رعایت ایمنی در شبکه های توزیع برق (قسمت دوم)

حریم در شبکه های هوایی

حریم شبکه به دو نوار در طرفین مسیر خط گفته می‌شود که عرض آن از طرف وزارت نیرو تعیین می‌گردد.

حریم درجه یک:

فاصله دو نوار در سطح افقی در طرفین مسیر خط و متصل به آن می‌باشد که عرض هر یک از آنها در شکل زیر ذکر شده است.

در مسیر و حریم درجه یک اقدام به هرگونه عملیات ساختمانی و ایجاد تاسیسات مسکونی و تاسیسات دامداری یا باغ و درختکاری و انبارداری تا هر ارتفاع ممنوع می باشد و فقط ایجاد زراعت فصلی و سطحی و حفر چاه و قنوات و راهسازی و شبکه آبیاری مشروط بر اینکه سبب ایجاد خسارت برای تأسیسات خطوط انتقال نگردد، مجاز است.

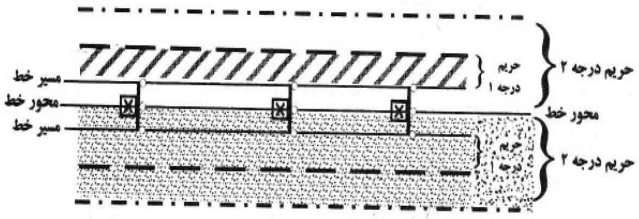
حریم درجه دو:

دو نوار در طرفین حریم درجه یک و متصل به آن. فواصل افقی حد خارجی حریم درجه دو از محور خط در هر طرف در ذیل آمده است.

در مسیر حریم درجه دو: فقط ایجاد تأسیسات ساختمانی اعم از مسکونی و صنعتی و مخازن سوخت تا هر ارتفاع ممنوع می باشد.

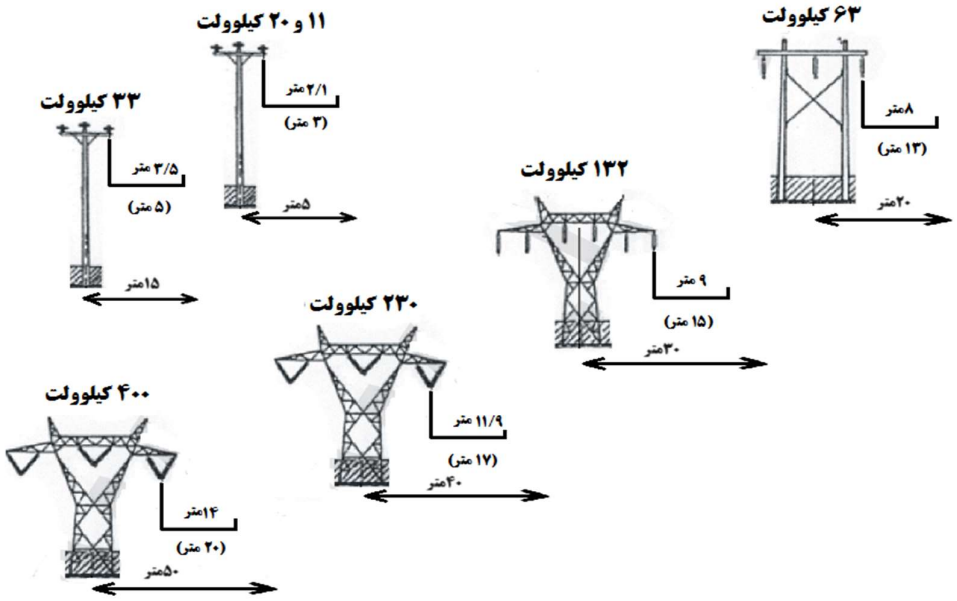
هیئت وزیران در جلسه ۱۳۹۴/۰۱/۳۰ حریم خطوط هوائی انتقال و توزیع نیروی برق را به شرح زیر تصویب و طی نامه ۱۱/۶۰۹-۱۳۹۴/۰۲/۱۵ به شرکت‌های برق ابلاغ نمود:

- حریم خطوط فشارضعیف هوائی (کمتر از ۱۰۰۰ولت) ۱,۳متر
- حریم خطوط فشارمتوسط هوائی (۱۱ و ۲۰کیلوولت) ۲,۱متر
- حریم خطوط فشارمتوسط هوائی (۳۳کیلوولت) ۳,۵متر
- حریم خطوط فشارقوی هوائی (۶۳کیلوولت) ۸متر
- حریم خطوط فشارقوی هوائی (۱۳۲کیلوولت) ۹متر
- حریم خطوط فشارقوی هوائی (۲۳۰کیلوولت) ۱۱,۹متر
- حریم خطوط فشارقوی هوائی (۴۰۰کیلوولت) ۱۴متر



نوع شبکه و ولتاژ	قبل از سال ۱۳۹۴	بعد از سال ۱۳۹۴		حریم درجه۲
	حریم افقی	حریم افقی	حریم عمودی	

فشارضعیف هوائی (کمتر از ۱۰۰۰ولت)	۱,۵	۱,۳	۱,۳	۳
فشارمتوسط هوائی (۱۱ و ۲۰کیلوولت)	۳	۲,۱	۲,۱	۵
فشارمتوسط هوائی (۳۳کیلوولت)	۵	۳,۵	۳,۵	۱۵
خطوط فشارقوی هوائی (۶۳کیلوولت)	۱۳	۸	۶	۲۰
خطوط فشارقوی هوائی (۱۳۲کیلوولت)	۱۵	۹	۷	۳۰
خطوط فشارقوی هوائی (۲۳۰کیلوولت)	۱۷	۱۱,۹	۸	۴۰
خطوط فشارقوی هوائی (۴۰۰کیلوولت)	۲۰	۱۴	۱۰	۵۰



جدول فواصل مجاز خطوط برقدار

در صورتی که سیمبان به زمین متصل باشد (استقرار روی پایه، داخل بالابر غیرعایق یا روی زمین)، به هیچ عنوان اجازه ورود و انجام کار در محدوده‌های کمتر از فواصل مجاز ذکر شده در جدول زیر را ندارد.

در آئین نامه ایمنی کار روی خطوط و تجهیزات برق دار که در سال ۱۳۵۳ به تصویب شورایعالی حفاظت فنی رسیده است (به استناد مصوبه جلسه تاریخ ۸۳/۵/۱۲ شورای عالی حفاظت فنی به ماده ۸۵ قانون کار تغییر یافته است)، مقدار فاصله مجاز از خطوط برقدار فشارمتوسط (۱۱و ۲۰و ۳۳کیلوولت) ۷۰سانتیمتر تعیین شده است.

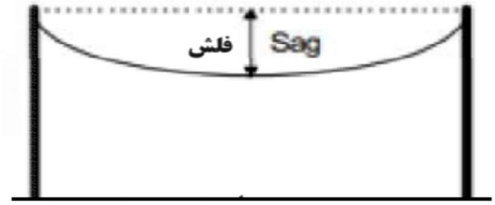
فواصل مجاز ذکر شده در جدول زیر، بر اساس موارد منتشر شده در استانداردهای بین‌المللی ایمنی و بهداشت شغلی OSHA (Appendix B to §1910.269)، برای نزدیک شدن به خطوط برقدار جهت افراد آموزش دیده در نظر گرفته می‌شود.

جدول فواصل مجاز برای افراد آموزش دیده

فاصله مجاز فاز-زمین (متر)	ولتاژ (کیلوولت)
صفر (عدم اتصال)	۰ – ۱
۰،۶۴	۱،۱ – ۱۵
۰،۷۲	۱۵،۱ – ۳۶
۰،۷۷	۳۶،۱ – ۴۶
۰،۹	۴۶،۱ – ۷۲،۵

قرار گرفتن سیم در شبکه های هوایی

فلش (sag): به فاصله منحنی یا شکم سیم در پائین‌ترین نقطه از خط افقی رسم شده بین دو سر پایه، فلش خط می‌گویند.



