

بررسی منشاء آلودگی آب به فلور در توابع شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی

رامین سلماسی^{۱*}

raminsalmasi@yahoo.com

چکیده

بر اساس گزارش مرکز بهداشت و شکایات اهالی روستای قلندر از توابع شهرستان اهر واقع در استان آذربایجان شرقی، مشکل وجود مقادیر بالای عنصر فلور در آب آشامیدنی این روستا وجود دارد. در این راستا، پژوهش حاضر طراحی شده است تا وجود آلودگی آب (و شاید خاک) به فلور و منشا این آلودگی را بررسی نماید. به این منظور از آب، خاک و سنگ حوزه نمونه‌برداری و ویژگی‌های هدایت الکتریکی، دما و pH نمونه‌های آب در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. در آزمایشگاه تجزیه کاتیون‌ها و آنیون‌ها و مقدار فلور بر روی نمونه‌های آب، خاک و سنگ انجام گرفت. همچنین از نمونه‌های سنگ مقاطع میکروسکوپی تهیه شد و این نمونه‌ها به روش XRF تجزیه شدند. بر اساس یافته‌های به دست آمده، تیپ آب در مناطق کم دگرسان شده و آهکی، بی‌کربنات-کلسیک؛ در روستای قلندر با دگرسانی شدید، سولفات-سدیک و در بقیه نمونه‌ها سولفات-کلسیک است. هم‌سنجی یافته‌های به دست آمده با استانداردهای آب آشامیدنی ایران، WHO و EPA نشان داد یون فلور و سولفات در برخی نمونه‌های آب بالاتر از دامنه مجاز قرار دارند. رسم نمودارهای تغییرات غلظت عناصر در نمونه‌های آب، بین یون‌های فلور، بیکربنات و سدیم تناسب خوبی را نشان داد. حضور کانی‌های فلوردار بیوتیت، هورنبلند و آپاتیت در مطالعه مقاطع میکروسکوپی و وجود مقادیر بالایی از فلور در نتایج حاصل از XRF نمونه‌های سنگ منطقه، منشا آلودگی آب‌ها به فلور را به سنگ‌های آذرین منطقه نسبت می‌دهد. بر این اساس در صورت گسترش دگرسانی در سنگ‌های منطقه، پتانسیل وقوع این آلودگی بسیار بالا است. اندازه‌گیری مقدار فلور در نمونه‌های خاک برداشت شده، مقدار این یون را در دامنه مجاز نشان داد.

کلمات کلیدی: منابع آب زیرزمینی، تیپ آب، دگرسانی زمین‌شناختی.

۱- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، دانشجوی دکتری رشته علوم خاک، دانشگاه تهران* (مسئول مکاتبات).

مقدمه

می‌باشد. آب‌های با یون بیکربنات ونیز یون سدیم با pH قلیایی موجب افزایش حلالیت کانی‌های غنی از فلئور از فلئور می‌شوند. یک مطالعه که در آب‌های فلئوردار در مالاوی (۱۰) انجام شد نشان داد که منشا فلورید وابسته به بیوتیت هوازده سپس هورنبلند و فلوریت می‌باشد. بسیاری از این آب‌ها منشاء سطحی دارند که به داخل سنگ هوازده نفوذ می‌کند و فلئور را به صورت محلول در می‌آورد. بالا بودن فلوراید می‌تواند منشاء آتشفشانی نیز داشته باشد. بررسی آب‌های سطحی و زیرزمینی با روش آنالیز چندگانه در غرب دلتای نیجر در نیجره (۱۱) مشخص کرد که آلودگی به فلئور در آب‌های کم عمق رخ داده و علت اصلی حضور کانی‌های حامل فلئور یعنی هیدروآپاتیت، فلوراآپاتیت، کریولیت و فلوراسپار می‌باشد که در این محل یافت شده‌اند و نیز این آب‌ها از لحاظ یون سدیم غنی و از یون‌های منیزیم و کلسیم فقیر می‌باشد.

