تأمین آب و تصفیه فاضلاب در شهر کیف

بعد از حادثه چرنوبیل

نویسنده : نیکلای تزاریک

مترجم : محمدرضا سلسبیل

بعد از فاجعه ۱۹۸۶ نیروگاه اتمی چرنوبیل نزدیک شهر کیف در اکراین منابع آب سطحی شهر، شامل رودخانه دنیپر و یک آبگیر به ذرات هسته‌ای آلوده گشت . بدنبال ایجاد این وضعیت توجه ویژه‌ای به لجن فعال حاصل از تصفیه فاضلاب معطوف گردید.

مسئولین سازمان آب و فاضلاب شهر کیف بلافاصله با تشکیل یک گروه تحقیقاتی اقدامات زیر بنایی لازم را برای حفاظت عموم آغاز نمودند. این اقدامات عبارت بود از:

مراقبت شدید - باردار کردن ابر - حفر چاههای اضافی و توسعه طرحهای اضطراری . بعلاوه اطراف چرنوبیل در زیرزمین یک مانع ساخته شد و به سرعت یک تصفیه خانه بزرگ روی رودخانه دزنا احداث گردید .زیرا مسلم بود عناصر رادیو اکتیویته آب این رودخانه در حجمی معادل، کمتر از رودخانه دنیپر بود.

کیف ،پایتخت اوکراین ، شهری است با ۲/۷ میلیون نفر جمعیت که نیاز آب آشامیدنی آن در حدود ۴۰۰میلیون گالن در روز است . منابع تأمین آب درکیف رودخانه‌های دنیپر، دزنا و همچنین چاههای آرتزین به عمق ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر می‌باشد.آب رودخانه در تصفیه‌خانه آب دنیپر تصفیه می‌شود و آب استخراج شده از منابع زیرزمینی چون با استانداردهای آب مشروب مطابقت دارد احتیاج به تصفیه ندارد.منابع آب زیرزمینی بیشتر از ۲۰ درصد از آب مورد نیاز را تأمین می‌نماید. فاضلابها در تصفیه خانه فاضلاب کیف تصفیه می‌شوند و پساب آنها به رودخانه دنیپر در پایین دست شهر تخلیه می‌گردد. در تابستان بخشی از این پساب جهت آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تهیه آب آشامیدنی یکی از جدی ترین مسائلی بود که بعد از حادثه ۲۶ آوریل ۱۹۸۶ نیروگاه اتمی چرنوبیل بایستی با آن برخورد می‌شد. زیرا واضح بود که رادیو اکتیویته منابع آب شهر را آلوده کرده و نیاز به اقدامات فوری و زیربنایی بود.

بزرگترین نگرانی مربوط می‌شد به آلودگی بوجود آمده در مخزن آب شهر کیف که به تصفیه‌خانه دنیپر هدایت می‌شد.رودخانه پری‌پیت که نیروگاه اتمی چرنوبیل در کنار آن قرار گرفته‌است به قسمت بالایی این مخزن جریان می‌یابد. مسافت بین نیروگاه و شهر کیف ۱۰۰کیلومتر می‌باشد.

افزایش ذرات هسته‌ای در اثر تغییر جهت باد

در ۲۷ آوریل، یک روز بعد از حادثه در همان ساعات اولیه مراقبتهای شبانه‌روزی شدیدی ازنظرشاخصهای

رادیولوژیکی در مخازن در مراحل مختلف تصفیه آب و در سیستم توزیع آب شهر شروع شد. در چند روز اولیه در میزان ذرات هسته‌ای در مخازن کیف افزایشی مشاهده نشد. وقتی که راکتور منفجر شد توده‌های ابر تشکیل شده توسط بادهای موسمی و متداول به طرف غرب، شمال و شمال شرقی پراکنده شد.

از ۳۰ آوریل به بعد وضعیت به صورت جدی‌تری تغییر کرد. از این روز تا هشتم ماه مه باد عناصر رادیواکتیو را به طرف جنوب منتقل کرد و قسمتی از آنها را از نواحی نیروگاه اتمی به طرف شهر کیف پراکنده نمود.

