مروری بر اثرات کرونا ویروس بر منابع آب و پیامدهای زیست محیطی آن

حسین محمد زاده، مرکز تحقیقات آبهای زیرزمینی و ژئوترمال (متآب)، پژوهشکده آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

نوگل مخدومی، دانشجوی کارشناسی ارشد آب های زیرزمینی (هیدروژئولوژی)، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

مسئول مکاتبه: ۰۵۱-۳۸۸۰۵۴۸۵ ایمیل: moohammadzadeh@um.ac.ir

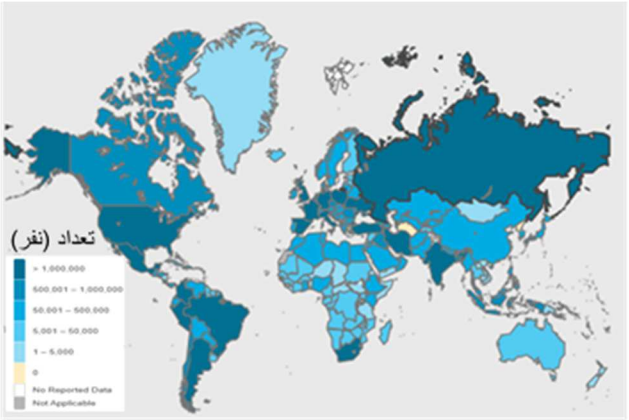
چکیده

ویروس کرونا (کوید-۱۹) از اواخر دسامبر ۲۰۱۹ در جهان شیوع یافت و اکنون در کل جهان گسترش یافته و بیش از ۸۰ میلیون نفر را مبتلا و نزدیک ۲ میلیون قربانی گرفته است. هر چند که، تحقیقات در مورد منشا و درمان ویروس کرونا در مرحله اولیه است و نیاز به مطالعات گسترده ای دارد، اما مشکلات ناشی از شیوع آن بسیار زیاد میباشد. شیوع این ویروس باعث مشکلات زیست محیطی بسیار از جمله افزایش زباله های پزشکی و پسماندهای خانگی،افزایش مصارف شوینده ها، کاهش بازیافت زباله و آلودگی منابع آب های سطحی و زیرزمینی، و... شده است. هنوز به طور قطعی مشخص نشده است که آیا ویروس کرونا از طریق آب انسان را آلوده میکند یا نه، ولی با یافتن این ویروس در مدفوع، ادرار و فاضلاب ها در مناطق مختلف دنیا بر این نگرانی افزوده شده است. در حقیقت، فاضلاب بیمارستان ها، به ویژه واحدهای بیماری های عفونی، ممکن است حاوی ویروس همه گیر کرونا باشد، بنابراین نیاز به ضد عفونی کارآمد قبل از تخلیه در آب های طبیعی است. نتایج تحقیقات نشان میدهد، کرونا مثل سایر ویروس ها برای بقا به یک محیط مناسب نیاز دارد و ویژگی های بسیاری مانند دما، نور، pH ، شوری، مواد آلی، مواد معلق، زمان سفر ویروس در فاضلاب بر بقاء آن تاثیر می گذارد. اما، کرونا ویروس ها نسبت به دما بسیار حساس هستند، بطوریکه زمان ماندگاری آنها در تمام انواع آب (یعنی فاضلاب بیمارستان، فاضلاب خانگی و آب لوله کشی) در دمای ٤ درجه سانتیگراد به ١٤ روز و حتی طولانی تر میرسد، ولی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به شدت کاهش می یابند. هرچند گزارش هایی از انتقال ویروس ها از طریق آب وجود دارد اما هنوز اطلاعاتی مبنی بر انتقال ویروس کرونا منتشر نشده است و اطلاعات در این زمینه محدود است و نیاز به مطالعات و پژوهش های فراوان در این زمینه دارد.

کلید واژه‌ها: ویروس کوید-۱۹، آلودگی، آب، محیط زیست، سلامتی

۱-مقدمه

ویروس کرونا (کوید[1]-۱۹) باعث اختلال سراسری در جهان گردیده و تأثیرات منفی زیادی بر محیط زیست و منابع آب ایجاد کرده است. با ورود فاضلاب ها و آب های آلوده به محیط زیست، باکتری ها، ویروس ها و سایر ارگانیسم های خطرناک نیز وارد آب های سطحی و زیرزمینی شده و به طور قابل توجهی باعث بیماری های منتقله از طریق آب می شود. ویروس کرونا یک ویروس تنفسی بسیار عفونی و کشنده و بیماری مسری است که از دسامبر سال ۲۰۱۹ جهان را درگیر و سازمان بهداشت جهانی (WHO) شیوع آن را یک بیماری همه گیر اعلام کرده است (Wang et al., 2020). کوید-۱۹، سومین ویروس بتاکورونا است که بسیار بیماریزا است و جمعیت انسانی را آلوده می کند (Tanjena and Islam, 2020). هر چند که کرونا ویروس در مقایسه با ویرورس های سارس و مرس، باعث میزان مرگ و میر کم میشود اما قابلیت انتقال و عفونت بالایی را دارد (Liu et al., 2020). تجزیه و تحلیل ژنوم توالی های کروناویروس نشان از منشا احتمالی خفاش را میدهد (Chen et al., 2020; Wang et al., 2020). میزان مبتلایان تا ژانویه ۲۰۲۱ در سطح جهانی ۸۸ میلیون نفر و میزان مرگ و میر نزدیک ۲ میلیون نفر بوده است (شکل ۱). از تأثیرات منفی کوید-۱۹، میتوان به استرس روانشناختی، ترس، خسارات شدید اقتصادی جهانی، سیستم های مراقبت های بهداشتی بیش از حد و اختلال عمومی در جوامع، افزایش زباله های بیمارستانی و پلاستیکی و افزایش شوینده های بهداشتی و مواد ضدعفونی کننده، و آلودگی منابع آب های سطحی و زیرزمینی از طریق تخلیه فاضلاب ها نام برد. علاوه بر این با شیوع بیماری کرونا میزان حساسیت مردم به بهداشت بالا رفته و باعث این نگرانی شده است که آیا امکان زنده ماندن این ویروس در آب و پساب های خانگی و فاضلاب نیز وجود دارد یا نه که نیاز به تحقیقات دارد. اگرچه اعتقاد بر این است که آلودگی کرونا با استنشاق یا تماس با آئروسل ها صورت می گیرد (Vellingiri et al., 2020)، اما گزارش هایی وجود و امکان انتقال ویروس کوید-۱۹ از طریق مدفوع افراد (Holshue et al., 2020; Kitajima et al., 2020; Xu et al., 2020) را نشان داده و از این رو نگرانی هایی در مورد شیوع این ویروس از طریق سیستم آب مطرح شده است. با این حال، ظرفیت زنده ماندن ویروس در تصفیه خانه بسیار نامشخص است (Venugopal and Ganesan, 2020) و نیاز به مطالعات و پژوهش های فراوان در این زمینه دارد. هدف این مقاله بررسی اثرات کرونا ویروس بر منابع آب و پیامدهای زیست محیطی مرتبط با بیماری همه گیر ویروس کرونا کوید-۱۹می باشد.



