IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 2, Summer 1388/2009

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Investigation of environmental impacts of acid mine drainage (AMD) on coal tailing in Zirab coal cleaning factory, Mazandran Province.

M. Gholipour[1], A. Mazaheri[1], M. Raghimi[2], Gh. H. Shamanian[2]

1- Geology department, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.
2- Faculty of Sciences, GolestanUniversity, Gorgan.
Email: gholipour_mohsen@yahoo.com

(Received: 4/5/2008, in revised form: 14/12/2008)

Abstract This study mostly investigated the environmental impact of acid mine drainage (AMD) on the tailing of coal cleaning factory in Mazandaran province. This factory is one of the largest and the oldest in the coal concentration in Central Alborze Coal Basin. So, annually huge amounts of coal tailing will be left. The sampling of coal, coal tailing, drainage water from coal tailing, factory's waste water, secondary surface minerals and river water have been carried out in summer in 2005. On the basis of geochemistry and mineralogy results indicate that the amount of Fe_2O_3, SO_3 and heavy metal have decreased strongly in coal tailing of Zirab coal cleaning factory compare to homogenate coals. This is an indication of oxidation of pyrite and acidic environment formation. This acid reacts with calcite and dolomite and increase the value of pH. The process also decreases the amount of CaO, MgO and MnO in coal tailing. Hydrogeochemical studies demonstrate that drainage and seepaged water from tail dumps are of (Na-Ca-Mg)-SO_4 type. In arid seasons, due to evaporation of hydro-sulfates solution, blodite and secondary minerals are formed on the tailing dump surfaces. This drainage water from tailing and Zirab coal cleaning factory into adjacent river has caused the precipitation of hematite, calcite, amorphous iron oxide. Hydrogeochemical modeling proved that hematite goethite and iron hydroxides along with carbonate minerals (cacite, dolomite and aragonite) are forming. According to Gibbs diagram, indicates that lithology is the most important factor in increasing the ionic concentration in drained and seepage water from tailing and river water. The rate of SO_4, PO_4, Ca, Sr, Sb, and Bi in seepage water from tailing and coal cleaning factory are more than the standard value, which can cause the surfaces and groundwater pollution in this region. By keeping the coal waste material in vicinity of the river, so for prevention of pollution, it is necessary to collect and transform the tailing to a place with a sufficient drainage and treatment systems.

Keywords: *Acid mine drainage, Coal tailing, Coal cleaning factory, Mazandran Province.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۸۸، از صفحهٔ ۱۷۳ تا ۱۸۶

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

بررسی اثرهای زیست محیطی زهاب اسیدی معدن در باطله‌های کارخانه زغالشویی زیرآب، استان مازندران

محسن قلی پور[۱]، سید احمد مظاهری[۱]، مصطفی رقیمی[۲]، غلامحسین شمعانیان[۲]

۱-گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲-گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیکی: gholipour_mohsen@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۸۷/۲/۱۵ ، نسخه نهایی: ۸۷/۹/۲۴)

چکیده: این کار پژوهشی به بررسی اثرهای زیست محیطی زهاب اسیدی معدن در باطله‌های کارخانه زغالشویی زیرآب در استان مازندران می‌پردازد. این کارخانه به عنوان یکی از بزرگترین و قدیمی‌ترین مناطق تولید کننده کنسانترهٔ زغال در حوزهٔ زغالی البرز مرکزی مطرح است که سالانه مقادیر زیادی باطله تولید می‌کند. نمونه برداری از زغالسنگ، باطله‌های زغالی، آب‌های زهکش شده از باطله‌ها، پساب کارخانه، کانی‌های ثانویه سطحی و آب رودخانه در تابستان ۸۴ انجام شد. بر اساس نتایج بررسی‌های ژئوشیمی و کانی شناسی، کاهش شدید اکسیدهای Fe_2O_3 و SO_3 و فلزات سنگین در انبارهای باطله در مقایسه با زغالسنگ خوراک کارخانه بیانگر فرایندهای اکسایش پیریت و تشکیل محیط‌های اسیدی است. واکنش اسید با کانی‌های کلسیت و دولومیت منجر به کاهش شدید اکسیدهای CaO, MgO و MnO در باطله‌ها و افزاش pH زهاب‌ها شده است. بر اساس نتایج هیدروژئوشیمی، آب‌های زهکشی و تراوش شده از انبارهای باطله از نوع SO_4–(Na-Ca-Mg) است. در فصول خشک در اثر تبخیر هیدروسولفات‌های محلول، کانی‌های ثانویه بلودیت به طور گسترده‌ای در سطح انبارهای باطله تشکیل شده است. ورود این زهاب‌ها به رودخانه سبب ته‌نشینی گئوتیت، هیدروکسیدهای آمورف آهن و کلسیت می‌شود. بر پایهٔ مدل‌سازی هیدروژئوشیمیایی معلوم شد که گئوتیت و هیدروکسیدهای آهن همراه با کانی‌های کربناته (کلسیت، دولومیت و آراگونیت) در حال تشکیل است. بنا بر نمودارهای گیبس، لیتولوژی پدیدهٔ غالب و مهمترین عامل افزایش غلظت یونی در آب‌های تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه است. میزان SO_4, PO_4, Sr, Ca, Sb و Bi در آب‌های تراوش شده از باطله‌ها و پساب کارخانه زغالشویی بیشتر از حد استاندارد بوده که می‌تواند منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه شود. با توجه به تخلیه باطله‌ها در حریم رودخانه برای جلوگیری از آلودگی، انتقال باطله‌ها به مکانی با سیستم زهکشی و تصفیه مناسب ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: *زهاب اسیدی، انبارهای باطله، کارخانه زغالشویی زیرآب، استان مازندران.*

مقدمه

اسیدی شدن آب‌ها بی درنگ تأثیر زیان آوری بر اکوسیستم دارد، در صورت نبود یک مدیریت صحیح، زهاب‌های اسیدی معدن می‌تواند منجر به تخریب منطقه گسترده‌ای شود که برای چندین دهه پایدار باشد [۱، ۲] و مشکلات چند گانه‌ای (بطور مستقیم و غیر مستقیم) روی موجودات زنده مرتبط با ساختارهای اجتماعی یک اکوسیستم بگذارد [۳]. باطله‌های حاصل از عملیات زغالشویی به دلیل انتشار آلاینده‌ها، آلودگی-های زیست محیطی گسترده‌ای را به دنبال داشته است که چنین وضعیتی را در بیشتر کارخانه‌های زغالشویی به خوبی

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

می‌توان دید. تجمع پیریت در باطله‌ها و اکسایش بعدی آن در اثر نفوذ آب، منجر به تشکیل محیط اسیدی می‌شود که منجربه انباشت ناقص باطله و آزادسازی عناصر کمیاب و مضر در آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود [۴- ۶] با توجه به اینکه پیریت و مارکازیت بیشترین کانی سولفیدی موجود در باطله‌های زغالی است، بنابراین عامل اصلی تولید زهاب اسیدی دراین گونه باطله‌ها به شمار می‌آیند که افزایش غلظت آهن و سولفات را در زهاب‌های معدنی به دنبال دارد.Fe^{2+} پی در پی اکسید و هیدرولیز شده و به صورت گل اخرا در طبقات ته نشستی پنهان می‌شود (واکنش۱)[۷-۱۲].