رادیو اکتیویته آب در رودخانه دنیپر به سرعت شروع به افزایش نمود. زیرا ذرات هسته‌ای که مستقیماً در هوا پخش شده بود، ذرات هوا را باردار کرده تا اول ماه مه به بالاترین مقدار خود (حدود ۸-۱۰ کیوری بر لیتر Ci/L) رسید. آب حاوی ذرات هسته‌ای در مدت ۳۰ روز توسط رودخانه دنیپر، رودخانه پری‌پیت و آبگیراز محل حادثه به شهر کیف رسید.

در ماه مه ۱۹۸۶ وزارت بهداشت روسیه بر آن شد تا استانداردهای مو قتی در مورد حداکثر مجاز مجموع فعالیت β را در آب شرب به شرح زیر اعمال نماید:

درموردآب مورداستفاده درظرف ۱ماه۷×۱۰^{-۸}Ci/L

درموردآب مورداستفاده در ظرف۳ماه۲×۱۰^{-۸}Ci/L

درموردآب مورداستفاده درظرف ۱سال۶×۱۰^{-۹}Ci/L

استانداردهای تعیین شده با استانداردهای ایمنی رادیو اکتیو وزارت بهداشت عمومی مطابقت می‌کرد مشروط بر اینکه در یک فرد با عمر متوسط ۷۰ سال دوز تیروئید از ۳۰ رم و دوزبقیه اعضا و بافتهای بدن از ۱۰ رم تجاوز نکند . بعداً استانداردهای حداکثر غلظت مجاز ذرات هسته‌ای در آب آشامیدنی چند برابر سخت‌تر شد . استانداردهای رایج به شرح زیر می‌باشد:

سزیم ۱۳۷ + سزیم ۱۳۴ در مجموع

۵×۱۰^{-۱۰}Ci/L

استرنسیوم ۹۰ در مجموع ۱×۱۰^{-۱۰} Ci/L

میزان رادیواکتیو دریافت شده به وسیله مردم بومی شهر کیف که آب شرب تصفیه شده آنها از ایستگاه تصفیه خانه دنیپر تأمین می‌شد در مرکز وزارت بهداشت عمومی اندازه‌گیری و محاسبه می‌شد و این ذرات هسته‌ای دریافت شده به شرح زیر گزارش شد:

غلظت متوسط سالیانه در مورد سزیم ۱۳۷ واسترانسیوم ۹۰ به ترتیب ۴×۱۰^{-۱۲}Ci/L و$۵/۶\times۱۰^{-۱۲}$Ci/L بود .

با فرض متوسط مصرف سالیانه آب برای هر نفر ۸۰۰ لیتر مقدار اولی ۰/۲ میلی رم و بعدی ۴ میلی رم می‌باشد که به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۸ در صد محدوده‌های پیش‌بینی شده بوسیله استانداردهای ایمنی تابش می‌باشد.

اقدامات صورت گرفته در محدوده انتشار ذرات هسته‌ای در ناحیه‌ای که نیروگاه اتمی واقع شده بود عبارتند از:

- به منظور محدود کردن جریان آب به داخل رودخانه پری‌پیت تعداد ۱۴۰ سد و خاکریز ساخته شد.
- قسمتهای لجن‌گیر کف رودخانه‌ها، استخرهای خنک کننده و منابع آب شستشو شد.
- یک مانع به طول ۸کیلومتر و عمق ۳۵-۳۰ متر تا بخش غیر قابل نفوذ رس در اطراف نیروگاه اتمی ساخته شد .
- ابرهای بارانی که در همان نزدیکی یعنی در شعاع ۳۰ کیلومتری ناحیه قرنطینه تشکیل شده بود به وسیله مواد شیمیایی منتشر شده توسط هواپیما شکسته و خنثی شدند. گستردگی ناحیه قرنطینه ۳۰کیلومتر بود و تمام منطقه چرنوبیل را مستقیماً در بر می‌گرفت و مردم اجازه زندگی در این ناحیه را نداشتند.

توسعه طرحهای اضطراری

در کیف چندین طرح اضطراری برای تأمین آب شهر تهیه و تنظیم شد. با توجه به شرایط جاری و متداول آن روز در مورد غلظت مجاز ذرات هسته‌ای در آب قرار شد که طرح های ویژه‌ای کامل و اجرا شود.