شکل ۱- *کشورهای شیوع ویروس کرونا کوید-۱۹ (Covid19.WHO.int)*

[1] COVID-19

۲-مواد و روش‌ها

این مطالعه بر اساس مرور ادبیات علمی منتشر شده در رابطه با ویروس کرونا (کوید-۱۹)، مطالعات موردی و گزارش ها از طریق ابزارهای الکترونیکی از پایگاه داده Springer، PubMed، ISI Web of Knowledge و Google Scholar انجام شده است. در واقع داده ها و اطلاعات مربوط به اثرات زیست محیطی کوید-۱۹، جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفته است.

بحث و نتایج

اثرات زیست محیطی ویروس کرونا

ویروس کرونا (کوید-۱۹) تأثیرات منفی زیادی بر محیط زیست و منابع آب ایجاد کرده است. با شیوع این ویروس در جهان، میزان استفاده مردم از مواد بهداشتی و ضدعفونی کننده ها و مواد شوینده و ماسک و دستکش و زباله های پزشکی و زباله های جامد شهری افزایش یافته (Tanjena and Islam, 2020) و دفع این مواد سبب تولید زباله های فراوان و کاهش بازیافت شده و با دفع فراوان فاضلاب ها خانگی، شهری، صنعتی سبب ورود آبهای آلوده به محیط زیست شده است که در نهایت اگر این آبها به منابع آبی سالم برسند باعث آلودگی آنها میشوند و در اثر تماس انسان و سایر موجودات با این آب ها باعث بیماری های جدی در آنها میشود. در ادامه اثرات زیست محیطی ویروس کوید-۱۹ مورد بررسی بیشتر قرار گرفته است.

۱ -افزایش تولید زباله های زیست پزشکی

از زمان شیوع ویروس کوید-۱۹ درجهان میزان تولید زباله های پزشکی و زباله های عفونی در سطح جهان افزایش یافته و باعث تهدیدی برای سلامت عمومی و محیط زیست شده است. به عنوان مثال در وهان چین هر روز ۲۴۰ تن مواد زائد پزشکی از زمان شیوع تولید میشود (Tanjena and Islam, 2020). در شهر آباد هند نیز میزان تولیدزباله های پزشکی از ۵۵۰-۶۰۰کیلوگرم در روز به ۱۰۰۰ کیلوگرم در روز رسید (Somani et al.,2020). در پایتخت بنگلادش نیز روزانه ۲۶۰ تن زباله پزشکی تولید میشود (Tanjena and Islam, 2020). چنین افزایش ناگهانی زباله ها و پسماندهای پزشکی برای محیط زیست بسیار خطرناک و نیاز به مدیریت صحیح دارد که تبدیل به یک چالش بزرگ برای مسئولان و دولت ها شده است. سازگاری ویروس برای زنده ماندن بیشتر در سطح جامد(بر روی سطوح بی جان مانند فلز و شیشه تا ۹ روز، و بر روی فولاد زنگ زده تا ۳ روز (Van Doremalen et al, 2020))، و در نتیجه فرصت طولانی تری برای آلوده کردن انسان نیاز به توجه خاص دارد. نیمه عمر کوید-۱۹ از ۰/۸ ساعت روی مس تا ۶/۸ ساعت روی پلاستیک متفاوت است (La Rosa et al, 2020) . بنابراین باید زباله های بیمارستانی مانند سرنگ، ماسک، دستکش، دستمال کاغذی و داروهای دور انداخته به طور صحیح مدیریت شوند تا باعث انتقال عفونت و آلودگی به محیط نشود (Tanjena and Islam, 2020) .