میزان بالای فلئور در برخی مناطق کشور از جمله دشت‌های پلدشت و بازرگان در آذربایجان غربی گزارش شده است (۷). بر اساس بررسی‌های به عمل آمده توسط دانشکده بهداشت و تغذیه استان آذربایجان شرقی مبنی بر شکایت‌های ساکنین روستای قلندر از توابع شهرستان اهر در استان آذربایجان شرقی و اندازه‌گیری‌های محدود به عمل آمده، دشواری وجود میزان بالاتر از حد استاندارد فلئور در آب آشامیدنی این روستا وجود دارد. براساس مدارک مستند میزان فلئور این حوزه آبخیز در بررسی‌های اولیه در سال ۱۳۸۹، ۱/۷۵ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (۱۲).

در مورد ایجاد بیماری در بین ساکنین منطقه قلندر گزارش‌های زیادی تهیه شده ولی تاکنون پژوهشی در زمینه منشا آن صورت نگرفته است. هدف نوشتار حاضر این است که از طریق پیدا کردن منشا آلودگی منابع آب منطقه، کوششی در جهت برطرف سازی زیادی این عنصر به عمل آید. اجرای این پژوهش در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت.

فلئور از دسته عناصری می‌باشد که در بدن انسان عنصری حیاتی به شمار می‌رود و بیشترین جذب آن از طریق آب می‌باشد. در غلظت‌های کم ضرورت داشته و در غلظت‌های زیاد زیان‌آور است (۱). دریافت دراز مدت آنیون این عنصر می‌تواند عوارض سوء مزمن از جمله فلئورزیس دندان‌ی و استخوانی، ناباروری، مشکلات عصبی، آلزایمر و مشکلات تیروئیدی را در پی داشته باشد (۲،۳،۴).

عوامل موثر در ایجاد آلودگی به فلئور در آب هوازدگی و آبشویی سنگ‌ها و کانی‌های حاوی فلئور، طولانی بودن زمان واکنش آب و سنگ، حضور فعال یون‌های سدیم و بیکربنات و فقر کلسیم و منیزیم و pH می‌باشند. میزان pH در آب با غلظت فلئورید نسبت مستقیم دارد. به طوری که آب‌های حاوی pH قلیایی، شرایط مناسب برای انحلال فلئورید را فراهم می‌کنند (۵،۶).

تاکنون پژوهش‌های اندکی در مورد آلودگی به عنصر فلئور در آب‌های زیرزمینی ایران انجام شده است. در بررسی علت افزایش فلئور در آب‌های منطقه ماکو در آذربایجان غربی ایران (۷) نتایج نشان داده شد نمونه‌های آب گرفته شده از مناطق بازالتی انباشت بالای فلئور را نشان می‌دهند. این انباشت در آب‌های زیرزمینی مرتبط با تمرکز یون‌های Na^+ HCO_3^- می‌باشد به طوری که یون‌های یاد شده به افزایش حلالیت کانی‌های غنی از فلورید کمک می‌کند. در بررسی آب‌های غنی از فلورید در منطقه میزونامی ژاپن (۸)، نتیجه گیری شد که فرایند انحلال کانی‌های حاوی فلئور موجب آزاد سازی فلئور شده است. بررسی دلایل زیادی فلور در آب‌های پاکستان (۹) نشان داد که مهمترین ویژگی‌های ژئوشیمیایی کنترل‌کننده حد بالای فلئور در آب بالا بودن TDS، pH قلیایی، انباشت Na^+ و بالا بودن درصد جذب سدیم بوده است. بررسی فرآیندهای زمین شیمیایی کنترل‌کننده انباشت فلئور در آب‌های زیرزمینی حوضه تایوان (۲) نشان داد که آب‌های با فلوراید بالا در مناطق تهی‌شده بویژه در عمق کمتر از ۴ متر دیده می‌شود. علت افزایش فلئور در این آب‌ها به انحلال کانی‌ها ربط دارد و ترکیب شیمیایی آب در میزان انحلال موثر

مواد و روش‌ها

مراحل روش این پژوهش شامل مطالعات دفتری، تهیه نقشه های رقومی پایه، بررسی‌های صحرائی، نمونه برداری از آب، خاک و سنگ، اندازه‌گیری مقدار فلئور در نمونه‌ها، پردازش و تفسیر داده‌ها و نتایج می باشد.