طرح اضطراری (۱) - به خاطر اینکه بیشترین صدمه از نظر آلودگی به آب آشامیدنی وارد می‌شود تصمیم گرفته شد که به کار آبگیری مخزن شهر کیف از رودخانه دنیپر خاتمه داده شده و آب شهر توسط لوله از رودخانه دزنا به ایستگاه تصفیه خانه دنیپر منتقل شود. انجام این کار نیاز به

یک سری تسهیلات داشت که طراحی و ساخت آن در عرض هفت هفته صورت گرفت .این تسهیلات عبارتند از :

- تسهیلات جدید آبگیری از رودخانه دزنا
- یک ایستگاه پمپ شناور
- دو خط لوله تحت فشار آب با قطرهای ۱۴۰۰ و ۹۰۰ میلیمتر و طول ۱۱ کیلومتر که آب را از عرض رودخانه عبور می‌داد
- یک سیستم انرژی الکتریکی مرکب

از ۲۱ ژوئن ۱۹۸۶ محل برداشت آب از رودخانه دنیپر خاتمه یافته بود و تهیه آب شهر کیف از رودخانه دزنا و چاههای آرتزین صورت می‌گرفت .این طرح تا پایان سال ۱۹۸۶ مورد استفاده قرار گرفت زیرا اکتیویته آب رودخانه دزنا در حد به توان ده کمتر از رودخانه دنیپر بود. این سیستم بعدها در طی طغیانهای بهاری مجدداً فعال می‌شد زیرا ذرات هسته‌ای توسط رواناب ازسطح آب شسته و به رودخانه دنیپر وارد می‌شدند.

طرح اضطراری (۲) - در صورتی که حداکثر غلظت مجاز ذرات هسته‌ای نه تنها در رودخانه دنیپر بلکه در رودخانه دزنا از حد استاندارد تجاوز می‌کرد طرحی شکل گرفته بود که از منابع آب زیرزمینی برای تهیه و تأمین آب شهر استفاده شود. در کنار ۳۰۰ چاه فعال ۵۷ چاه دیگر برای بهره‌برداری ایجاد شد . هر چند این تعداد چاه نیز نمی‌توانست احتیاجات آبی شهر را برطرف نماید . جایگاههایی برای توزیع آب چاه درست شده بود بطوریکه مردم برای رفع نیاز آبی شان بدانها مراجعه می‌کردند . از کامیونهای تانکردار هم برای حمل آب به نقاطی که چاه آرتزین نداشت استفاده می‌شد. هر چند این طرح هرگز به طور کامل جامه عمل نپوشید.

طرح اضطراری (۳) - این طرح هم هرگز به طور کامل عملی نشد و شامل استفاده آب از یک دریاچه نزدیک شهر کیف بود که قادر بود مقدار ۱۰۶×۲۵ مترمکعب آب آشامیدنی از آن برداشت کند.

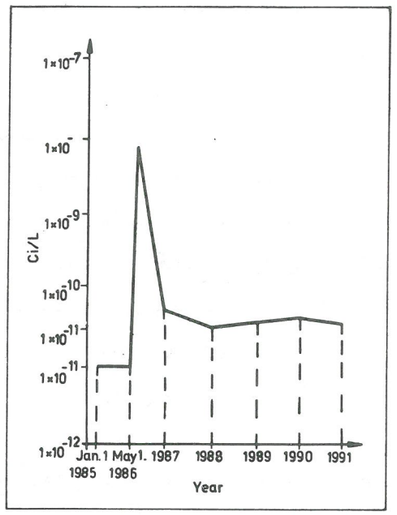
فرایندهای تصفیه اصلاح شده تغییراتی در تکنولوژی فرایندهای تسهیلات تصفیه آب بوجود آمده بود. در ایستگاه تصفیه‌خانه دنیپر، آب طبق روش زیر تصفیه می‌شد:

آبگیری -ایستگاه پمپاژاولیه -مخلوط کننده‌ها- مخازن تصفیه - ته‌نشینی افقی - صافیهای سریع -اوزون‌زنی مخازن آب تمیز و ایستگاه ثانویه - پمپاژآب.

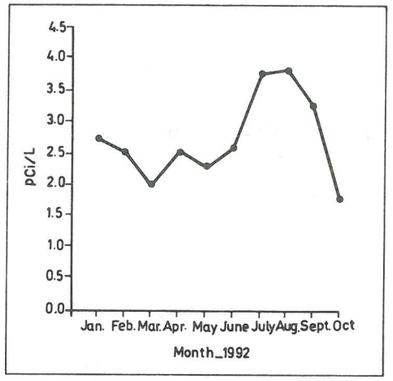
از دیگر موادی که در تصفیه آب استفاده می‌شود معرفهای کلر و سولفات آلومینیم را می‌توان نام برد . در صافیهای سریع کربن فعال و زئولیت که یک جاذب طبیعی است به جای شن مورد استفاده قرار گرفت .