۱- $FeS_2 + 7.5/2O_2 + 7/2H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} +4H^+$

در بسیاری از موارد اسید تولید شده با کانی‌های کربناتی موجود در باطله‌ها واکنش داده و خنثی می‌شود (واکنش۲ و ۳). از مهمترین کانی‌های خنثی کننده می‌توان به کلسیت، دولومیت، منیزیت، و آنکریت اشاره کرد[۶، ۱۳].

۲- $CaCO_3 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$

۳-$CaMg(CO_3)_2 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + Mg^{2+} + 2HCO_3^-$

علیرغم بررسی‌های فراوان صورت گرفته روی ویژگی‌های کیفی زغالسنگ‌های مصرفی و کنسانتره زغال در کارخانه زغالشویی زیرآب، تا کنون در این کارخانه بسیاری از جنبه‌های زیست محیطی به ویژه بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی باطله‌های زغالی از نظر قابلیت تولید زهاب اسیدی معدن، نقش عناصر سنگین فلزی مانند Fe, Mg, Al, Cu, Pb, Zn و غیره به عنوان آلاینده‌های زیست محیطی، بررسی ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی زهاب اسیدی معدن و چگونگی تشکیل کانی‌های ثانویه از زهاب اسیدی معدن مورد توجه قرار نگرفته است. به این ترتیب این بخش از بررسی‌ها به عنوان هدف‌های اساسی در این کار پژوهشی به اجرا در آمد.

مشخصات کارخانه زغالشویی زیرآب

کارخانهٔ زغالشویی زیرآب در استان مازندران به عنوان یکی از بزرگترین و قدیمی‌ترین مناطق تولید کنندهٔ کنسانتره زغال در حوزه زغالی البرز مرکزی مطرح است که سالانه مقادیر زیادی باطله تولید می‌کند. این کارخانه در منطقهٔ انجیر تنگه حدود ۱۸۵ کیلومتری تهران در کنار رودخانهٔ چرات واقع شده است (شکل۱). کارخانه در سال ۱۳۶۷ نصب و راه اندازی شد. ظرفیت اسمی این کارخانه حدود ۱۲۰ تن در ساعت، میزان آب مصرفی آن ۴۰ متر مکعب در ساعت و برق مصرفی کارخانه حدود ۱ مگا وات ساعت است. مواد اولیه کارخانه زغال‌شویی از سه منطقه کارمزد، کارسنگ، و کیاسر تامین می‌شود (جدول۱). کنسانتره نهایی برای مصرف در کارخانه ذوب آهن اصفهان باید دارای مشخصات قابل قبول (رطوبت ۸ – ۶ درصد، خاکستر ۱۲ -۱۰ درصد، مواد فرار ۳۰- ۲۸ درصد، گوگرد ۱ درصد) باشد [۱۴]. دراین کارخانه سالانه حدود ۷۰۰ هزار متر مکعب پساب همراه ۴۰۰ تن نرمهٔ زغال تولید می‌شود که اثرهای زیست محیطی نامطلوبی را به دنبال دارد [۱۵]. باطله‌های ناشی از فراوری درحریم رودخانهٔ چرات تخلیه و انباشت می‌شود. رودخانه چرات با مساحت حوزهٔ آبریز ۵۶۶۴۷/۶ هکتار و جریان شمال خاوری، یکی از سرشاخه‌های رودخانهٔ تالار است که در شهرستان سوادکوه قرار دارد (شکل۱). آب خروجی رودخانه به طور متوسط آن سالانه ۲۹/۹ میلیون متر مکعب و دبی متوسط ۱/۶ متر مکعب برثانیه است.