۲ -افزایش استفاده از تجهیزات ایمنی و محصولات شوینده بهداشتی و ضدعفونی کننده ها:

برای جلوگیری از ابتلا به ویروس کرونا، استفاده از ماسک و دستکش و مواد ضدعفونی کننده که خود منجر به افزایش زباله ها و ضایعات بهداشتی در جهان شده (Tanjena and Islam, 2020) و به دنبال آن نیز استفاده از مواد ضدعفونی کننده و شوینده بهداشتی به شدت افزایش یافته است. این امر به نوبه خود منجر به افزایش مصارف کمی آب و میزان فاضلاب های ورودی به محیط زیست و همچنین

کیفیت آب را تحت تاثیر قرار داده است. به عنوان مثال در چین در فوریه ۲۰۲۰ تولید ماسک های پزشکی به ۱۴/۸ میلیون در روز نیز رسید (Tanjena and Islam, 2020). از آنجایی که دانش مردم در مورد مدیریت پسماند های عفونی کم است، اکثرمردم این پسماند ها را در طبیعت و فضای باز رها میکنند یا آنها را در داخل زباله های خانگی می ریزند و این امر سبب آلودگی بیشتر در محیط میشود. معمولا ماسک N-۹۰ ، دستکش ها و محافظ های طبی از جنس پلی پروپیلن هستند که می تواند به مدت طولانی در محیط باقی بماند و دیوکسین و عناصر سمی را در محیط آزاد کند (Singh et al., 2020). دفع و تفکیک زباله های آلی خانگی و تجهیزات محافظتی مبتنی بر پلاستیک آلوده (زباله های پزشکی) بسیار خطرناک بوده و مخلوط شدن این زباله ها خطر انتقال بیماری و قرار گرفتن در معرض ویروس کرونا را برای کارگران زباله افزایش می دهد (Singh et al., 2020; Somani et al., 2020) . اخیراً برای نابودی ویروس کوید-۱۹ در جاده ها، مناطق تجاری و مسکونی و غیره ... نیز از مواد شوینده بهداشتی و مواد ضد عفونی کننده استفاده می شود. چنین استفاده گسترده ای از ضد عفونی کننده ها و مواد شوینده بهداشتی ممکن است گونه های مفید غیر هدف را از بین ببرد و سلامت عمومی و محیط زیست را نیز به خطر بیندازد. مصرف زیاد از حد مواد سفید کننده و ضد عفونی کننده ممکن است باعث عوارض ماندگار در ریه و دستگاه گوارش، آسم، آسیب به چشم و پوست و مسمومیت های حاد، مغز، ریه، کبد و کلیه نیز شود. همچنین وجود و ازدیاد این مواد در آب علاوه بر مشکلات اقتصادی برای کشاورزان، سلامت انسان و زندگی ماهیان و جلبک ها و وموجودات آبزی را نیز به خطر می اندازد(Madsen, 2001) . مواد شیمیایی شوینده، سفید کننده و پاک کننده محلول با ترکیبات و فرمولهای خاص (که عمدتا کربن، گوگرد، هالوژن و نیتروژن، فسفر و کلر هستند) از طریق سیستم های پساب خانگی و با توجه به این که در بیشتر شهر ها سیستم جمع آوری فاضلاب وجود ندارد، این پساب ها از طریق چاه های فاضلاب به طور مستقیم وارد منابع محدود آبهای سطحی و زیرزمینی میشوند و آنها را آلوده میکند و بستر مناسبی را برای ایجاد ترکیبات شیمیایی و سمی مانند دیوکسین و هالو الکان ها در آب فراهم آورده و کیفیت آب را تحت تاثیر قرار میدهد (میرزا خانی، ۱۳۹۹). دیوکسین در بدن انسان سبب مشکلات تولید مثلی و رشد، آسیب به سیستم ایمنی بدن، اختلال در هورمون ها و حتی خطر ابتلا به سرطان را نیز افزایش میدهد. با ورود ترکیبات فسفر، گوگرد، نیتروژن حاصل از مصرف مواد شوینده به آب، بیماری ها و آسیب های جدی نیز از طریق آب آلوده برای انسان و محیط زیست و گیاهان به وجود می آید. به طور مثال، ازدیاد عناصر گوگرد در بدن فرد را دچار مسمومیت، آسیب های پوست، چشم، دستگاه گوارش، مغزی و مشکلات تنفسی می کند (میرزا خانی، ۱۳۹۹). افزایش نیتروژن در بدن نیز سبب بیماری در نوزادان، سقط جنین و مرده زایی، آسیب به معده و روده، مسمومیت و سرطان میشود (علی شیری،۱۳۹۳). ازدیاد فسفر نیز در بدن انسان سبب بیماری های قلبی میشود (احسنی پور، ۱۳۹۴)، وجود ترکیبات آلی نیز باعث ازدیاد علف های هرز و استفاده بیشتر از علف کش ها را به دنبال خواهد داشت (هفته نامه سلامت، ۱۳۹۰). گزارش شده که استفاده از مواد ضدعفونی کننده مانند الکل، پراکسیدهای هیدروژن در کودکان باعث سرگیجه، استفراغ، خواب الودگی و در موارد شدیدتر باعث تنگی نفس و مرگ میشود (Mahmood et al, 2020) .

۱- تولید پسماندهای جامد شهری و کاهش بازیافت

افزایش زباله های شهری تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم برمحیط زیست، آلودگی هوا، منابع آبی و خاک دارد (Islam et al., 2016). با شیوع بیماری ویروس کرونا و اجرای سیاست های قرنطینه در بسیاری از کشورها، تقاضا خرید انلاین برای تحویل در منازل افزایش یافت که در نهایت میزان پسماندها و زباله های خانگی افزایش یافته است (Zambrano-Monserrate et al., 2020; Somani et al., 2020). بازیافت زباله یکی از روش های موثر برای جلوگیری از آلودگی و صرفه جویی در منابع طبیعی و انرژی است

(Tanjena and Islam, 2020). اما، به دلیل همه گیری بیماری کرونا و نگرانی از خطر گسترش ویروس کوید-۱۹ ، در بسیاری از کشورها به منظور کاهش انتقال عفونت ویروسی، بازیافت زباله را به تعویق انداختند. برای مثال در ایالات متحده برنامه بازیافت و تسهیلات بازیافت در بسیاری از شهرها تقریبا ۴۶ درصد محدود شد (Somani et al., 2020).