آزمایشهای دیگری در ایستگاه تصفیه‌خانه دنیپر انجام شد که نشان می‌داد کربن فعال مؤثرترین ماده برای حذف ید ۱۳۱ و روتنیوم ۱۰۶ از آب است و زئولیت اثر ویژه‌ای روی سزیم ۱۳۷ و استرنسیوم ۹۰ و سزیم ۱۳۴ داشت . بدبختانه مواد جاذب فقط برای حدود ۳ ماه می‌تواند مؤثر واقع شود و بعد از اینکه حجم رادیو اکتیو موجود در آنها به میزان معینی در آب رسید قادر نخواهد بود مقدار بیشتری از ذرات هسته‌ای موجود در آب را جذب نماید. صافیهای سریع مخلوط با شن کوارتز از طریق گرفتن مواد جامد معلق به کاهش رادیواکتیویته در آب کمک می‌کنند. بعد از هر شست و شوی فیلترها رادیو اکتیویته آن به سطح قبلی بر می‌گردد. عوامل دیگری از قوانین تجزیه رادیو اکتیو بر میزان نوسان ذرات هسته‌ای در آب در زمان طولانی اثر می‌گذارد . مشاهدات نشان می‌دهند که مقدار ذرات هسته‌ای در آب نیز بستگی به زمان ، شرایط آبهای اتمسفری و فرایندهای بیولوژیکی در مخازن دارد .در فصل بهار وقتی که برفها ذوب می‌شوند و بخصوص زمانی که سیلابهای بهاری در حجم زیادی جاری می‌شوند، مقدار ذرات هسته‌ای در آب بیشتر از ۱۰ برابر افزایش می‌یابد. اخیراً در آب رودخانه دنیپر دو ذره هسته‌ای با عمر طولانی مشاهده شده که عبارتست از استرنسیوم ۹۰ به میزان ۷×۱۰^{-۱۲}Ci/L وسزیم ۱۳۷ به میزان ۴×۱۰^{-۱۲}Ci/L.

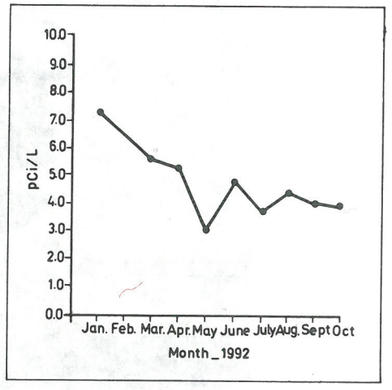
شکل (۱) مجموعه اکتیویته β آب رودخانه دنیپر از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۱ را نشان می دهد. شکل (۲) و (۳)



شکل (۱) - مجموعهٔ فعالیت β آب در رودخانه دنیپر در زمانهای مختلف



شکل (۲) - میانگین غلظت ماهانه سزیم ۱۳۷ ($۱۰^{-۱۲}$ Ci/L)



شکل (۳) - میانگین غلظت ماهانه استرانسیوم ۹۰ ($۱۰^{-۱۲}$ Ci/L) در رودخانه دنیپر - ۱۹۹۲

اطلاعات اندازه‌گیری شده در سال ۱۹۹۲ به صورت ماهانه برای غلظتهای سزیم ۱۳۷ و استرنسیوم . ۹۰ به ترتیب در رودخانه دنیپر را نشان می دهد.

متخصصین انستیتو سیبرنتیک آکادمی علوم کیف نرم افزار خاصی تدوین نموده‌اند که بهره‌برداری از آبگیر را طراحی کرده‌اند و تاثیرات شرایط آبهای اتمسفری‌را بر میزان تابش در آبشار کوچک دنیپر اندازه‌گیری کرده‌اند تا تاثیر ذرات هسته‌ای در آب را بررسی و پیش‌بینی کند.