نمونه‌برداری از آب (۱۳ نمونه) بر اساس موقعیت منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه انجام شد (جدول ۱):

نخست ظروف پلی اتیلنی با شوینده شستشو شد، بعد از پاک کردن با آب شهری و سپس آب مقطر و هوا خشک کردن نمونه های زوجی آب از هر ایستگاه گرفته شد. ظروف از آب پر شدند و مقداری آب از دهانه آن ها سرریز گردید تا هیچ حباب هوایی در ظروف نباشد. بعد از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، در دمای ۴ درجه نگهداری شدند تا آزمایش های لازم بر روی آن‌ها انجام گیرد.

در هر ایستگاه پارامترهای دما، شوری، قابلیت هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و اسیدیته با استفاده از دستگاه پرتابل Multimeter, Cystronic, Model 306 اندازه-گیری شدند. همزمان با نمونه برداری از آب، از خاک (۱۰ نمونه) و رخنمون‌های سنگی مرتبط با این منابع و نیز سایر رخنمون‌های سنگی (در مجموع ۱۰ نمونه رخنمون سنگی) نیز نمونه‌برداری انجام گرفت. تجزیه فلئور در نمونه‌های آب (به وسیله روش رنگ سنجی SPANDS)، فلئور در نمونه های خاک و سنگ (با استفاده از دستگاه XRF, VXQ-160S, Shimadzu)، تجزیه کاتیون‌ها (کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون کمپلکسومتری که EDTA به عنوان عامل تیتراکننده بشمار می رود، سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل ۴۱۰ ساخت شرکت شرود) و آنیون‌ها (کربنات و بیکربنات از روش تیتراسیون اسید-باز، کلر با استفاده از الکتروود انتخابی یون Orion A910، سولفات به روش استون) در نمونه‌های آب و تجزیه کانی شناختی (به کمک دستگاه XRD, RAD-1A, Rigaku) نمونه‌های

سنگ در آزمایشگاه مرکز فرآوری مواد معدنی ایران انجام گرفت (۱۴، ۱۳).

نتایج

در این پژوهش به بررسی وجود آلودگی فلئور در منابع آب روستاهای شمال و شمال شرق اهر به ویژه روستای قلندر پرداخته شده است. برای یافتن منشأ آلودگی‌ها، احتمال منشأ بشرزاد بودن آلودگی بسیار ناچیز است و به منظور بررسی منشأ زمین زاد از سنگ، آب و خاک نمونه‌برداری شده و نمونه‌ها مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. نتایج بررسی‌های مختلف صحرائی، میکروسکوپی و تجزیه شیمیایی، به شرح زیر است:

لیتولوژی منطقه ترکیبی از سنگ‌های آذرین درونی، بیرونی و سنگ آهک است که با شدت‌های مختلف دگرگون شده‌اند. مطالعات پتروگرافی حاکی از حضور کانی‌های فلئوردار است. شدت دگرسانی و تغییرات کانی‌ها در مقاطع میکروسکوپی نشان داد که احتمالاً فلئور از سنگ‌ها و کانی‌های فلئوردار طی این مرحله آزاد شده است. نتایج حاصل از XRF نمونه‌های سنگ مقادیر فلئور موجود در سنگ‌های این منطقه را بین ۴۰۰۰ تا حدود ۵۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نشان داد. نمونه‌های سنگ برداشت شده از منطقه، همه متعلق به سری قلیایی هستند.

مطالعات هیدروژئوشیمیایی نشان داد که تیپ نمونه‌های آب، سولفات-کلروره-منیزیک-کلسیک است (جدول ۲). با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی، میزان عنصر فلئور موجود در نمونه‌های آب در بازه ۰/۲ تا ۲/۸۴ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفت. بر این اساس برخی روستاها با کمبود و برخی با زیادی فلئور در منابع آب شان مواجه هستند. همچنین در برخی مناطق مقادیر بیش از دامنه مجاز یون سولفات در آب مشاهده شد.