۲- آلودگی منابع آب های سطحی و زیرزمینی توسط ویروس کرونا

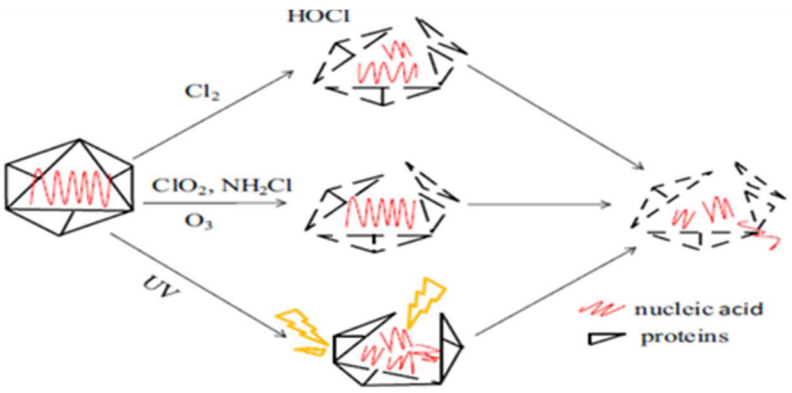
با شیوع ویروس کرونا (کوید-۱۹)، میزان استفاده از آب بخاطر بالا رفتن حساسیت مردم به بهداشت فردی، افزایش یافته و در نتیجه تخلیه فاضلاب های خروجی نیز به طبیعت افزایش یافته است. به عنوان مثال سالانه حدود ۴/۵ میلیارد متر مکعب فاضلاب شهری به محیط تخلیه میشود که از این میزان فقط ۷۰۰ میلیون متر مکعب (۱۵ درصد) تصفیه و تبدیل به پساب میشود و حدود ۳/۵ میلیارد مترمکعب فاضلاب بدون آن که تصفیه شود وارد محیط میشود و باعث انتقال آلودگی ها به محیط زیست میشود. تصفیه این آب ها بسیار حائز اهمیت است، چرا که هر متر مکعب فاضلاب بین ۷ تا ۱۵ متر مکعب آب سالم را آلوده می کند (لباف، ۱۳۹۷). ویروس میتواند از طریق آب آلوده وارد بدن انسان و منجر به بیماری شود (Vellingiri et al, 2020). بیش از یکصد گونه ویروس در فاضلاب گزارش شده است، که می تواند منجر به بیماری هایی مانند هپاتیت، ورم معده و روده، منتژیت، تب، بثورات پوستی، ورم ملتحمه در انسان شود (Boshe, 1998). RNA ویروس کوید-۱۹ در مدفوع افراد آلوده دیده شده است و از این رو نگرانی هایی در مورد شیوع این ویروس از طریق سیستم آب مطرح شده است (Xu et al, 2020). در مطالعه ای در فاضلاب شهر سیراکیوز در ایالات متحده آمریکا، به طور متوسط ۴۲/۷ mL^{-1} RNA ویروس کوید-۱۹ و بیش از ۱۰۰ mL^{-1} RNA ویروس سارس اندازه گیری شده است (Collivignarelli et al, 2020). در فرانسه نیز 10^{6}-10^{7} mL-1 واحد RNA کوید- ۱۹ در فاضلاب اندازه گیری شده است (Wurtzer et al, 2020). در میلان و رم ایتالیا، نیز در ۵۰٪ نمونه ها برداشته شده از تصفیه خانه فاضلاب ها، RNA کوید-۱۹ مشاهده شده است (La Rosa et al, 2020). همچنین در مطالعات دیگر RNA کوید-۱۹ در فاضلاب تصفیه نشده با حداکثر غلظت بیش از ۱۰۶ نسخه در لیتر گزارش شده است (Kitajima et al., 2020). حجم آب یکی از مهمترین عواملی است که می تواند در نتایج تشخیص ویروس ها تأثیر بگذارد، در مطالعات اولیه گزارش شده است که برای تشخیص مولکولی ویروس کوید-۱۹ در فاضلاب تا ۲۰۰ میلی لیتر نمونه فاضلاب خام نیاز است (Kitajima et al., 2020). کرونا مثل سایر ویروس ها برای بقا به یک محیط مناسب نیاز دارد، ویژگی های بسیاری مانند دما، نور، pH ، شوری، مواد آلی، مواد معلق یا رسوبات، زمان سفر ویروس در فاضلاب و میزان مواد تصفیه کننده موجود در آب (مثل کلر، کلرامین) بقای ویروس ها را در آب کنترل می کند (Naddeo and Liu, 2020; Carducci et al., 2020). ماندگاری ویروس کرونا در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد در تمام انواع آب (یعنی فاضلاب بیمارستان، فاضلاب خانگی و آب لوله کشی) کاهش، اما در دمای۴ درجه سانتیگراد به ۱۴ روز افزایش می یابد (Collivignarelli et al., 2020). وانگ و همکاران [۲] (۲۰۰۵b) همچنین ماندگاری کرونا ویروس سارس، در فاضلاب بیمارستان، فاضلاب خانگی، آب لوله کشی، نمک بافر فسفات، مدفوع، ادرار، آب فاضلاب با غلظت های مختلف کلر و دی اکسید کلر (۵ ، ۱۰ ، ۲۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر) را بررسی کردند و دریافتند که ویروس کرونا مدت طولانی تری در ۴ درجه سانتیگراد در مقایسه با ۲۰ درجه سانتیگراد (۳ روز) در فاضلاب بیمارستان ، فاضلاب خانگی و آب لوله کشی دکلره شده قابل تشخیص و باقی مانده است. در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، کرونا ویروس سارس در سه نمونه مدفوع به مدت ۳ روز و در دو نمونه ادرار به مدت ۱۷ روز باقی مانده است. ویروس کرونا در مقایسه با سایر ویروس ها (E.coli و فاژ f2) در برابر ضد عفونی