با افزایش اکتیویته آب آشامیدنی، رادیو اکتیویته فاضلاب ، مواد ته‌نشین شده و لجن حاصل از آنها نیز افزایش یافته بود.در ماه مه ۱۹۸۶ اکتیویته ورودی فاضلاب در تسهیلات تصفیه خانه شهر کیف $۹\times۱۰-۸\times۸$Ci/L بود. نهایتاً اکتیویته فاضلاب خروجی به یک مقدار ثابتی کاهش یافت . این مقدار امروزه به $۱۱\times۱۰-۳\times۳$Ci/L رسیده است .

وضعیت غیر عادی در لجن

پس از حادثه چرنوبیل شرایط غیر عادی خاصی در لجن بوجود آمد . از آغاز ماه مه توده مرده‌ای از کلرلا مشاهده شد. تعداد پوسته آمیبها (آرسلا سنتروفیکس) به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت .درآخرماه مه ارگانیسمهای شناور شامل باکتریهای رشته‌ای به صورت غالب در آمدند ،گونه‌های بزرگتری از آمیب به میزان زیادی ظاهر شدند و همچنین گونه‌های تاژکوران که سابقابسیار کمیاب بود بوجود آمدند.لجن بدست آمده تمایل به شناور شدن داشت . این وضعیت در ماه ژوئن هم تغییر نکرد به طوری که توده آمیب بی نهایت بزرگ و فعال شده بود و اغلب اوقات بیشتر از معمول با این آمیب و نیز گاستروتریکا مواجه می‌شدیم . نزدیک آخر ژوئن آمیب بزرگ به سرعت ناپدید شد و افزایش جالبی از زوگلا-زامیگرآ دیده شد. از جولای تا سپتامبر ۱۹۸۶ لجن فعال به تدریج به شرایط قبل از حادثه بر می‌گشت .در ماه مه ۱۹۸۶ رادیو اکتیویته موجود در لجن محتوی ۹۷٪ آب در تصفیه‌خانه فاضلاب $۸-۱۰$Ci/L برای مجموع فعالیت β بود. نهایتاً تصمیم گرفته شد که جمع‌کننده مخصوص لجن با مساحت ۱۰۰ هکتار با فونداسیون بتنی ضد آب

ساخته شود. تجربیات به دست آمده در مورد تهیه آب آشامیدنی در شرایط محیطی آلوده به رادیو اکتیو در شهر کیف نتایج حاصله دیگری نیز در بر داشت :

● منابع سطحی آب برای تأمین آب قابل اعتماد نیستند.زیرا آنها به وسیله پخش ذرات هسته‌ای موجود در هوا به آسانی در معرض آلودگی رادیواکتیو قرار می‌گیرند. علاوه بر آن آلودگی سطح خاک به وسیله باران و جاری شدن جریانهایی نظیر سیلابها ، ذوب شدن برف و جریان آبهای زیرزمینی در سطح زمین شسته می‌شوند. باید چندین منبع برای تأمین آب انتخاب می‌شد که یکی از آنها منبع آب زیرزمینی باشد .این منابع بایستی بطور کامل ایزوله می‌شدند و اطراف آنها موانعی می‌ساختند که رطوبت به آنها نفوذ نکند.

● بطور معمول تا زمانی که رادیواکتیویته آب زیاد است،از تسهیلات تصفیه آب برای مدتی طولانی نمی‌توان استفاده نمود. ساختمان فیزیکی تصفیه‌خانه از ذرات هسته‌ای اشباع می‌شود و خودش یک منبع آلودگی رادیواکتیو می‌شود. حقیقتاً غیر فعال کردن این ساختمان غیر ممکن است .مواد موجود در فیلتر خیلی سریع آلوده می‌شوند و بایستی تعویض یا اصلاح شوند.

● استفاده پر خرج اقداماتی در زمینه مهندسی آب در ناحیه حادثه دیده مانند سد ، خاکریز، مانع ، لجن‌گیر و غیره باعث جلوگیری از افزایش رادیواکتیویته آب نشد و تنها توانست تا حدودی میزان این افزایش راکاهش دهد.

● فرایند تجزیه طبیعی رادیو اکتیو، تأثیر شرایط اتمسفری و فرایندهای بیولوژیکی شرایطی برای اصلاح طبیعی ایجاد می‌کنند.

● سطح آلودگی آب همراه با قوانین ویژه و عواملی نظیر اینکه چطور از مخازن استفاده شوند و شرایط متداول و شایع اتمسفری تغییر می‌کند و ممکن است با استفاده از مدلهای کامپیوتری پیش‌بینی شود.

نقل از :

Journal AWWA, January 1993