از منحنی ایجاد شده توسط سیم هادی، در طراحی مکانیکی خطوط هوایی فرمول زیر استخراج می‌شود. (جدول مقدار فلش انواع سیم در قسمت سیم کشی آورده شده است):

$$f = \frac{W\,S^2}{8H} = \frac{S^2}{8a}$$

f = فلش (یا شکم) سیم برحسب [m]

W = وزن واحد طول سیم بر حسب [Kg/m]

S = فاصله پایه‌ها (اسپن) بر حسب [m]

H = کشش سیم بر حسب [Kgf]

a = پارامتر خط به نسبت $\frac{H}{W}$ هادی بر حسب [m]

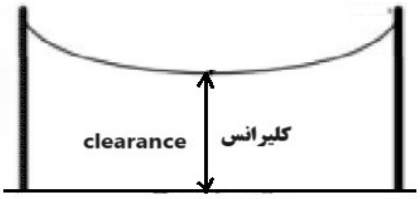
نمونه جدول فلش خط: در زیر نمونه‌ای از جدول استخراج فلش خط، جهت عملیات سیم‌کشی و با در نظر گرفتن مواردی مانند نوع سیم، مقدار کشش، طول اسپن و درجه حرارت محیط آورده شده است:

CODE NAME : DOG - CROSS SECTION : 118.50 (Sq.mm) - DIAMETER : 14.15 (mm)
WEIGHT : 0.394 (Kg/m) - MODUL ELASTIC.: 7700 (Kg/Sq.m) - TEMP.COEF.: .0000198 (oC)
INITIAL CONDITION : TEMP. = -5.0(oc) - TENSION = 600.30 (kg) - WEIGHT = 1.41 (Kg/m)

TEMPRATURE(oc)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
TENSION (KG)	227.4	213.3	201.2	190.8	181.7	173.7	166.6	160.3	154.6	149.4	144.7	140.4	136.4	132.7	129.3	126.2

TOWER	SPAN	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M
1																	
	56.00	0.68	0.72	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.96	1.00	1.03	1.07	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22
2																	
	49.00	0.52	0.55	0.59	0.62	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.79	0.82	0.84	0.87	0.89	0.91	0.94
3																	
	57.00	0.70	0.75	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.07	1.11	1.14	1.17	1.21	1.24	1.27
4																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
5																	
	66.00	0.94	1.01	1.07	1.12	1.18	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.66	1.70
6																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
7																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
8																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
9																	
	66.00	0.94	1.01	1.07	1.12	1.18	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.66	1.70

کلیرانس (clearance): به فاصله منحنی یا شکم سیم در پائین‌ترین نقطه تا زمین، کلیرانس خط می‌گویند.



در این خصوص کلیرانس با در نظر گرفتن ولتاژ خط، از رابطه زیر محاسبه می‌گردد. همانگونه که مشخص است، حداقل فاصله هادی‌ها تا سطح زمین برای خطوط ۲۰کیلوولت باید ۵,۴متر باشد. (معمولاً در خطوط فشارمتوسط با توجه به موارد ایمنی این فاصله را بین ۶ تا ۹متر در نظر می‌گیرند.)