[2] Wang et al., 2005

کننده ها آسیب پذیرتر است و برای غیرفعال کردن ویروس کرونا کلر آزاد موثرتر از دی اکسید کلر است (Wang et al., 2005). البته گزارشی از سازمان بهداشت جهانی نشان داد که هیچ مدرکی در مورد زنده ماندن کوید-۱۹ در فاضلاب یا آب آشامیدنی وجود ندارد و فرایندهای تصفیه فاضلاب متداول باید ویروس را غیرفعال کند (WHO, 2020). بر اساس مطالعه زو و همکاران[3] (۲۰۲۰) کوید-۱۹ می تواند از طریق مدفوع و احتمالاً ادرار در کنار سایر دفع های انسانی به فاضلاب برسد با این حال، ظرفیت زنده ماندن ویروس در تصفیه خانه بسیار نامشخص است و انتقال کوید-۱۹ از طریق آب محدود است (Venugopal and Ganesan, 2020). نتایج مطالعه گاندی و همکاران [4] (۲۰۰۹)، نشان میدهد که کرونا ویروس ها نسبت به دما بسیار حساس هستند، این ویروس ۱۰ روز در ۲۳ درجه سانتیگراد و برای یک دوره طولانی تر (تخمین زده شده ۱۰۰< روز) در ۴ درجه سانتیگراد در آب لوله کشی شده قابل تشخیص است. اما، در فاضلاب (فقط در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد) برای مدت کوتاه تری (۲تا۴ روز) زنده می ماند. در آب ۴ درجه سانتی گراد ویروس بیش از ۱۰۰ روز، و در آب ۲۳ درجه ۱۰ روز و در آب بالای ۲۳ درجه سانتی گراد ۲-۴ روز و در مای ۷۰ درجه سانتی گراد ۵ دقیقه زنده میماند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که کرونا ویروس ها جذب مواد آلی و ذرات معلق در آب شده و روزهای بیشتری را در آب زنده میمانند (Gundy et al., 2009). بنابراین مواد جامد، مواد آلی، وجود ارگانیسم ها، مواد شوینده و مواد ضدعفونی کننده در آب و دما بر ماندگاری ویروس ها تاثیر مستقیم دارند. ویروس کرونا برای اینکه بتواند در آب فاضلاب پایدار بماند، باید ۵۶/۶ میلیون تا ۱۱/۳ میلیارد ژنوم ویروسی برای هر فرد آلوده در روز وارد فاضلاب شود. بر این اساس، بین ۶۰۰۰۰۰ تا ۳۰،۰۰۰،۰۰۰ (Hart and Halden., 202) ژنوم ویروسی کوید-۱۹ در هر میلی لیتر ماده مدفوع (با فرض بار مدفوع ۱۰۰-۴۰۰ گرم مدفوع در روز / فرد و تراکم ۱/۰۶ گرم در میلی لیتر) گزارش شده است (Brown et al., 1996). با فرض محدودیت تشخیص ۱۰ ژنوم RNA کرونا ویروس در هر میلی لیتر فاضلاب، و با فرض عدم وجود ورودی های اضافی جریان های تجاری و صنعتی به سیستم فاضلاب، تشخیص موفقیت آمیز کوید-۱۹ توسط qRT- PCR در فاضلاب کاملا همگن، نیاز به نظارت فاضلاب ۰/۸۸٪ از جمعیت یک منطقه در بدترین حالت (از هر ۱۱۴ فرد غیر آلوده ۱ نفر آلوده) و در بهترین حالت ۰/۰۰۰۰۵٪ (۱ مورد آلوده در حدود ۲ میلیون فرد غیر آلوده) در برابر آلوده شدن است (Hart and Halden, 2020). با فرض تعداد اولیه ویروس ۱۰۰ =(N_0) و تعداد ویروس پس از گذشت زمان ۴۸- ۷۲ =t ساعت(N_t) ، و همچنین سینتیک مرتبه اول، با توجه به معادله N(t)=N0(0.5)t/t0.5، نیمه عمر کوید-۱۹ در شرایط محیط (۲۰ درجه سانتیگراد) بین تقریباً ۴/۸ تا ۷/۲ ساعت تخمین زده می شود (Gundy et al., 2009). بنابراین، در بیشتر موارد در شرایطی که جریان فاضلاب در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد باشد، حداقل ۲۵٪ از بار ویروس باید همچنان باقی می ماند حتی در شرایطی که میانگین زمان سفر در فاضلاب طولانی (به عنوان مثال ۱۰ ساعت) و پایداری ویروس نسبتاً کم باشد ($t_{0.5}$= ۴/۸ ساعت (Mao et al., 2020). این مطالعات به وضوح تأیید می کند که ویروس کرونا می تواند در سیستم های تصفیه فاضلاب وجود داشته باشد، اما هنوز نامشخص و مستلزم انجام آزمایشاتی با هدف ارزیابی سرزندگی ویروس است که تقریباً تاکنون انجام نشده است (Collivignarelli, 2020). بررسی تأثیر شرایط خارجی، مانند دما، pH (۵/۵- ۸/۵) و زمان ماند و زمان سفر، که هرچه زمان سفر بیشتر شود امکان زنده ماندن ویروس در فاضلاب کمتر میشود (Hart & Halden, 2020)، بسیار مهم است. بنابراین طبق مطالعات و گزارشات صورت گرفته هیچ مدرکی مبنی بر انتقال ویروس کوید-۱۹ از طریق آب وجود ندارد. البته روش هایی نیز برای تشخیص ویروس در فاضلاب وجود دارد که ازجمله این روش ها میتوان به روش های تشخیص مستقیم مانند روش جاذب ایمنی با اتصال آنزیمی (ELISAs)، RT-PCR، RT-