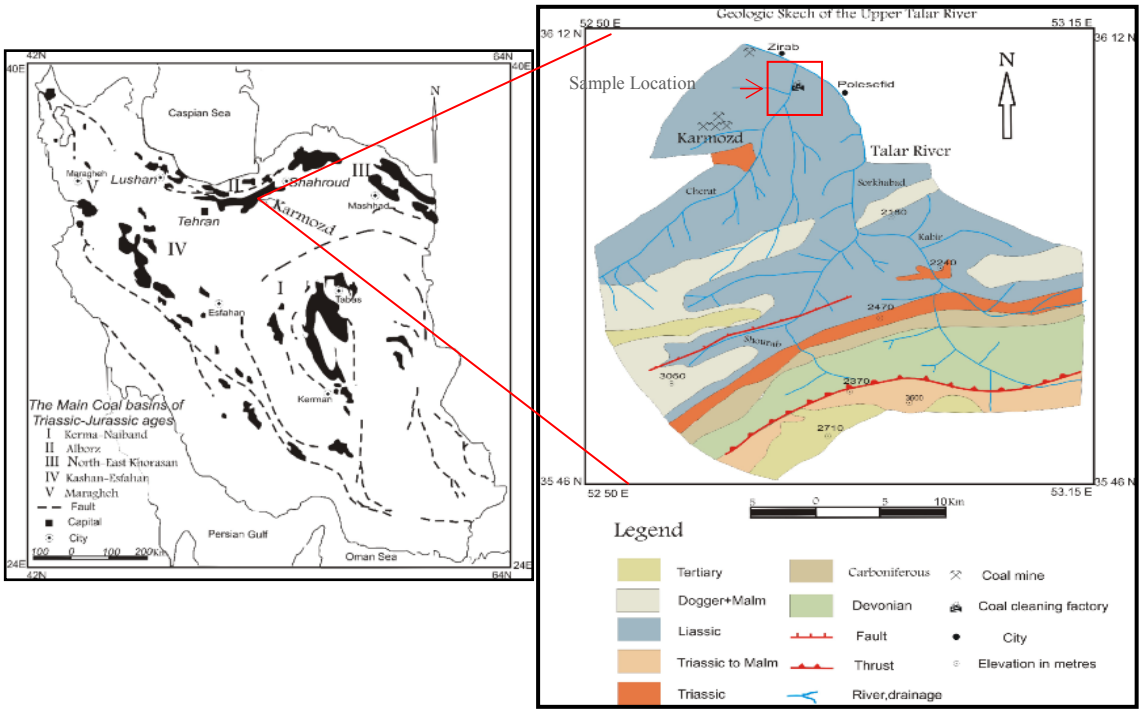
روش بررسی

۱- ژئوشیمی و کانی شناسی

بر اساس بررسی‌های صحرایی در تابستان ۸۴ برای شناسایی ویژگی‌های ژئوشیمیایی و کانی‌شناختی نمونه‌هایی از باطله‌ها کارخانه زغالشویی و لجن حوضچه‌ها، از عمق ۲۰ سانتی متری و به روش گسترده‌ای صورت گرفت. همچنین ۵ نمونه همگن از خوراک کارخانه زغالشویی نیز به روش تکه‌ای و گسترده‌ای تهیه شد. تهیه و اندازه گیری درصد خاکستر باقیمانده به روش استاندارد USGS انجام شد [۱۷]. در این روش ۵۰ گرم نمونه همگن از ذرات به قطر $\geq$ ۱۸۰ مش تهیه شد. به نمونه‌ها در سه مرحلهٔ پی در پی به مدت ۱/۵، ۲ و ۳۶ ساعت به ترتیب در دمای ۲۰۰، ۳۵۰ و ۵۲۵ درجه سانتیگراد گرما داده گردید. سرعت افزایش دمای کوره در تمام مراحل ۲/۵ درجه سانتی-گراد در دقیقه بود. به منظور بررسی کانی‌های زیست محیطی، نمونه برداری از نهشته‌های ثانویهٔ آب‌های زهکشی و تراوش شده از انبارهای باطله، پساب کارخانه زغالشویی و رودخانهٔ چرات صورت گرفت. نمونه برداری تا عمق ۱ سانتی متری این نهشته‌های ثانویه انجام شد. از کانی‌های ثانویه فصلی با ضخامت کمتر از ۱ سانتیمتر موجود در سطح انبارهای باطله‌های زغالی نمونه برداری شد. برای بررسی‌های کانی‌شناختی و اندازه‌گیری اکسیدهای اصلی و برخی از عناصر جزئی و نادر خاکستر، به ترتیب از پراش سنج پرتو ایکس (XRD) فیلیپس مدل PW

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

1800 و پرتو ایکس فلوئورسان (XRF) فیلیپس مدل PW 2400 استفاده شد.



شکل۱ نقشهٔ زمین شناسی حوزه تالار [۱۸] و موقعیت کارخانه زغالشویی زیرآب.

جدول۱ مشخصات زغالسنگ معادن تامین کننده مواد اولیه کارخانه زغالشویی زیرآب [۱۶].

نام معدن	درصد تامین زغال کارخانه	درصد گوگرد	درصد مواد فرار	درصد خاکستر	درصد رطوبت
کارمزد	۴۰/۵	۰/۷۵	۳۷/۳	۱۱/۲	۱/۳۸
کارسنگ	۲۷/۸۵	۰/۷	۳۰/۳	۲۵/۶	۱/۰۵
کیاسر	۶۵/۳۱	۰/۹۷	۲۶/۴۵	۳۵/۹۵	۱/۱۵

۲- هیدروژئوشیمی

برای بررسی احتمال تشکیل زهاب اسیدی و ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی، نمونه برداری از آب با هدف بررسی‌های شیمیایی از آب‌های زهکشی و تراوش شده از انبارهای باطله، پساب کارخانه زغالشویی و رودخانه چرات در تابستان ۸۴ صورت گرفت. برای جلوگیری از آلوده شدن نمونه‌های آب، نمونه‌هایی از آنیون‌ها و کاتیون‌ها پس از عبور از فیلترهای ۰/۷ µm و به طور مجزا در ظرف پلی اتیلن یک لیتری در دمای کمتر از ۴ درجهٔ سانتیگراد نگهداری شدند. برای اندازه-گیری کاتیون‌ها و به منظور اسیدی کردن نمونه‌ها از اسید نیتریک (HNO_3) با درجهٔ خلوص ۶۵ درصد استفاده شد و pH آب به کمتر از ۲ تغییر یافت [۱۰]. مقادیر مواد جامد محلول (TDS)، اکسیژن محلول (DO)، رسانندگی الکتریکی(EC)، pH و دما در محل، همزمان با نمونه برداری، اندازه‌گیری شد. تجزیهٔ عناصر Fe, Mg, Mn, Sr, Sb, Bi, Cr, Co, Ni, Cu, Ba, Al, Sr Na, K, Ca، و نیز Se ,As Zn, Pb, Cd, Ag و آنیون‌های PO_4^{3-} و NO_3^{2-} به ترتیب از دستگاه‌های جذب اتمی (مدل Shimadzu. AA -670)، Flame Emisson (مدل Shimadzu. FE -۶۷۰) و طیف سنج (مدل ۸۴۵۳- Agilent) استفاده شد. آنیون‌های HCO_3^-، Cl^- و SO_4^{2-} به

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

ترتیب به روش‌های تیتراسیون نقره سنجی، تیتراسیون اسید باز و گرانی‌سنجی با ته‌نشینی باریم اندازه‌گیری شد. (خطای اندازه-گیری در این آزمایش‌ها ۲/۱۷ درصد بوده است). موقعیت نمونه‌ها در شکل(۱) نشان داده شده است.

نتایج

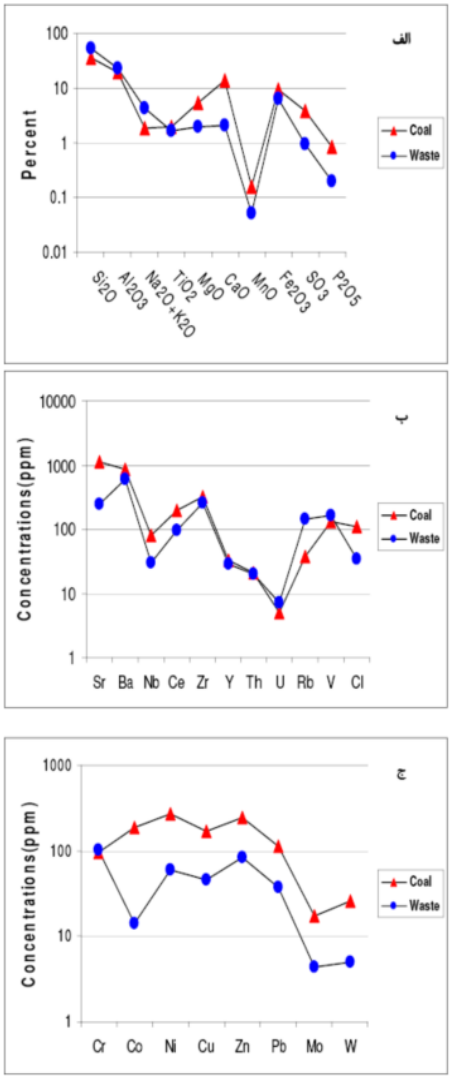
۱- ژئوشیمی و کانی شناسی

در کارخانهٔ زغالشویی زیرآب طی فرایند زغالشویی، مواد معدنی از زغالسنگ جدا و در باطله‌ها انباشت می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین درصد خاکستر در باطله‌های زغالی به بیش از ۵۶ درصد افزایش می‌یابد. بررسی‌های پراش پرتو ایکس باطله‌ها بیانگر حضور کانی‌های کوارتز، مونتموریلونیت، شاموزیت، موسکویت، و آناتاز است. میانگین نتایج حاصل از آنالیز اکسیدهای اصلی و عناصر جزئی در باطله‌ها و زغالسنگ همگن خوراک کارخانه در جدول (۲) ارائه شده است. چنانکه در شکل‌های (۲- الف، ب و ج) دیده می‌شود، درصداکسیدهای SiO_2, Al_2O_3 و $Na_2O + K_2O$ و عناصر جزئی Rb و V در باطله‌های زغالی نسبت به زغالسنگ، غنی شدگی و درصد اکسیدهای SO_3 ,MgO,CaO,MnO,Fe_2O_3 ،P_2O_5 و عناصر جزئی دیگر، تهی‌شدگی نشان می‌دهند. بر اساس نتایج به دست آمده، SiO_2 و Al_2O_3 بیشترین و $MgO, CaO, MnO, TiO_2,$ P_2O_5 و SO_3 کمترین بخش از اکسیدهای اصلی را شامل می-شوند. همچنین عناصر Sr, Br, Zr, و Ce نسبت به عناصر دیگر بیشترین تمرکز را دارند.