جدول ۱- نام و مختصات نقاط نمونه برداری و مشخصات فیزیکی نمونه های آب (واحد: میلی گرم بر لیتر)

شماره ایستگاه	کد نمونه	X	Y	H	نوع آب
۱	HW1	۰۶۷۹۳۶۱	۴۲۷۳۲۲۸	۱۷۴۲	آب سطحی قلندر
۲	HW2	۰۶۷۹۴۰۵	۴۲۷۳۱۰۶	۱۷۳۶	مظهر قنات قلندر
۳	HW3	۰۶۷۸۳۱۱	۴۲۷۸۴۲۲	۲۰۲۸	آبراهه عبوری از گرانیت مزرعه
۴	HW4	۰۶۷۹۶۷۷	۴۲۷۹۱۵۴	۲۰۶۸	کانال آب بالا دست معدن مزرعه
۵	HW5	۰۶۷۹۷۰۹	۴۲۷۹۲۷۲	۲۰۹۸	پساب سد معدن مس مزرعه
۶	HW6	۰۶۷۴۳۳۲	۴۲۷۵۱۱۳	۱۹۱۷	پساب معدن صومعه
۷	HW7	۰۶۷۵۱۵۰	۴۲۷۲۰۵۷	۱۶۱۸	آب شرب خانه بهداشت کردلقان
۸	HW8	۰۶۷۷۴۹۰	۴۲۶۶۷۲۰	۱۴۸۱	آب رودخانه قره چای
۹	HW9	۰۶۷۷۴۹۰	۴۲۶۶۷۹۰	۱۴۸۱	مظهر قنات یخفروزان
۱۰	HW10	۰۶۷۵۸۸۹	۴۲۷۵۸۵۸	۱۷۵۲	شاخه غربی مصطفی چای
۱۱	HW11	۰۶۷۵۹۵۰	۴۲۷۵۷۷۸	۱۷۶۱	شاخه شرقی مصطفی چای
۱۲	HW12	۰۶۸۱۸۵۹	۴۲۷۷۰۷۶	۲۱۱۹	آب انبار
۱۳	HW13	۰۶۸۴۱۵۷	۴۲۷۳۱۸۱	۱۸۲۶	آب سطحی

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب (واحدها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	PO ₄ ⁻⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻⁻	F ⁻	Sample Code
۱/۶۰	۹۳/۰۰	۱۸/۰۰	۳۹/۰۰	<۰/۵	۲۷/۰۰	۱۴۶/۰۰	۴۹/۴۰	۱۸۰/۰۰	.	۲/۸۴	HW1
۲/۱۰	۱۰۳/۰۰	۱۹/۰۰	۶۶/۰۰	<۰/۵	۳۱/۸۰	۲۱۳/۰۰	۴۹/۳۰	۲۲۵/۰۰	.	۲/۸۲	HW2
<۰/۵	۷/۰۰	۸/۰۰	۶۵/۰۰	۶/۳۰	۳/۰۰	۱۷/۹۰	۴۴/۱۰	۱۷۵/۰۰	.	۰/۲۰	HW3
۲/۸۰	۲۲/۰۰	۱۱/۰۰	۱۲۹/۰۰	<۰/۵	۲۳/۵۰	۲۶۸/۰۰	۱۳۰/۳۰	۶۰/۰۰	.	۰/۶۱	HW4
۲۶/۶۰	۲۳/۰۰	<۰/۵	۱۲۵/۰۰	<۰/۵	۲۸/۵۰	۱۹۲/۰۰	۱۴۰/۶۰	۱۴۵/۰۰	.	۰/۸۴	HW5
۰/۵۰	۷۹/۰۰	۱۲۸/۰۰	۴۰۵/۰۰	<۰/۵	۱۷۶/۳۰	۴۰۱۶/۰۰	۳۵۰/۰۰	۰/۰۰	.	۱/۲۵	HW6
۰/۵۰	۸/۰۰	۸/۰۰	۳۷/۰۰	۱۸/۶۰	۲۶/۸۰	۶/۶۰	۱۴/۴۰	۱۰۰/۰۰	.	۰/۳۴	HW7
۵/۲۰	۱۱۹/۰۰	۵۸/۰۰	۱۵۹/۰۰	<۰/۵	۲۵/۱۰	۷۴۴/۰۰	۸۹/۳۰	۲۵۰/۰۰	.	۱/۰۷	HW8
۵/۹۰	۱۱۰/۰۰	۴۸/۰۰	۱۴۹/۰۰	<۰/۵	۲۴/۱۰	۷۰۹/۰۰	۸۰/۹۰	۲۱۵/۰۰	.	۱/۱۳	HW9
۰/۸۰	۶/۰۰	۷/۰۰	۴۲/۰۰	<۰/۵	۸/۷۰	۳۰/۱۰	۲۷/۶۰	۱۰۵/۰۰	.	۰/۲۲	HW10
۱/۲۰	۹/۰۰	۱۱/۰۰	۵۹/۰۰	<۰/۵	۱۰/۲۰	۲۸/۲۰	۳۰/۱۰	۱۶۰/۰۰	.	۰/۳۰	HW11
۰/۹۰	۱۱/۰۰	۷/۰۰	۳۲/۰۰	<۰/۵	۱۲/۸۰	۳۲/۱۰	۲۵/۲۰	۹۰/۰۰	.	۰/۲۸	HW12
۱/۹۰	۱۶/۰۰	۱۹/۰۰	۱۱۷/۰۰	<۰/۵	۱۲/۶۰	۱۷۲/۰۰	۳۲/۴۰	۲۳۵/۰۰	.	۰/۴۶	HW13