[3] Xu Y et al., 2020
[4] Gundy et al., 2009

PCR دیجیتال، روش های مبتنی بر تقویت اسید نوکلئیک ایزوترمال یا دستگاه مبتنی بر کاغذ، نانوفیبرها برای کشف و نظارت ویروس کرونا در تاسیسات تصفیه فاضلاب نام برد (Hart and Halden, 2020; Dong et al., 2020). بعد از تشخیص ویروس کرونا در فاضلاب نیاز به روش هایی هست که بتوان از طریق آنها ویروس ها و عوامل بیماری زا موجود در آب را از بین برد. روش های مختلفی برای تصفیه فاضلاب و غیرفعال کردن و نابودی وجود دارد (میکروفیلتراسیون، لخته سازی ، اولترافیلتراسیون ، نانوفیلتراسیون، اسمز معکوس ، اشعه ماورابنفش، ازن و کلرزنی) و در شکل (۲) روش عملی نابودی ویروس از فاضلاب ها نشان داده شده است.



شکل ۲ - *روش عملی نابودی ویروس در فاضلاب (ناصری و علی محمدی، ۱۳۹۹)*

انتقال ویروس کرونا (کوید-۱۹) از طریق شیرابه اجساد در آرامستان ها

علاوه بر آلودگی منابع آبی توسط مواد شوینده و فاضلاب ها، آلودگی منابع آب های زیر زمینی و سطحی توسط شیرابه های حاصل از دفع زباله و اجساد مبتلا به کوید-۱۹ در آرماستان ها نیز وجود دارد. منابع آب های زیرزمینی و سطحی میتوانند در اثر دفن ناصحیح اجساد و تجزیه اجساد قربانیانی که در اثر ابتلا به عفونت های مسری فوت نموده اند آلوده شوند. بنابراین، انتخاب محل دفن مناسب با توجه به مشخصات خاک و زمین به نحوی که از آلودگی منابع آب و خاک جلوگیری کند امری ضروری است (شیخ هادی، ۱۳۸۴). در مطالعه ای که بر روی آرامستان ها انجام گرفته، وجود باکتری ها و امکان نفوذ مواد حاصل از تجزیه آنها به درون آبهای سطحی ثابت شده است (سیم زر، ۲۰۱۳). مطالعات انجام شده در رابطه با آبهای زیرزمینی در پیرامون قبرستان ها در استرالیا، برزیل و ایالات متحده آمریکا همگی شواهدی از آلوده شدن آبها توسط مواد آلی ناشی از فرآیند تجزیه اجساد دارند (بهمن یار و صادقی، ۱۳۹۹). بررسی داده های آنالیز هیدروشیمی نمونه های آب های زیرزمینی براداشت شده از اطراف قبرستان ها نشان میدهد که، غلظت عناصری مثل کلسیم، منیزیوم و سولفات بالا بوده است، از طرفی چون این عناصر محصولات واپاشی و تجزیه اجساد انسان ها می باشند، میتوان به این نتیجه رسید که غلظت بالای این عناصر در آبهای زیرزمینی در اثر انتقال شیرابه های ناشی از تجزیه اجساد به آبخوان می باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعه نمونه های آب های زیرزمینی اطراف گورستان رحمت در تبریز نیز شواهدی از آثار نفوذ شیرابه اجساد بر آب های زیرزمینی نشان میدهد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). باید محل دفن اجساد از منابع آبی و آبخوان ها به حد کافی دور باشد و زمین شناسی و هیدورژئولوژی منطقه مساعد باشد. شرایط هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه باید به گونه ای باشد که سطح آب زیرزمینی به اندازه کافی پایین باشد تا مانع از تراوش و رسیدن شیرابه های ناشی از تجزیه اجساد به منابع آب زیرزمینی شود. محل احداث آرامستان از نظر شرایط و خصوصیات زمین شناسی باید دارای نفوذ پذیری ناچیز، و جنس لایه ها نفوذ ناپذیر باشد. در نتیجه بهترین محل برای

احداث، سازند های آرژیلیتی، شیلی و مارنی، توده های آذرین و دگرگونی سالم و خرد نشده می باشد (ندری و همکاران، ۱۳۹۷) . در تهران با توجه به پایین بودن سطح آب های زیرزمینی در ایران و همچنین دور بودن قبرستان ها از سفره های آب زیرزمینی امکان آلودگی توسط شیرابه اجساد وجود ندارد، اما نیاز به بررسی دارد تا اطمینان کامل حاصل شود (میرزاخانی، ۱۳۹۹). میتوان با ارائه راهکارهای مفید از تاثیر شیرابه اجساد بر منابع آب های زیرزمینی جلوگیری نمود که در جدول (۱) برخی از این راهکارها ارائه گردیده است.

جدول۱ – *راهکارهای جلوگیری از نفوذ شیرابه اجساد در آرامستان ها و آلودگی آب های زیرزمینی*

ردیف	راهکارهای جلوگیری از نفوذ شیرابه اجساد در آرامستان ها	منابع
۱	قلیایی کردن محیط دفن اجساد توسط آهک	حافظی مقدس، ۲۰۰۶
۲	استفاده از نانو ذارات نقره و واکنش با کانی های بنتونیت	بهمن یار و صادقی، ۱۳۹۹
۳	استفاده از خاصیت خود پالایی ترکیباتی همچون سرب، روی، کلسیم، منیزیم و سولفات	بهمن یار و صادقی، ۱۳۹۹
۴	استفاده از روکش ها صنعتی نفوذ ناپذیر صنعتی	حافظی مقدس، ۲۰۰۶
۵	استفاده از خشت های گلی	خشکبار صادقی و همکاران، ۲۰۱۸
۶	آغشته کردن اجساد با محلول غلیظ پرکلرین و محلول دو درصد فنول یا کرزول	قنبری و سیمانی فر، ۲۰۱۴