جدول ۲ نتایج میانگین تجزیهٔ شیمیایی اکسیدهای اصلی و عناصر جزئی و نادر در زغالسنگ و باطله‌های زغالی به روش XRF.

	Coal (Mean)	Waste۱	Waste۲	Waste۳
% SiO_2	۳۶/٦٤	۵۳/۷۴	۵۴/۲۸	۵۰/۲۹
Al_2O_3	۱۹/۳۲	۲۳/۰۱	۲۶/۲۲	۲۰/۸۳
Na_2O	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۵۲
K_2O	۱/۳۵	۳/۴۱	۳/۶۳	۴/۲۵
TiO_2	۱/۹۷	۱/۴۳	۱/۶۷	۱/۹۶
MgO	۵/۲۹	۱/۸۴	۱/۵۱	۲/۶۳
CaO	۱۳/۷۸	۳/۱۶	۱/۵۲	۱/۵۱
MnO	۰/۱٦	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶
Fe_2O_3	۹/۳۹	۵/۴	۴/۶۳	۹/۰۸
SO۳	۳/۹	۰/۷۱	۰/۵۷	۱/۵۹
P_2O_5	۰/۸۳	۰/۲	۰/۳۲	۰/۰۶
%LOI	۸/٤	۶/۹	۵/۴	۸
%Ash	۵/۱	۶۶/۹	۵۳/۷	۴۵/۲
ppm Sr	۱۱۱۰/۸	۲۴۳	۲۹۴	۱۹۰
Ba	۸۵۰	۴۷۲	۶۰۲	۷۲۸
Nb	۷۹/۲	۲۳	۳۰	۳۷
Ce	۱۹۹/۲	۱۲۹	۱۲۷	۳۳
Zr	۳۱٤/٦	۲۴۲	۲۷۷	۲۴۸
Rb	۳۷/٤	۱۳۳	۱۵۳	۱۴۰
V	۱۲۸/٤	۱۴۳	۱۵۷	۱۹۴
Cr	۹۷	۸۸	۹۱	۱۲۶
Co	۱۸۷/٤	۱۳	۱۰	۱۹
Ni	۲۷۳	۵۶	۵۰	۷۴
Cu	۱٦٦/٦	۳۹	۵۲	۴۶
Zn	۲٤٤/۲	۷۲	۶۸	۱۱۰
Pb	۱۱۱/٦	۳۵	۴۰	۳۹
Mo	۱۷/٤	۵	۴	۴
W	۲۵/٦	۱۱	۴	-
Th	۲۱/۲	۱۷	۲۹	۱۴
U	۵	۸	۹	۴
Y	۳۲/۸	۲۸	۳۱	۲۸
Cl	۱۰۹/٤	۵۹	۶	۳۸

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]



شکل۲ نمودار پراکنش میانگین اکسیدهای اصلی و عناصر جزئی و نادر در نمونه‌های زغالسنگ و باطله‌های معدنی.

۲-هیدروژئوشیمی آب‌های زهکش‌شده از باطله و آب رودخانه

نتایج تجزیهٔ شیمیایی و پارامترهای هیدروشیمی آب در جدول ۳ مشاهده می‌شود. رسانندگی الکتریکی، مجموع مواد جامد محلول، غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آب‌های زهکشی، و تراوش شده از انبارهای باطله بسیار بالاتر از آب رودخانه است. همچنین بررسی داده‌های زمانی ۵ ساله از ۷۹ تا ۸۴ در ایستگاه آلاشت- کاریکلا رودخانه چرات (اطلاعات سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران) نشان می‌دهد که، بیشترین دبی در ماه‌های اسفند تا خرداد و کمترین دبی در ماه‌های تیر تا مهر است. در این دوره بشترین دبی مربوط به سال آبی ۸۴-۸۳ و کمترین آن طی سال های ۸۰-۷۹ بوده است. میزان غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی، رسانندگی الکتریکی و مجموع مواد جامد محلول در سال‌های پرباران کمتر از سال‌های خشک است. نوع آب نشان دهندهٔ غلظت نسبی آنیون‌ها و کاتیون‌ها اصلی در آن است. برای تعیین نوع و چگونگی شیمیایی آب از نمودار پایپر استفاده شد. بر این اساس چنانکه در شکل (۳-الف) دیده می‌شود، نمونه‌های مختلف آب دارای انواع متنوعی هستند. به طوری که آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها در بخش قلیایی غیر کربناتی با بیش از ۵۰ درصد حضور دارند. با این تفاوت که آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها نمونهٔ $KA-W6$ از نوع $Na-SO_4$ و برای نمونه‌های دیگر SO_4 با کاتیون‌های غیر غالب است. همچنین نمونه‌های آب رودخانه در سال‌های خشک و پرباران (KA-W9 , KA- W10) در گسترهٔ با سختی کربناته بیش از ۵۰ درصد (قلیایی‌های خاکی و اسیدهای ضعیف غالب) حضور دارند، با این تفاوت که در فصل‌های پرباران نوع $Ca-HCO_3$ و در فصول خشک نوع HCO_3-SO_4 با کاتیون‌های غیر غالب است. به منظور تفسیر بهتر نوع و تکامل ژئوشیمیایی آب از نمودار دورو استفاده شده است. این نمودار را می‌توان صورت تکامل یافته‌تری از نمودار پایپر به حساب آورد. با توجه به شکل (۳-ب) دو راستای مجزا برای تکامل ژئوشیمیایی نمونه‌های آب وجود دارند. در این چرخهٔ تکامل یونی، چرخهٔ تکامل آنیونی تبعیت بیشتری نسبت به چرخه تکامل کاتیونی در طول مسیر جریان آب نشان می‌دهد، به طوری که نمونه‌های آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها در یک بخش قرار می‌گیرد، با این تفاوت که نمونهٔ $KA-W6$ از نوع قلیایی غیر کربناته و نمونه‌های دیگر از نوع سولفاته همراه با کاتیون‌های غیر غالب است. از طرفی این سیر تکاملی در آب رودخانه برای فصول پرباران از نوع کربناته $(Ca-HCO_3)$ و برای فصول خشک به