$$h \geq 6 + \frac{u - 110}{150}$$

h = فاصله سیم تا سطح زمین بر حسب متر

u = ولتاژ نامی خط برحسب کیلوولت

$$h \geq 6 + \frac{20 - 110}{150}$$

$$h \geq 6 - 0.6$$

$$h \geq 5.4\ m$$

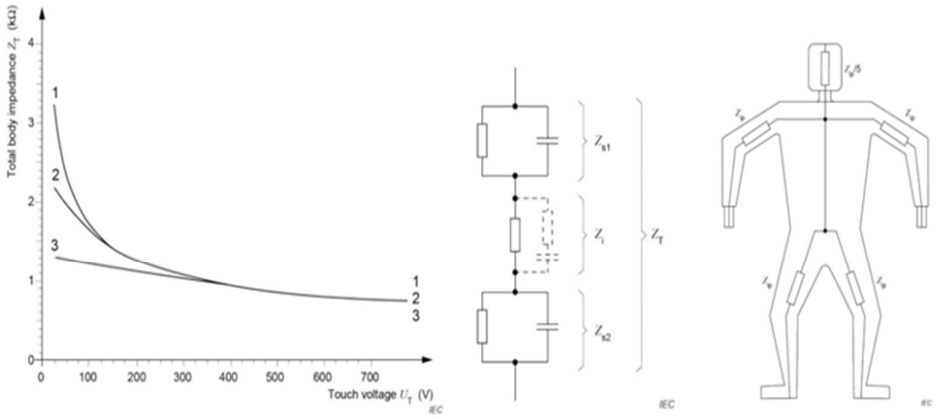
برق‌گرفتگی

مقاومت بدن انسان در برق‌گرفتگی به عوامل مختلفی همچون موارد زیر بستگی دارد:

- مسیر جریان
- ولتاژ لمسی
- مدت زمان جریان عبوری
- فرکانس
- درجه رطوبت پوست
- سطح تماس
- فشار اعمال شده
- دما

در استاندارد IEC 60479-1:2018 امپدانس کل بدن با شکل و نمودار زیر ارائه شده است:

استاندارد IEC 60479-1:2018



امپدانس کل بدن ZT (مقاومت پوست ورودی(Z_{s1})+ مقاومت داخلی بدن(Zi)+ مقاومت پوست خروجی(Z_{s2})) برای یک مسیر جریان دست به دست، برای سطوح وسیع تماس (در شرایط ۱-خشک، ۲-مرطوب آب و ۳-آب شور)، برای رتبه صدک ۵۰درصد جمعیت برای ولتاژهای لمسی UT ۲۵ولت تا ۷۰۰ولت، AC (۶۰/۵۰)هرتز

مقدار امپدانس پوست خشک در نمودار بالا برای ولتاژ (۲۵ولت= ۳۲۵۰اهم) و (۷۰ولت= ۲۰۰۰اهم) و (۲۲۵ولت= ۱۲۲۵اهم) و (۴۰۰ولت= ۹۵۰اهم) می‌باشد.

در جریان‌های بالا و مدت کوتاه (مانند تماس لحظه‌ای با خطوط توزیع برق با ولتاژ بالا) اثر حرارتی مشاهده نمی‌شود و میدان الکتریکی بالا در غشاهای سلولی می‌تواند باعث ایجاد منافذ در غشاها شود که اثر الکتروپوریشن نامیده می‌شود. منافذ ممکن است پایدار باشند و در نهایت بسته شوند، یا بزرگ و ناپایدارشوند و متعاقباً باعث پارگی غشای سلولی شوند که ممکن است به قطع اندام آسیب دیده منجر شود.

بر اساس استاندارد فوق، نمودار مناطق زمان/جریان (برای ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز AC) و مرزهای آن برای اثرات فیزیولوژیکی مختلف بر روی بدن، مسیر دست به پا، به شکل زیر می‌باشد:

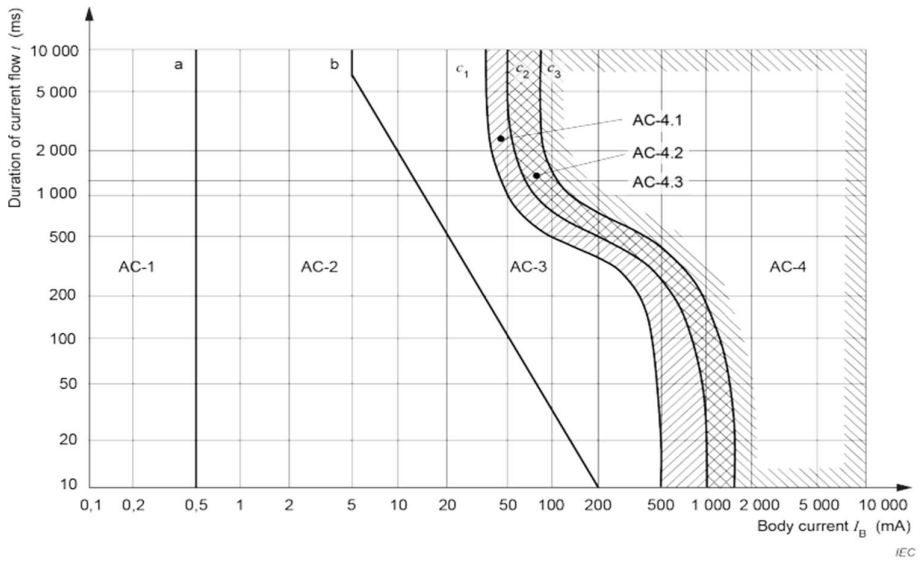


Figure 20 – Conventional time/current zones of effects of AC currents (15 Hz to 100 Hz) on persons for a current path corresponding to left hand to feet (see Table 11)

شرح نمودار فوق در جدول زیر آورده شده است:

مناطق	مرزها	اثرات فیزیولوژیکی
AC-1	تا ۰٫۵ میلی آمپر منحنی a	**ادراک ممکن است ، اما معمولاً هیچ واکنش خاصی وجود ندارد.**
AC-2	۰٫۵ میلی آمپر تا منحنی **b**	**ادراک و انقباضات غیر ارادی عضلانی محتمل است اما معمولاً هیچ اثر فیزیولوژیکی الکتریکی مضری ندارد.**
AC-3	منحنی **b** و بالاتر	**انقباضات غیر ارادی عضلانی شدید. مشکل درتنفس. اختلالات برگشت پذیر در عملکرد قلب. ممکن است بی حرکتی رخ دهد. اثرات با بزرگی جریان افزایش می‌یابد. معمولاً هیچ آسیب ارگانیکی انتظار نمی رود.**
AC-4	بالای منحنی **c1** **c1-c2** **c2-c3** فراتر از منحنی **c3**	**اثرات پاتوفیزیولوژیک ممکن است مانند ایست قلبی، ایست تنفسی و سوختگی یا سایر آسیب‌های سلولی رخ دهد. احتمال فیبریلاسیون بطنی (غیرطبیعی بودن ریتم قلب) با افزایش جریان و زمان بیشتر می‌شود.** **احتمال افزایش فیبریلاسیون بطنی تا حدود ۵ درصد (AC-4.1)** **احتمال فیبریلاسیون بطنی تا حدود ۵۰ درصد (AC- 4.2)** **احتمال فیبریلاسیون بطنی بیش از ۵۰ درصد (AC- 4.3)**
برای مدت زمان کمتر از ۲۰۰ میلی ثانیه، جریان اگر از آستانه های مربوطه فراتر رود، فیبریلاسیون بطنی فقط در دوره آسیب پذیر شروع می شود. در مورد فیبریلاسیون بطنی، شکل ۲۰ مربوط به اثرات جریانی که در مسیر دست چپ به پا جریان دارد می‌باشد و برای سایر مسیرها، فاکتور جریان عبوری از قلب در نظر گرفته شده است.		

با توجه به جدول و نمودار بالا (در استاندارد IEC 60479-1:2018)، می‌توان دریافت که در برقگرفتگی، مواردی همچون انقباضات غیر ارادی عضلانی شدید و مشکل در تنفس در ناحیه AC-3 می‌باشد. به عنوان مثال، جریان ۲۰میلی آمپر در زمانی بیش از ۰٫۵ثانیه از بدن عبور کند. همچنین ایست قلبی، ایست تنفسی و سوختگی یا سایر آسیب‌های سلولی وقتی رخ می‌دهد که عبور جریان از بدن با توجه به زمان، در ناحیه AC-4 واقع شود. به عنوان مثال، اگر جریان ۱۰۰میلی آمپر در زمانی بیش از ۰٫۵ثانیه از بدن عبور کند. البته لازم به ذکر است که احتمال فیبریلاسیون بطنی (غیرطبیعی بودن ریتم قلب) با افزایش جریان و زمان بیشتر می‌شود.