۳- جمع‌بندی و نتیجه گیری

شیوع ویروس کوید-۱۹ در جهان از اواخر دسامبر ۲۰۱۹ قربانیان زیادی گرفته است و تا کنون نیز دارو و واکسنی آن بطور دقیق کشف، آزمایش و عمومی نشده است. گسترش این ویروس در جهان سبب اثرات منفی گسترده ای بر محیط زیست و منابع آبی گردید و سلامت عمومی و محیط زیست را به خطر انداخته است. هرچند تا کنون گزارشی مبنی بر انتقال ویروس کوید-۱۹ از طریق آب وجود ندارد، اما با پیدا شدن این ویروس در مدفوع و فاضلاب ها بر این نگرانی افزوده شده است. متاسفانه مطالعات در این زمینه تاکنون محدود و نیاز به تحقیقات گسترده دارد. اگر کشورها از تأثیر اپیدمی کرونا ویروس (کوید-۱۹) بر محیط زیست و منابع آبی غافل شوند ، مشکلات زیست محیطی بسیاری را به وجود خواهد آورد که مدیریت آن ممکن است طولانی تر و شاید دشوارتر باشد.

٤- منابع

[۱] بهمن یار، ک.، صادقی، م. (۱۳۹۹). بررسی پیشگیری از انتشارعوامل بیماری زا ناشی از اجساد قربانیان مبتلا به کرونا ویروس بر منابع آب وخاک بااستفاده از خواک کانی شناسیی برای ایزولاسیون کردن آرامستان ها، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم ومهندسی، هلند، دانشگاه دانشگاه فردوسی مشهد..

[۲] شیخ هادی ، ر. (۱۳۸۴). خطرات بیماریهای عفونی ناشی از اجساد پس از بحران های طبیعی ونحوه برخورد با اجساد، دومین همایش علمی تحقیقی مدیریت امداد و نجات، تهران، https://civilica.com/doc/35129.

[۳] حافظی مقدس، ن.، حاجی زاده، ه.، شهریاری، ر.، و امانیان، م. (۱۳۸۶). مکانیابی محلهای دفن پسماندهای ویژه در استان خراسان رضوی،پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران،تهران، https://civilica.com/doc/34281.

[۴] خشکبار صادقی، ع. و قربودی، م. (۲۰۱۸). تهیه نانوکامپوزیت پلی اتیلن- پلی وینیل الکل- نقره و بررسی خواص فیزیکو شیمیایی و ضد باکتریایی آن، *نشریه زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس*، ۹ (۴). ۶۰۳-۶۰۹، magiran.com/p1955233.

[۵] محمدی، س.، واعظی، ع. و زرینی، غ. (۱۳۹۲). بررسی آلودگی ناشی از قبرستان وادی رحمت تبریز بر آبخوان منطقه، هشتمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، مشهد ، دانشگاه فردوسی مشهد، https://civilica.com/doc/232994 .

[۶] ندری، ر.، علیپور فرد، ا.، جمشیدی، ا.، و یگانه فر، ه. (۱۳۹۷) بررسی تاثیر گسل پیرحیاتی در شمال غرب شهرستان خرم اباد بر روی خصوصیات مکانیکی سنگ های محدود گسل، یازدخمین همایش ملی تخصصی زمین شناسی دانشگاه پیام نور و بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، قم، https://civilica.com/doc/857617.

[۷] قنبری، ق. و سیمانی فر. (۲۰۱۴). دفن ایمن اجساد افراد مبتلا یا مشکوک به ابتلا ویروس ابولا، دانشگاه علوم پزشکی خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، معاونت امور بهداشتی واحد بهداشت محیط. http://www.sbmu.ac.ir/uploads/mozi3.pdf.

[۸] میراخانی، ع. (۱۳۹۹). روز نامه اقتصاد انلاین (https://www.donya-e-eqtesad.com/fa/tiny/news-3590217) .

[۹] احسنی پور، ح. (۱۳۹۴). خبرگزاری مهر https://www.mehrnews.com.

[۱۰] لباف، ع. (۱۳۹۷). روزنامه ایران . https://www.magiran.com.

[۱۱] علی شیری، غ. (۱۳۹۳). مجله پزشکی بهپو https://www.behpu.com.

[۱۲] هفته نامه سلامت. (۱۳۹۳). https://article.tebyan.net.

[۱۲] ناصری، س و علی محمدی، م. (۱۳۹۹) بررسی حضور ویروس –در فاضلابخام و تصفیه ۱۹ شده شهری در شهرهای تهران،انزلی و قم،دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی تهران، دانشکده بهداشت.

[14] Wang, N., Li, S. Y., Yang, X. L., Li, S.Y., Huang, H.M., Zhang, Y.G., Guo, H …, and Shi, Z.L. (2018). Serological evidence of bat SARS-related coronavirus infection in humans, China. Virologica Sinica, 33, 104–107. www.virosin.org https://doi.org/10.1007/s12250-018-0012.
[15] Liu, Y., Gayle, A.A., Wilder-Smith, A., and Rocklov, J. (2020). The reproductive number of COVID-19 is Higher compared to SARS coronavirus. Journal of Travel Medicine, 27 (2), https://doi.org/10.1093/jtm/taaa021.
[16] Chen, N, Zhou, M., Dong, X., Qu, J., Gong, F., Han Y..., and Zhang, p., (2020). Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. Lancet. 395(10223), 507-513. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736 (20)30211-7.
[17] Vellingiri, B., Jayaramayya, K., Iyer, M., Narayanasamy, A., Govindasamy, V., Giridharan, B ..., and Ganesan, H. (2020). COVID-19: a promising cure for the global panic. Science of the Total Environment, 725 (138277). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138277.