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

تدریج به سمت نوع سولفاته - بی‌کربناته همراه با کاتیون‌های غیر غالب متمایل می‌شود. از نمودار هیدروشیمی چادها [۱۹] برای رده‌بندی آب‌های طبیعی استفاده شد (شکل۴). نتایج پس از ترسیم روی این نمودار، نشان می‌دهد که آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها در یک گستره قرار می‌گیرد. با این تفاوت که در نمونهٔ KA – W6 میزان آنیون‌های اسیدی قوی نسبت به آنیون‌های اسیدی ضعیف کمی افزایش یافته و منجر به تغییر نوع آب به $Na\text{-}SO_4$ شده است. این در حالی است که در نمونه‌های دیگر آنیون‌های اسیدی قوی بیشتر از آنیون‌های اسیدی ضعیف است. در آب رودخانه نسب فلزات قلیایی خاکی $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ به فلزات قلیایی $(Na^{+} + K^{+})$ افزایش یافته است. همچنین غلظت آنیون‌های اسیدی ضعیف بیش از مقادیر آنیون‌های اسیدی قوی است، با این تفاوت که این نسبت‌ها در فصول خشک کاهش می‌یابد، ولی به طور کلی نوع غالب آب از $Mg^{2+} - Ca^{2+} - HCO_3^-$ و دارای سختی زیاد است. با استفاده از مدل گیبس[۲۰]، بنابر تغییرات نسبت Na^+ به $(Ca^{2+}+Na^{+})$ و Cl^- به $(Cl^- + HCO_3^-)$ به عنوان عملکرد TDS می‌توان خاستگاه یون‌های آبگون را ارزیابی کرد. چنانکه در شکل (۵) دیده می‌شود لیتولوژی پدیدهٔ غالب و مهمترین عامل افزایش غلظت یونی در آب‌های تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه است.

جدول۳ نتایج تجزیه شیمیایی(بر حسب ppm) و پارامترهای هیدروشیمی آب.

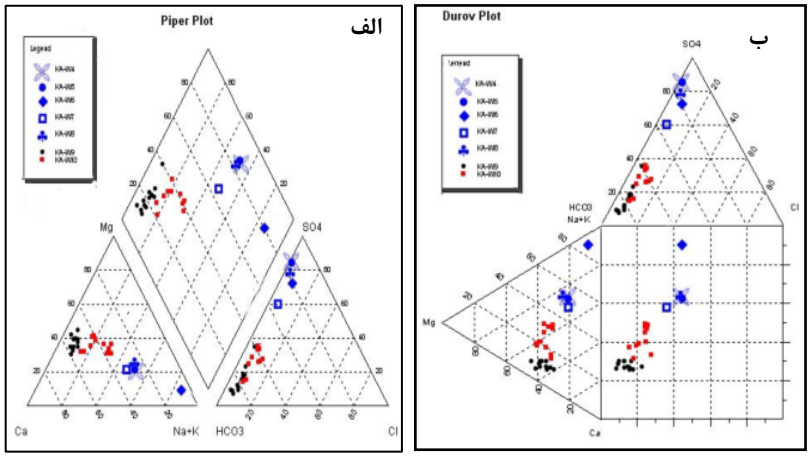
	KA-W8	KA-W7	KA-W6	KA-W5	KA-W4
T C°	۱۹	۲۱	۲۰	۱۹٫۵	۱۹٫۵
pH	۷٫۷	۷٫۸	۸٫۷	۹٫۱	۹٫۱
TDSmg/l	۵۶۳	۷۲۲	۱۱۲۴	۴۰۷	۴۱۷
ECum/cm	۱۰۸۰	۱۴۱۰	۲۳۶۰	۸۱۰	۸۱۰
DOmg/l	۱٫۲	۲٫۸	۲٫۸	۳	۳
SRA	۴۷٫۰۹	۵٫۹۶	۱۷٫۴۵	۳٫۴۹	۳٫۷۶
HCO_3^-	۲۰۱٫۳	۴۵۷٫۵	۲۱۳٫۵	۲۱۳٫۴	۲۱۳
Cl^-	۲۸٫۴	۴۲٫۶	۴۹٫۷	۱۴٫۲	۱۰٫۷
SO_4^{2-}	۶۷۶٫۵	۶۱۶٫۴	۵۹۶٫۷	۱۰۱۴٫۸	۱۰۴۲٫۷
NO_3^-	۴٫۳۳	۷	۸٫۳۳	۹٫۸۳	۹٫۵۸
PO_4^{3-}	۶٫۱۹	۷٫۳۲	۹٫۸۶	۷٫۰۶	۵٫۱۸
Ca^{2+}	۶۵٫۱۹	۱۱۲٫۷	۴۱٫۷۸	۸۸٫۷۳	۸۶٫۹۴
Mg^{2+}	۳۵٫۷۵	۴۴٫۵	۳۳٫۱۳	۴۱٫۵	۴۱٫۸۸
Na^+	۱۴۳	۱۸۶	۶۲۲	۱۸۶	۱۹۸
K^+	۱۰٫۹۷	۸٫۸	۱۸٫۰۵	۸٫۶۱	۸٫۲
Fe	۰٫۰۰۵	۰٫۰۳۶	۰٫۰۰۱	۰٫۲۳	۰٫۲۴۳
Al	۰٫۳۶۷	۰٫۵۲۵	۰٫۳۷۴	۰٫۶۹۲	۰٫۶۸۶
Sr	۱٫۴۳۵	۱٫۶۶	۰٫۹۲۵	۰٫۶۸۶	۰٫۶۷۶
Ba	۰٫۰۵۱	۰٫۰۶۴	۰٫۰۵۳	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳۲
As	٫۰۳۳۳	۰٫۰۵	۰٫۰۸۵	-	-
Sb	۰٫۳۶	۰٫۲۹۴	۰٫۷۰۱	۰٫۱۲۱	۰٫۱۴۷
Bi	۰٫۱۳۶	۰٫۱۵۶	۰٫۱۵۷	۰٫۱۴	۰٫۱۶۲
Cr	۰٫۱۲۳	۰٫۱۰۳	۰٫۱۱۳	۰٫۰۶۲	۰٫۰۶۴
Mn	۰٫۱۸۵	۰٫۰۶۸	۰٫۰۹۳	۰٫۱	۰٫۰۱۷
Co	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-
Cu	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۷	-	-	-

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

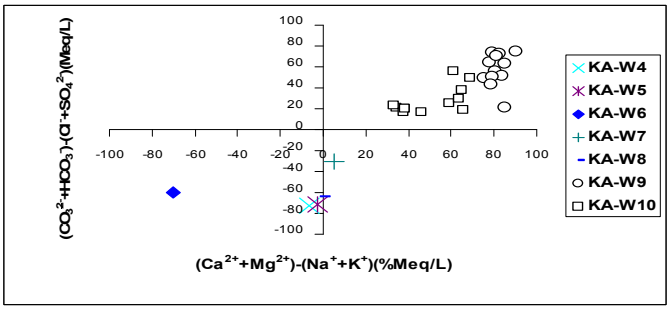
Zn	-	-	-	-	-
Pb	۰٫۰۴۶	۰٫۰۴۷	۰٫۰۴۹	۰٫۰۳	۰٫۰۳۸
Se	۰٫۰۲۴	۰٫۰۳۳	۰٫۰۶۴	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱۹
Cd	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱۷	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳۴
Ag	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۹	-	-

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

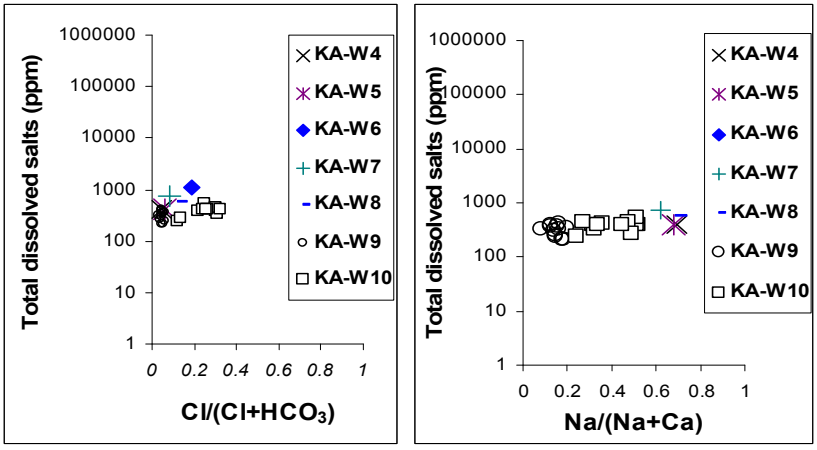
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]



شکل ۳ الف- نمودار پایپر، ب- نمودار دورو برای آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه.