روستای جوانشیخ دارای دو ترکیب سنگی است، تراکی اندزیت‌ها که دگرسانی نشان نمی‌دهند و توف رسی که فاقد کانی‌های فلئوئوردار است. نمونه آب برداشت شده از این قسمت مطابق انتظار محتوای فلئوئور پایین بوده و دو مقدار ۰/۳۱ و ۰/۲۲ میلی‌گرم در لیتر را نشان می‌دهند. روستای زکلیک اولیا با ترکیب سنگی سنگ آهک است. نمونه آب برداشت شده از اطراف روستای زکلیک اولیا از سنگ‌های آهکی فاقد کانی‌های فلئوئوردار عبور می‌کند و سنگ‌ها دگرسان نشده‌اند، بنابراین نمونه آب با ۰/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر فلئوئور، نه تنها آلوده نیست، بلکه با کمبود فلئوئور هم مواجه است.

نمونه‌های سنگ گرفته شده از حوالی روستای کردلقان بشدت تجزیه شده‌اند. بررسی‌های پتروگرافیکی سنگ مادر آندزیتی این منطقه، وجود کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز، کوآرتز و بیوتیت را در این سنگ‌ها نشان داد. نمونه‌های آب قنات برداشت شده از این منطقه ۱/۱۳ و نمونه آب رودخانه ۱/۰۷ میلی‌گرم در لیتر فلئوئور دارند. هر دو نمونه از پایین دست مناطق دگرسان شده برداشت شده‌اند که زمان کافی برای

میزان فلئوئور نمونه‌های خاک برداشت شده نیز اندازه‌گیری شد. یافته‌های به دست آمده محتوای فلئوئور محلول موجود در خاک را بین ۱/۷ تا ۸/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم نشان داد که در دامنه مجاز قرار دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی منطقه مطالعه شده از لحاظ آلودگی به دو دسته تقسیم می‌شود، مناطق آلوده که همه فاکتورهای مورد نیاز را داشته و آلودگی در آن ظهور کرده است و مناطق دارای پتانسیل آلودگی که فاقد دگرسانی و یا دارای دگرسانی ضعیف هستند. در زیر به بررسی این مناطق پرداخته می‌شود:

روستای گاودل و نواحی اطراف آن، از جمله مناطقی هستند که تحت تأثیر دگرسانی ضعیفی قرار گرفته‌اند. ترکیب سنگی در این منطقه دیوریتی با کانی‌های اصلی پیروکسن، پلاژیوکلاز و آلکالی فلدسپار است. میزان عنصر فلور نمونه آب این منطقه، ۰/۳۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که میزان اندکی به شمار می‌رود. نمونه‌های سنگ برداشت شده از