[18] Kitajima, M., Ahmed, W., Bibby, K., Carducci, A., Gerba, C.P., Hamilton, K.A., Haramoto, E. and Rose, J.B. (2020). SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs, Science of the Total Environment, 739. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139076.
[19] Holshue, M.L., DeBolt, C., Lindquist, S., Lofy,K.H., Wiesman, J., Spitters, C…, and Cohn, A. (2020). First case of 2019 novel coronavirus in the United States, New England journal of Medicine. 382, 929–936. DOI: 10.1056/NEJMoa2001191.
[20] Xu, Y., Li, X., Zhu, B., Liang, H., Fang, C., Gong, Y…, and Shen, J. (2020). Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. Nat Med, 26, 502–505. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0817-4.
[21] Venugopal, A and Ganesan, H. (2020). Novel wastewater surveillance strategy for early detection of coronavirus disease 2019 hotspots, Current Opinion in Environmental Science & Health, 17, 8–13. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.05.003
[22] Tanjena, R., and Islam, S.M. (2020. Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability, Heliyon, 6 (9), e04965. https://doi.org/10.1016/j.
[23] Rahman, M. (2020, 14 April). Rare dolphin sighting as Cox's Bazar lockdown under COVID-19 coronavirus. https://www.youtube.com/watch?v¼gjw8ZllIlbQ.
[24] Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D., Holbrook, M., Gamble, A., Williamson, B…, and Munster, V. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1, New England journal of Medicine, 382, 1564–1567. https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973.
[25] Somani, M., Srivastava, A.N., Gummadivalli, S.K. and Sharma, A. (2020). Indirect implications of COVID-19 towards sustainable environment: an investigation in Indian context. Bioresource Technology Reports, 11, 100491. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100491.
[26] La Rosa, G., Iaconelli, M., Mancini, P., Bonanno Ferraro, G., Veneri, C., Bonadonna, L., Lucentini, L. and Suffredini, E. (2020). First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. Science of the Total Environment, 736 (139652). http://dx.doi.org/10.1016/ j.scitotenv.2020.139652.
[27] Singh, N., Tang, Y. and Ogunseitan, O.A. (2020). Environmentally sustainable management of used personal protective equipment. Environ. Sci. Technol, 54 (14), 8500–8502. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03022.
[28] Madsen, T., Boyd, H. B. and Simonsen, F.A. (2001). Environmental and Health Assessment of Substances in Household Detergents and Cosmetic Detergent Products, Environmental Project No. 615. Danmark. Danish Environmenal Protection Agency, https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2001/87-7944-596-9/pdf/87-7944-597-7.pdf.
[29] Boshe, A. (1998). Human enteric viruses in the water environment: a minireview, International Microbiology 1(3):191-6. DOI:10.2436/IM.V1I3.39.
[30] Boshe, A. (2008). Human viruses in water (Perspectives in medical virology, vol. 17, INT. Microbiol, 11, 69- 70. https://www.researchgate.net/publication/4105939.
[30] Wurtzer, S., Marechal, V., Mouchel, J. and Moulin, L. (2020). Time Course Quantitative Detection of SARS-CoV-2 in Parisian Wastewaters Correlates with COVID-19 Confirmed Cases. medRxiv. 10–13. https://www.researchgate.net/publication/339917826. https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679
[31] Collivignarelli, M.C., Collivignarelli, C., Carnevale Miinoa, M., Abba, A., Pedrazzani, R. and Bertanzac, G. (2020). SARS-CoV-2 in sewer systems and connected facilities. Process Safety and Environmental Protection, 143, 196- 203. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.06.049.

[32] Carducci, A., & Federigi,I., Liu, D., Thompson, J.R & Verani, M. (2020). Making Waves: Coronavirus detection, presence and persistence in the water environment: State of the art and knowledge needs for public health, Water Research, 179. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115907.
[33] Naddeo.V. and Liu, H. (2020). Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond. Environmental Science: Water Research & Technology, 6, 1213-1216. https://doi.org/10.1039/D0EW90015J.
[34] Wang, X.W., Li, J.S., Guo, T.K., Zhen, B., Kong, Q.X., Yi, B..., and Xiao, W.J. (2005). Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan hospital and the 309th hospital. J. Virol. Methods 128 (1-2), 156-161. https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2005.03.022.
[35] Wang, X.W., Li, J., Guo, T., Zhen, B., Kong, Q., Yi, B..., and Li, J., (2005b). Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan hospital and the 309th Hospital of the Chinese People's liberation Army, Water Sci. Technol, 52, 213–221. https://doi.org/10.2166/ wst.2005.0266.
[36] WHO. (2020). Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus. Technical brief 3 March 2020. Unicef..
[37] Brown, D.M., Butler, D., Orman, N.R. and Davies, J.W., (1996). Gross solids transport in small diameter sewers. Water Sci. Technol. 33 (9), 25–30.
[38] Mao, K., Zhang, H. and Yang Z. (2020). Can a paper-based device trace COVID-19 sources with wastewater-based epidemiology, Environmental Science and Technology, 54, 3733–3735. DOI: 10.1021/acs.est.0c01174.
[39] Hart, O.E. and Halden, R.U. (2020). Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges, Science of the Total Environment, 730 (138875). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138875.
[40]- Islam, S.M.D., Rahman, S.H., Hassan, M., and Azam, G. (2016). Municipal solid waste management using GIS application in Mirpur area of Dhaka city, Bangladesh. Pollution, 2 (2), 141–151.
[41] Zambrano-Monserrate, M.A., Ruanob, M.A., and Sanchez-Alcalde, L. (2020). Indirect effects of COVID-19 on the environment. Sci. Total Environ. 728, 138813.
[42] Mahmood, A., Eqan, M., Pervez, S., Tabinda, A.B., Yasar, A., Brindhadevi, K., and Pugazhendh, A. (2020). COVID-19 and frequent use of hand sanitizers; human health and environmental hazards by exposure pathways, Science of the Total Environment, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140561.