شکل ۴ نمودار چادهای آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه.



شکل ۵ نمودارهای گیبس آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه.

۲-۱- مدلسازی هیدروژئوشیمیایی

از مدل هیدروژئوشیمیایی PHREEQC I 2.6 [۲۱] برای آگاهی از حالت شیمیایی گونه‌های عناصر اصلی و اشباع کانی از ترکیب‌های حل شده در آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه استفاده شد. با این برنامه شاخص درجهٔ اشباع شدگی (SI) در هر یک از نمونه‌های آب برای کانی‌های متفاوت محاسبه و در جدول (۴) ارائه شد. نتایج مدلسازی هیدروژئوشیمیایی نشان داد در آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها دو روند متفاوت از شاخص اشباع‌شدگی (SI) کانی‌ها مشاهده می‌شود. برای آب‌های خنثی تا قلیایی کانی‌های گئوتیت، هیدروکسیدهای آهن، کلسیت، دولومیت، آراگونیت، رودوکروزیت، اتاویت، هیدروکسیدهای منگنز و

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

هیدروکسی‌آپاتیت، گیبسیت و باریت ابر اشباع و کانی‌های سولفاته ژاروسیت، آلونیت، ملانتریت، انگلزیت، انیدریت و ژیپس زیر اشباع است. همچنین برای آب‌های رودخانه شاخص اشباع شدگی (SI) برای کانی‌های کلسیت، آراگونیت و دولومیت ابر اشباع و برای کانی‌های هالیت، ژیپس و انیدریت زیر اشباع است. بر این اساس کانی‌های کلسیت، آراگونیت، و دولومیت در حال تشکیل است که مشابه با نمونه‌های خنثی تا قلیایی زهاب‌های معدنی و آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها است. همچنین تغییرات فصول سال بر روی شاخص اشباع شدگی موثر است. به طوری که در فصول خشک و کم باران که نوع غالب آب $HCO_3 - SO_4$ با کاتیون‌های غیر غالب است و شاخص اشباع شدگی برای تمام کانی‌ها در جهت ابر اشباع افزایش می‌یابد.

۳- کانی‌شناسی سطحی زیست محیطی

در مجاورت رودخانهٔ چرات، نهشته‌های سرخ مایل به قهوه‌ای با ضخامت کمتر از ۱ سانتی متر تشکیل شده است. این نهشته-های ناشی از آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌هاست. بر اساس بررسی‌های پراش پرتو ایکس این نهشته‌ها شامل گئوتیت، کلسیت، ایلیت، شاموزیت، و کوارتز است. کانی‌های سفید رنگ بلودیت به صورت نمک‌های شکفته (Efflorescent Salt) با بافت گل کلمی و ضخامت کمتر از ۱ سانتی متر درسطح باطله‌های زغالی تشکیل شده است.

جدول۴ شاخص درجهٔ اشباع شدگی زهاب‌های معدنی، آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها.