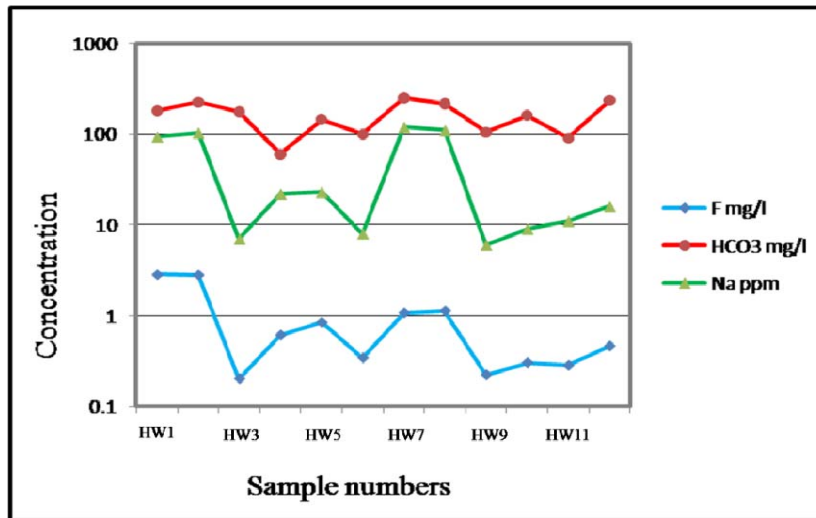
که به فاصله ۲ سال اندازه‌گیری شده‌اند، سرعت پیشرفت آلودگی را نشان می‌دهد. با توجه به این که فائو غلظت مناسب فلئور را در آب آبیاری ۱ میلی‌گرم در لیتر تعیین کرده است (۱۶)، آب‌ها در این منطقه جهت آبیاری و کشاورزی نیز مناسب نیستند.

به این ترتیب یافته‌های این پژوهش نشان داد نمونه‌های گرفته شده از مناطق آندزیتی و تراکی آندزیتی (روستاهای قلندر و کردلقان) بیشترین ناهنجاری عنصر فلور را نشان می‌دهند. روند آلودگی به فلئور در منابع آب به این شکل است که در اثر تماس طولانی مدت آب با سنگ، ترکیب آب تحت تأثیر ترکیب سنگ قرار می‌گیرد. فرمول شیمیایی کانی‌هایی که در ترکیب خود فلئور دارند معمولاً به صورت (F,OH) نوشته می‌شود. در طول واکنش آب-سنگ OH جایگزین F شده و فلئور در آب آزاد می‌شود (۱۶). مقادیر فلئور در آب سازگاری مثبت با یون‌های Na^+ و HCO_3^- و سازگاری منفی با مقادیر کلسیم دارند (۱۷) بنابراین حضور یون‌های سدیم و بی‌کربنات در آب‌هایی که قلیائیت بیشتری دارند سبب افزایش حلالیت کانی‌های فلئوردار می‌شوند. کلسیم در آب‌های قلیایی منجر به تشکیل رسوب به صورت فلئوریت (CaF_2) شده (۱۸) و مانع تمرکز فلئور در آب می‌شود و به همین دلیل هم در روش رسوب‌دهی به عنوان عامل حذف فلئور استفاده می‌شود. یون‌های Na^+ و HCO_3^- نمونه آب‌های منطقه در محدوده مجاز قرار دارند و سازگاری مثبت فلئور با این یون‌ها، به خوبی مشاهده می‌شود (شکل ۱).

واکنش با سنگ‌های دگرسان شده را داشته‌اند. مقادیر فلئور به دست آمده برای این دو نمونه نشان می‌دهد آب‌های این منطقه به سقف مجاز نزدیک و در آستانه آلودگی هستند. در این دو نمونه آب، یون سولفات و TDS نیز بیش از مقدار مجاز وجود دارد.

