей и глаз, в высоких дозах блокирует тканевое дыхание. Среднелетальные концентрации сероводорода для человека и крыс при ингаляционном введении примерно одинаковы и составляют 1000 – 1400 мг/м<sup>3</sup> (Филов, 1989; Berge et al., 1986).

В настоящем сообщении представлены данные по возможности снижения токсичности сероводорода путем воздействия на него излучения крайне высоких частот (КВЧ) низкой интенсивности. КВЧ излучение охватывает частотный диапазон 30 – 300 ГГц. Известно, что ЭМИ КВЧ низкой интенсивности оказывает значительное влияние на биологические системы разных уровней организации, в проявлении биоэффектов важную роль играет вода (Бецкий и др., 2004). Поскольку в КВЧ диапазоне находятся вращательные спектры не только воды, но и некоторых низкомолекулярных, в том числе токсичных газов (H<sub>2</sub>S, NO, N<sub>2</sub>O) (Бецкий и др., 2005), можно ожидать, что действие излучения определенных частот данного диапазона на газы приведет к изменению их свойств и токсичности.

Сероводород получали реакцией порошкообразной серы с парафином при температуре 170°C (Некрасов, 1973). Сероводород облучали с помощью монохроматического автоматизированного спектрометра субмиллиметрового диапазона МАСС-2М на частотах 167 и 303 ГГц. Плотность потока энергии (ППЭ) при облучении на частоте 167 ГГц составляла 6 мкВт/см<sup>2</sup>, на частоте 303 ГГц – 6 и 240 мкВт/см<sup>2</sup>. Время облучения – 90 мин. Влияние ЭМИ на свойства газа оценивали методом определения острой токсичности на белых беспородных крысах. Для проведения токсикологических исследований подготовлен затравочный стенд, который включал в себя узел генерирования газообразного сероводорода, герметичный бокс (объем 22 л), выполненный из органического стекла, узел поглощения, состоящий из поглотительного фильтра (на основе активированного угля) и барботера. Затравочная камера снабжена встроенным вентилятором, позволяющим практически мгновенно выравнять концентрацию сероводорода по всему ее объему.

Группы белых беспородных крыс (4 – 6 шт.) подвергались затравке необлученным и предварительно облученным сероводородом в течение 15 мин. Результаты обработаны методом пробит-анализа (Finney, 1980). Для определения концентрации сероводорода в затравочной камере газ поглощали раствором гидроксида натрия и измеряли содержание образовавшихся сульфид-анионов с помощью сульфидсеребряного промышленного электрода ЭСС-01 и рН-метра-милливольтметра.

Проведена серия экспериментов по определению токсичности сероводорода, подвергнутого воздействию ЭМИ низкой интенсивности на частотах резонансного поглощения газа 167 и 303 ГГц. Результаты затравок белых крыс сведены в табл. 1, из которой видно, что облучение сероводорода приводит к значительному уменьшению его токсичности.

Методом пробит-анализа установлены летальные концентрации сероводорода до и после воздействия ЭМИ. Из табл. 2 видно, что LC<sub>50</sub> газа после облучения увеличивается в 1.7 – 1.9 раз. Максимальное уменьшение токсичности газа наблюдается при воздействии излучения на частотах 167 и 303 ГГц с ППЭ 6 и 240 мкВт/см<sup>2</sup>

## ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

соответственно. Снижение ППЭ излучения на частоте 303 ГГц приводит к уменьшению эффективности воздействия ЭМИ на сероводород, что не противоречит законам распространения электромагнитных волн в воздушных средах.

**Таблица 1**

Смертность крыс в зависимости от концентрации сероводорода  
и параметров облучения газа, %

Концентрация H <sub>2</sub> S, мг/м <sup>3</sup>	Смертность крыс			
	Без облучения	Параметры излучения, частота (ГГц) / ППЭ (мкВт/см <sup>2</sup> )		
		167/6	303/240	303/6
940	0	0	0	0
1260	43	0	0	0
1580	90	0	0	0
1900	100	0	0	10
2220	100	25	16.6	50
2540	100	50	50	100
2860	100	100	100	100
3180	100	100	100	100
3500	100	100	100	100

Чтобы исключить возможность утечки газа из затравочной камеры, концентрация сероводорода измерялась в начале эксперимента и после его окончания (через 15 мин). Отмечалось, что в камере без животных содержание сероводорода в течение эксперимента не изменяется. При нахождении в камере 6 животных концентрация газа через 15 мин уменьшается более чем в 3 раза по сравнению с начальной. Известно, что пробы воздуха, содержащие H<sub>2</sub>S, стабильны в течение 18 – 72 ч (Berge et al., 1986), т.е. изменение концентрации сероводорода в камере может быть связано только с наличием животных, а не с его утечкой.

В чем причина уменьшения токсического воздействия сероводорода, облученного волнами с частотами собственного резонансного поглощения газа? На наш взгляд, причин может

быть несколько. Во-первых, в газовых пробах могут присутствовать пары воды, а вода под действием ЭМИ КВЧ изменяет свою структуру и сохраняет эти изменения в течение длительного

времени (эффект «памяти» воды) – это может оказывать влияние на живой организм (Бецкий и др., 2004). Во-вторых, под действием излучения возможны химические превращения сероводорода с образованием менее токсичных продуктов. Проверка данных гипотез требует проведения дополнительных исследований, в частности физико-химического анализа генерируемого сероводорода до и после облучения.

**Таблица 2**

Результаты оценки токсичности облученного  
и необлученного сероводорода

Параметры излучения		LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> , за 15 мин
частота, ГГц	ППЭ, мкВт/см <sup>2</sup>	
Без облучения		1303 (1105 – 1501)
167	6	2466 (2241 – 2690)
303	6	2199 (2035 – 2362)
303	240	2465 (2241 – 2689)

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н.* Миллиметровые волны и живые системы. М.: Сайнс-пресс, 2004. 272 с.

*Бецкий О.В., Киричук В.Ф., Креницкий А.П., Лебедева Н.Н., Майбородин А.В., Тупикин В.Д., Шуб Г.М.* Терагерцовые волны и их применение // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2005. Вып. 8. С. 40 – 48.

*Галкина Н.В., Шляхтин Г.В.* Теоретические основы разработки и внедрения системы биологического мониторинга на Балаковской атомной электростанции при строительстве и эксплуатации новых энергоблоков // Поволж. экол. журн. 2007. № 1. С. 62 – 66.

*Завьялов Е.В., Шляхтин Г.В., Аникин В.В., Табачишин В.Г., Якушев Н.Н.* Мониторинг антропогенного воздействия, стратегия выявления и сохранения редких и исчезающих животных Саратовской области // Поволж. экол. журн. 2006. Вып. спец. С. 29 – 40.

*Некрасов Б.В.* Основы общей химии. М.: Химия, 1973. Т. 1. 312 с.

*Филов В.А.* Вредные химические вещества. Неорганические соединения V – VIII групп: Справочник. Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1989. С. 192 – 201.

*Berge W.F., Zwart A., Appelman L.M.* Concentration-time mortality response relationship of irritant and systematically acting vapours and gases // J. Haz. Mat. 1986. Vol. 13. P. 301 – 309.

*Finney D.J.* Probit analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. 333 p.