فاز	KA-W1	KA-W2	KA-W3	KA-W4	KA-W5	KA-W6	KA-W7	KA-W8	فرمول شیمیایی
هیدروکسیدآلومینیوم	-۱٫۰۸	-۰٫۸۳	-۲٫۷۳	-۱٫۶۹	-۱٫۵۶	-۱٫۵۶	-۰٫۵۶	-۰٫۸۲	$Al(OH)_3$
آلونیت	-۴٫۱۹	-۳٫۵	۴٫۶۸	-۶٫۵۷	-۵٫۸۵	-۵٫۱۳	-۰٫۱۸	-۰٫۷۷	$KAl_3(SO_4)_2(OH)_2$
انگلزیت	-۵٫۵۸	-۵٫۶۵	-۱٫۶۹	-۴٫۶۹	-۴٫۸	-۴٫۴۹	-۳٫۹۴	-۳٫۶۴	$PbSO_4$
انیدریت	-۳٫۰۳	-۲٫۲۹	-۰٫۴۸	-۱٫۱۴	-۱٫۱۳	-۱٫۶۱	-۱٫۱۷	-۱٫۳۰	$CaSO_4$
آراگونیت	۰٫۱۱	۰٫۸۱	-۳٫۲۱	۱٫۲۵	۱٫۱۸	۰٫۶۸	۰٫۶۵	۰٫۲۳	$CaCO_3$
باریت	۰٫۵۶	۰٫۶۵	۱٫۳۴	۰٫۴۳	۰٫۴۴	۰٫۵۴	۰٫۶۶	۰٫۷۱	$BaSO_4$
کلسیت	۰٫۲۵	۰٫۹۶	-۳٫۰۶	۱٫۴۰	۱٫۳۳	۰٫۸۳	۰٫۷۹	۰٫۳۸	$CaCO_3$
هیدروکسید کادمیوم	-۳٫۷۵	-۳٫۴۶	-۱۱٫۷۹	-۲٫۶۱	-۲٫۷۹	-۳٫۴۹	-۵٫۶	-۵٫۱۸	$Cd(OH)_2$
سولفات کادمیم	-۱۰٫۴۸	-۱۰٫۴۳	-۱۰٫۰۳	-۹٫۵۸	-۹٫۶	-۹٫۸۷	-۱۰٫۱۵	-۱۰٫۱۱	$CdSO_4$
سلستیت	-۲٫۲۸	-۱٫۸۱	-۰٫۱۲	-۱٫۲۷	-۱٫۲۷	-۱٫۲۹	-۱٫۰۵	-۱٫۰۰	$SrSO_4$
سروسیت	-۱٫۰۲	-۱٫۱۲	-۲٫۹۹	-۰٫۸۸	-۱٫۰۶	-۰٫۷۸	-۰٫۷۳	-۰٫۶۹	$PbCO_3$
دولومیت	۱٫۱۱	۲٫۰۹	-۵٫۴۰	۲٫۷۷	۲٫۵۹	۱٫۸۴	۱٫۴۸	۰٫۷۶	$CaMg(CO_3)_2$
هیدروکسید آهن	۳٫۱۲	۳٫۷۴	-۰٫۶۰	۲٫۳۳	۲٫۳۹	۱٫۰۷	۱٫۶۵	۱٫۲۲	$Fe(OH)_2$
گیبسیت	۱٫۶۷	۱٫۹۳	۰٫۰۲	۱٫۰۵	۱٫۱۹	۱٫۱۸	۲٫۱۷	۱٫۹۲	$Al(OH)_3$
گئوتیت	۸٫۷۷	۹٫۳۷	۵٫۰۴	۸٫۰۲	۸٫۰۶	۶٫۷۸	۷٫۴۰	۶٫۸۹	$FeOOH$
ژیپس	-۲٫۷۹	-۲٫۰۵	-۰٫۲۴	-۰٫۹	-۰٫۸۹	-۱٫۳۷	-۰٫۹۳	-۱٫۰۶	$CaSO_4{:}2H_2O$
هالیت	-۵٫۷۲	-۵٫۴۸	-۵٫۰۷	-۶٫۹۷	-۶٫۸۶	-۶٫۱۴	-۶٫۴۹	-۷٫۰۰	$NaCl$
هوسمانیت	-	۱٫۲۳	-۲۴٫۷۶	-۳٫۹۱	۵٫۵۰	۲٫۸۹	-۳٫۹	-۷٫۰۰	Mn_3O_4
هماتیت	۱۹٫۵۱	۲۰٫۷۲	۱۲٫۰۵	۱۸٫۰۳	۱۸٫۱۱	۱۵٫۵۵	۱۶٫۷۸	۱۵٫۷۶	Fe_2O_3
هیدروکسی آپاتیت	۲٫۲۳	۴٫۶۶	-۹٫۴۳	۱۰٫۱۰	۱۰٫۲۶	۸٫۷۲	۶٫۹۷	۶٫۴۸	$Ca_5(PO_4)_3OH$
ژاروسیت	-۲٫۵۳	-۰٫۸۰	۰٫۱۰	-۵٫۲۸	-۴٫۸۳	-۷٫۹۱	-۳٫۷۲	-۵٫۴۸	$KFe_3(SO_4)(OH)_3$
منگنایت	-	۱٫۳۴	-۸٫۹۴	۲٫۵۴	۳٫۰۷	۱٫۸۵	-۰٫۸۰	-۲٫۵۶	$MnOOH$
ملانتریت	-۱۲٫۷۳	-۱۲٫۳۵	-۳٫۱۱	-۱۵٫۱۷	-۱۴٫۸	-۱۴٫۹۸	-۱۱٫۷۴	-۹٫۷۰	$FeSO_4{:}7H_2O$
اتاویت	۰٫۹۵	۰٫۹۷	-۴٫۴۶	۱٫۰۵	۰٫۹۷	۰٫۶۴	-۰٫۱۵	-۰٫۳۲	$CdCO_3$
هیدروکسید سرب	-۱٫۵۷	-۱٫۴۲	-۶٫۱۸	-۰٫۳۳	-۰٫۶۴	-۰٫۶۸	-۱٫۸۹	-۱٫۳۷	$Pb(OH)_2$
پیروکرئیت	-	-۴٫۵۲	-۹٫۹۵	-۴٫۶۲	-۳٫۹۹	-۴٫۴۱	-۶٫۱۶	-۵٫۲۲	$Mn(OH)_2$
پیرولوزیت	-	۰٫۱۵	-۱۴٫۹۸	۲٫۹۰	۳٫۲۵	۱٫۴۰	-۱٫۹۹	-۶٫۷۸	MnO_2
رودوکروزیت	-	۰٫۴۷	-۲٫۰۷	-۰٫۴۱	۰٫۳۴	۰٫۲۹	-۰٫۱۵	۰٫۲۰	$MnCO_3$
سیدریت	-۵٫۰۰	-۴٫۶۵	-۱٫۲۴	-۸٫۱۶	-۷٫۸۸	-۸٫۰۶	-۵٫۲۸	-۳٫۵۶	$FeCO_3$
استرونسیانیت	-۰٫۴۵	-۰٫۰۱	-۴٫۱۵	-۰٫۱۹	-۰٫۲۷	-۰٫۳۱	-۰٫۵۵	-۰٫۷۸	$SrCO_3$
ویویانیت	-۱۶٫۴۶	-۱۶٫۲۲	-۱٫۰۲	-۲۴٫۹۳	-۲۳٫۶۶	-۲۳٫۵	-۱۵٫۸۳	-۹٫۶۹	$Fe_3(PO_4)_2{:}8H_2O$
ویزریت	-۱٫۷۷	-۱٫۷۱	-۶٫۸۵	-۲٫۶۲	-۲٫۷۰	-۲٫۶۱	-۲٫۹۵	-۳٫۲۱	$BaCO_3$

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

بحث و برداشت

باطله‌های باقیمانده از فعالیت استخراج و فراوری، خاستگاه آلودگی محیط پیرامون ویژه آب‌های سطحی و زیرزمینی است، زیرا عملیات فراوری سبب افزایش نرخ واکنش‌های اکسایش، به دلیل افزایش سطح تماس کانی‌های سولفیدی با هوا و آب می‌شود. [۲۲] با بررسی ویژگی‌های کانی‌شناختی و ژئوشیمی زغالسنگ‌های حوزهٔ کارمزد که تامین کنندهٔ ۴۰/۵ درصد از خوراک کارخانه زغالشویی زیرآب است نشان داد که، بر اساس نتایج ماتریس همبستگی، آنالیز خوشه‌ای و آنالیز مولفهٔ اصلی بین درصد اکسیدهای Fe_2O_3-SO_3 و CaO-MgO-MnO رابطهٔ معنادار و مثبتی وجود دارد. این اکسیدها دو گروه مجزا و به ترتیب وابسته به کانی‌های پیریت با خاستگاه سین ژنتیک و کانی‌های کلسیت و دولومیت با خاستگاه اپی ژنتیک [روزایشی] قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج [۲۲]، ارتباط مثبت بین درصد اکسیدهای SiO_2, Al_2O_3, $Na_2O + K_2O$ و TiO_2 به مراتب ضعیف‌تر از گروه‌های دیگر است؛ آنها این امر را به دلیل حضور کانیهای رسی، کوارتز و آناتاز با خاستگاه آواری نسبت دادند. در زغالسنگ‌های کارمزد تمرکز TiO_2 و اغلب عناصر جزئی و نادر بیشتر از زغالسنگ‌های جهان است [۲۲].

بر اساس بررسی‌های موسسه وخین، گوگرد زغالسنگ معادن کارمزد درطی فراوری به آسانی وارد باطله‌ها می‌شود، به طوری که میزان گوگرد در باطله‌های لایه‌های ۱۳ و ۴ به ترتیب تا ۱/۴۷ و ۵/۰۶ درصد افزایش یافته است [۲۳] این ارقام نشانگر آن است که گوگرد در هر دو لایه به راحتی به باطله‌ها وارد می‌شود، زیرا بخش بیشتر گوگرد در زغالسنگ به صورت پیریت است، که همراه با کانی‌های رسی و کربناته به صورت میکرولنزها خارج می‌شود. در بررسی مشابه دیگری [۲۴] دریافتند میزان گوگرد در باطله‌های زغالی مسکو طی فراوری افزایش یافته است.