نمونه‌های سنگ برداشت شده از اطراف روستای قلندر که در مرکز محدوده مورد مطالعه قرار دارد، دگرسانی شدیدی را نشان می‌دهند به طوری که کانی‌های اولیه اصلاً قابل تشخیص نیستند شدت و گسترش این دگرسانی، منجر به تشکیل معدن کائولینیت به نام خاک صنعتی قلندر شده است. نتیجه بررسی‌های پتروگرافیکی سنگ مادر تراکی آندزیتی این معدن نشان داد، کانی‌های فلئوردار هورنبلند و بیوتیت از اجزای اصلی تشکیل دهنده این سنگ‌ها هستند. مقدار فلئور اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب این منطقه که شامل قنات و رودخانه است ۲/۸۴ و ۲/۸۲ میلی‌گرم در لیتر است که بسیار بیشتر از حد مجاز می‌باشد. محتوای فلئور نمونه سنگ‌های برداشت شده از دو روستای اخیر بر اساس نتایج XRF محدوده‌ای بین ۴۰۰۰ تا حدود ۵۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم را شامل می‌شود. با توجه به این که حضور ۱۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فلئور در سنگ حد بالایی از فلئور است (۱۵). سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از لحاظ محتوای فلئور غنی هستند.

پیامد مصرف آب در روستای قلندر این بوده است که مصرف‌کنندگان این آب، به بیماری فلورسیس دندان‌دچار شده‌اند. از منابع آب این روستا در سال ۱۳۸۹ نیز توسط دانشکده بهداشت تبریز نمونه‌برداری شد که مقدار فلئور در آن زمان ۱/۷۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. مقایسه این مقادیر



شکل ۱- نمودار ارتباط بین فلئور با یون‌های سدیم و بی‌کربنات

منطقه دگرسانی شدیدی را داشته است. بر این اساس کانی‌های بیوتیت، هورنبلند، آپاتیت از جمله کانی‌های فلئوردار موجود در منطقه هستند که این کانی‌ها طی فرآیند دگرسانی تجزیه شده، فلئور در طول فرآیند هوازگی و آبشویی سنگ‌ها و کانی‌ها آزاد و به صورت یون F^- وارد آب شده است.

منابع

- Zhu, L., Zhang, H. H., Xia, B. & Xu, D. R., 2007. Total fluoride in Guangdong soil profiles, China: Spatial distribution and vertical variation. *Environment International* 33, 302-308.
- Farooqi, A., Masuda, H., Fidous, N., 2007. Toxic fluoride and arsenic contaminated groundwater in the Lahore and Kasur districts Punjab, Pakistan and possible contaminant sources. *J. of Environmental Pollution*, 145, 839-849.
- Chinoy, N.J., 1991. Effects of fluoride on physiology of animals and human beings. *J. Environ Toxicol*, 1(2): 34-129.

در خاک، فلئور می‌تواند بین ۲۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد (۱۹) فلئور در حالت محلول می‌تواند وارد گیاه شود. دامنه غلظت فلوراید محلول در خاک ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۲۰). در نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه مورد مطالعه میانگین مقادیر فلوراید $3/62$ و بیشینه آن $8/8$ میلی‌گرم در کیلوگرم است که بر این اساس فلئور نمونه‌های خاک پایین‌تر از حد بحرانی است.

نتیجه گیری کلی که از اجرای این طرح گرفته می‌شود به شرح زیر است:

- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب، مقدار فلئور منابع آب روستای قلندر را به طور متوسط $2/84$ میلی‌گرم در لیتر نشان می‌دهد که با توجه به مقدار فلئور گزارش شده توسط دانشکده بهداشت در سال ۱۳۸۹ (با $1/75$ میلی‌گرم در لیتر) روند افزایش فلئور در منابع آب این منطقه بسیار تند بوده و منطقه پتانسیل بالایی از لحاظ تشدید این آلودگی دارد، بنابراین لازم است هر چه زودتر نسبت به پی‌گیری‌های بهداشتی اقدام گردد.
- شواهد میکروسکوپی و وجود معدن کائولینتی در شمال روستای قلندر، به نام خاک صنعتی قلندر که در اثر دگرسانی آرژیلیکی از سنگ مادر تراکی آندزیتی تشکیل شده است، گویای این است که