امداد و نجات سیمبان در برق‌گرفتگی

در خصوص امداد و نجات سیمبان در برقگرفتگی باید افراد اکیپ‌های عملیاتی، دو نوع آموزش زیر را دیده باشند:

۱. آشنائی با اصول و اقدامات اولیه امداد و نجات شخص برق‌گرفته
۲. آشنائی با طناب و گره جهت انتقال مصدوم از بالا به پائین پایه

اقدامات اولیه امداد و نجات شخص برق‌گرفته

جهت نجات شخص برق‌گرفته، ابتدا باید مراقب جان خود، خصوصاً در محل‌های مرطوبت و برقدار باشیم. سپس اقدامات زیر صورت پذیرد:

ولتاژ گام: در صورتی که سیم برقدار بر روی زمین افتاده باشد، باید با کشیدن پا بر روی زمین و گام‌های بسته در محل حرکت کنیم. برداشتن گام‌های بلند باعث ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو پا و در نتیجه برق‌گرفتگی می‌شود.

قطع برق: سیمبان قبل از انجام کار، باید همیشه از محل قطع برق اطلاع داشته باشد تا در صورت اضطرار بتواند سریعاً نسبت به قطع برق اقدام کند.

دور کردن مصدوم: در صورت عدم قطع برق، باید مصدوم را با وسیله‌ای عایق و خشک از محل برقدار دور کنیم.

عملیات امداد و نجات: ضمن حفظ خونسردی، در صورت ایست قلبی- تنفسی سیمبان، باید سریعاً عملیات ماساژ قلبی و تنفس مصنوعی آغاز گردد.

اطلاع یا انتقال به اورژانس: ضمن انجام عملیات امداد و نجات، باید سریعاً با اورژانس جهت انتقال مصدوم تماس گرفته شود و یا در صورت اضطرار و زیاد بودن فاصله (مکان‌های بیابانی)، نسبت به انتقال مصدوم با خودرو عملیات به اورژانس اقدام شود.

زمان طلائی و عملیات امداد و نجات در محل

عبور جریان برق از بدن انسان سبب انقباض عضلات تنفسی شده و یا با آسیب به مغز باعث ایست تنفسی می‌شود، که پس از مدتی قلب نیز از حرکت می‌ایستد. البته اگر جریان برق از خود قلب عبور کرده باشد، ایست قلبی اولیه را خواهیم داشت. پس از ایست قلبی- تنفسی اگر در عرض ۴ تا ۶ دقیقه (زمان طلائی) عملیات احیاء شروع نشود، مرگ حتمی خواهد بود.

در این خصوص باید اقدامات زیر انجام شود:

بررسی نبض و تنفس: در صورت داشتن نبض و تنفس شخص برق‌گرفته، فقط باید وی به اورژانس انتقال داده شود. اما در صورت نداشتن نبض و تنفس و با توجه به زمان طلائی، باید اقدامات زیر سریعاً در محل انجام شود:

۱. **باز کردن راه تنفس:** ابتدا باید دهان مصدوم بررسی شود که مسیر تنفس او با زبان یا عامل دیگری مسدود نباشد.
۲. **ماساژ قلبی:** نجات دهنده باید با دستانی کشیده و مستقیم، با فشار به وسط قفسه سینه مصدوم، ۳۰مرتبه ماساژ قلبی انجام دهد.
۳. **تنفس مصنوعی:** پس از انجام هر ۳۰مرتبه ماساژ قلبی، باید بلافاصله نسبت به انجام ۲مرتبه تنفس مصنوعی اقدام و مجدداً ماساژ قلبی انجام شود.

مراحل فوق باید ادامه یابد تا امدادگر حرفه‌ای با امکانات به محل برسد، و یا ما او را با خودرو به اورژانس برسانیم.

لازم به ذکر است که آسیب‌های الکتریکی سبب تخریب وسیع عضلات شده و باعث آزاد شدن مواد سمی (مثل میوگلوبین) به داخل خون می‌شود. این مواد از راه خون به کلیه‌ها رسیده و در ادرار ترشح می‌شوند و رنگ آن را قرمز می‌کنند و از طرفی با رسوب در کلیه‌ها سبب نارسایی کلیه خواهند شد. در نتیجه حتی در صورت به هوش آمدن مصدوم، باید تحت مراقبت پزشکی قرار گیرد تا سلامتی کامل او توسط پزشک تائید شود.