- methods: A case study of the Western Niger Delta, Nigeria. *Physics and Chemistry of the Earth*. 33(8-13): pp. 666-673.
۱۲. علی پور، ح.، ۱۳۸۶. بررسی اپیدمیولوژی فلورسیس دندان‌ی در بین ساکنین روستای قلندر شهرستان اهر. گزارش نهایی مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی.
13. Klute, A., Nielson, D.R., and Jackson R.D. (1965). *Methods of soil analysis, Part 2*. 2ed, Agronomy Monog. 9, SA, Madison, WI. Page, A.L.
14. Miller, R. H., Keeny, D.R. Baker, D.E., and Roads J.D. (1965). *Methods of soil analysis, Part 1*. 2ed, Agronomy Monog. 9, ASA, Madison, WI.
15. Stecher, O., 1997. Fluorine geochemistry in volcanic rock series: Examples from Iceland and Jan Mayen. Danish Lithosphere Center, Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen K, Denmark. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 62, No. 18, pp. 3117–3130.
16. Singh, V., M.K. Gupta, P. Rajwanshi, S. Mishra, S. Srivastava, R. Srivastava, M.M. Srivastava, S. Prakash and S.Dass. 1995. Plant uptake of fluoride in irrigation water by ladyfinger (*Abelmoschus esculentus*). *Fd. Chem. Toxic.* 33 (5): 399-402.
17. Keshavarzi, B., Moor, F., Esmaceli, A., Rastmanesh, F., 2009. The source of fluoride toxicity in Muteh area, Isfahan, Iran. *Environ Earth Sci*, ISSN: 1866-6280.
18. Chernet, T., Y. Travi and V. Valles. 2001. Mechanism of degradation of the quality of natural water in the
4. Harrison, P.T.C., 2005. Fluoride in water: a UK perspective. *J. Fluorine Chem.* 126, 1448-1456.
5. Guo, Q., Wang, Y., Ma, T., Ma, R., 2007. Geochemical processes controlling the elevated fluoride concentration in groundwaters of the Taiyuan Basin, Northern China. *J Geochem Explor* 93:1–12.
6. Farooqi, A., Masuda, H., Fidous, N., 2007. Toxic fluoride and arsenic contaminated groundwater in the Lahore and Kasur districts Punjab, Pakistan and possible contaminant sources. *J. of Environmental Pollution*, 145, 839-849.
۷. اصغری مقدم، اصغر؛ فیجانی، الهام؛ ۱۳۸۷. مطالعات هیدرولوژی و هیدروشیمیایی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو در ارتباط با سازندهای زمین‌شناسی منطقه، فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۷، صفحه ۱۳-۱.
8. Abdelgawad, A.M., Watanabe, K., Takeuchi, Sh., Mizuno, T., 2009. The origin of fluoride-rich groundwater in Mizunami area, Japan — Mineralogy and geochemistry implication, *Engineering Geology* 108: 76-85.
9. Rafique, T., Naseemb, Sh., Haider, T., Usmania, Bashirb, E., Ahmed Khan, F., Iqbal, M., Bhangar, 2009. Geochemical factors controlling the occurrence of high fluoride groundwater in the Nagar Parkar area, Sindh, Pakistan.
10. Msonda, K.W.M., Masamba, W.R.L., Fabiano, E., 2007. A study of fluoride groundwater occurrence in Nathenje, Lilongwe, Malawi. *Phys Chem Earth* 32:1178-1184.
11. Omo-Irabor, O., Bamidele Olobaniyi, S., Oduyemi, K., Akunna, J., 2008. Surface and groundwater water quality assessment using multivariate

20. Chernet, T., Y. Travi and V. Valles. 2001. Mechanism of degradation of the quality of natural water in the lakes Region of the Ethiopian Rift Valley. *Water Research* 35(12):2819–32.
19. Chernet, T., Y. Travi and V. Valles. 2001. Mechanism of degradation of the quality of natural water in the lakes Region of the Ethiopian Rift Valley. *Water Research* 35(12):2819–32.
- 20- Pais, I. and J.B. Jones, Jr. 1997. *The Handbook of Trace Elements*. St. Lucie Press., Boca Raton, Florida.