وقتی باطله‌ها در تماس با آب و هوا قرار می‌گیرند، هوازده می‌شوند، و با توجه به اینکه پیریت مهمترین کانی سولفیدی موجود در باطله‌های زغالی است، اکسایش پیرت منجر به تشکیل محیط‌های اسیدی خواهد شد. لذا از نتایج XRD و XRF و نمودارهای پراکنش مشهود است کاهش شدید اکسیدهای Fe_2O_3 و SO_3 و فلزات سنگین مانند Co, Ni, Pb, Zn, Cu و Mo در باطله‌ها نسبت به زغالسنگ، بیانگر فرایند اکسایش کانی‌های سولفیدی است. این امر منجر به تمرکز SO_4^{2-} در منافذ ریز انبارهای باطله می‌شود. اسید حاصل با کانی‌های کربناته واکنش داده و سبب افزاش pH می‌شود. این فرایند موجب کاهش شدید اکسیدهای CaO, MgO و MnO در باطله‌های زغالی شده است. همچنین نتایج بررسی‌های پراش پرتوی ایکس از نمونه‌هایی که در سطح انبارهای باطله‌ها قرار دارد و تحت تاثیر فرایند هوازدگی و اکسایش قرار گرفته‌اند بیانگر عدم حضور کانی‌های پیریت، کلسیت و دولومیت است. با توجه به نتایج XRD و XRF، بخش اعظم نمونه‌های یاد شده را کانی‌های رسی موسکویت، مونتموریلونیت، شاموزیت و کوارتز تشکیل می‌دهند، لذا کانی‌های رسی می‌توانند خاستگاه سدیم و پتاسیم در زهاب‌های یاد شده باشد.

نمودار پایپر، دورو و چادها روند فرایندهای یاد شده را تایید می‌کند، به طوری که ترکیب شیمیایی آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها از نوع سولفاته با کاتیون‌های غیر غالب است. تبخیر شدید در فصول خشک منجر به افزایش غلظت یون‌های سولفات و فلزات قلیایی و قلیایی خاکی در این آب‌ها شود [۲۵، ۲۶]. در شرایط خشک، نمک‌های ثانویه ناشی از تبخیر هیدروسولفات‌های محلول با تنوع بالایی از فلزات تشکیل می‌شود [۲۵]. حضور گستردهٔ کانی‌های تبخیری به صورت نمک‌های شکفته با بافت گل کلمی با ضخامت کمتر از یک سانتی‌متر درسطح انبارهای باطلهٔ زغالی دلیل این مدعاست. نتایج XRD حضور کانی‌های سفید رنگ بلودیت را اثبات کرد. این کانی‌های تبخیری می‌توانند سولفات‌ها و فلزات قلیایی و قلیایی خاکی را به شکل جامد ذخیره کنند و به آسانی در طول دورهٔ مرطوب بعدی مانند ذوب برف‌ها و یا روان آب‌های فصلی حل شوند [۲۷، ۲۸].

ورود آب‌های زهکش شده از باطله‌ها و پساب کارخانهٔ زغالشویی زیرآب در رودخانه‌های مجاور، سبب ته نشینی نهشته‌های زرد و نارنجی تا سرخ رنگ می‌شود. بر پایهٔ مدل هیدروژئوشیمایی، در آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها گئوتیت و هیدروکسیدهای آهن همراه با کانی‌های کربناته کلسیت، دولومیت، آراگونیت در حال تشکیل است نتایج XRD حضور گئوتیت و کلسیت را اثبات کرد، که منجر به تشکیل گل اخری در طول مسیر رودخانه شده است. شرایط تشکیل گئوتیت را می‌توان چنین بیان کرد، که نخست در اثر فرایند سریع اکسایش و هیدرولیز در حضور Al, Si و مواد آلی، فری هیدریت به صورت یک کانی نیمه پایدار در محیط تشکیل می‌شود. در ادامه با افزایش pH که به سبب ورود آب‌های زهکشی به درون رودخانه‌ها صورت گرفته و وجود Si و Al و محیط مرطوب رودخانه، کانی گئوتیت تشکیل می‌شود [۲۹]. در بررسی‌های مشابه دیگری [۲۹-۳۲] دریافتند که با افزایش pH و هیدرولیز Fe^{2+}، اکسیدها و هیدروکسیدها، آهن به صورت گل آخری تشکیل می‌شود. مهمترین ویژگی هیدروکسیدهای آهن اندازه ریز ذرات، مساحت سطح زیاد و بار سطحی ویژه است، لذا قابلیت جذب سطحی زیادی دارند[۳۳]. کاهش شدید فلزات

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

کمیاب در زهاب‌های اسیدی خنثی تا قلیایی اساسا وابسته به pH است، به طوری که جذب کاتیون‌ها به وسیلهٔ هیدروکسیدها و اکسیدهای آهن با کاهش pH افزایش می‌یابد در حالی که جذب کاتیون‌ها با افزایش pH کاهش می‌یابد[۳۴]. این امر بیانگر حضور عناصر جزئی و نادر در این نهشته است. انباشتگی Mn, Al و Ni در این نهشته‌ها اثبات شده است[۳۵]. همچنین این عناصر ظرفیت حمل شبه فلزات مانند گونه‌های As را به فواصل دورتر را دارند[۳۶]. لذا این نهشته‌ها می‌تواند منجر به آلودگی محیط زیست شود.

بر اساس نمودار پایپر رودخانه چرات در منطقهٔ تغذیه واقع شده است، لذا دارای سختی کربناته بیش از ۵۰ درصد و غنی از فلزات قلیایی خاکی است. بنا بر نمودار پایپر، دورو و چادها، ترکیب شیمیایی آب رودخانه خصوصا در فصول مرطوب و پرباران از نوع تیپ $Ca\text{-}HCO_3$ است. بر اساس مدل سازی هیدروژئوشیمیایی شاخص درجهٔ اشباع شدگی برای کانی‌های کربناته کلسیت، دولومیت و آراگونیت ابر اشباع است. در بررسی مشابه دیگری که توسط [۳۷] صورت گرفت نتایجی مشابه با این بررسی بدست آمد. چنانکه در نمودارهای گیبس مشاهده می شود، خاستگاه لیتولوژی مهمترین عامل در کیفیت شیمیایی آب رودخانه است، این امر بیانگر آن است که جریان روان آب‌ها روی سنگ‌های کربناته حوزه، مهمترین عامل افزایش HCO_3 و فلزات قلیایی خاکی است. در حالی که بررسی‌های هیدروژئو شیمیایی نشان می‌دهد، در فصول خشک و کم باران ورود زهاب‌های معدنی و آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها به رودخانهٔ چرات سبب می‌شود، غلظت یون‌های SO_4^{2-}, Na^+ و K^+ افزایش یابد. همچنین نمودار پایپر، دورو و چادها نیز بیانگر آن است که ترکیب شیمیایی آب رودخانه در این فصول به تدریج به سمت تیپ $HCO_3\text{-}SO_4$ با کاتیون‌های غیر غالب میل می‌کند. این امر می‌تواند منجر به آلودگی رودخانه شود.

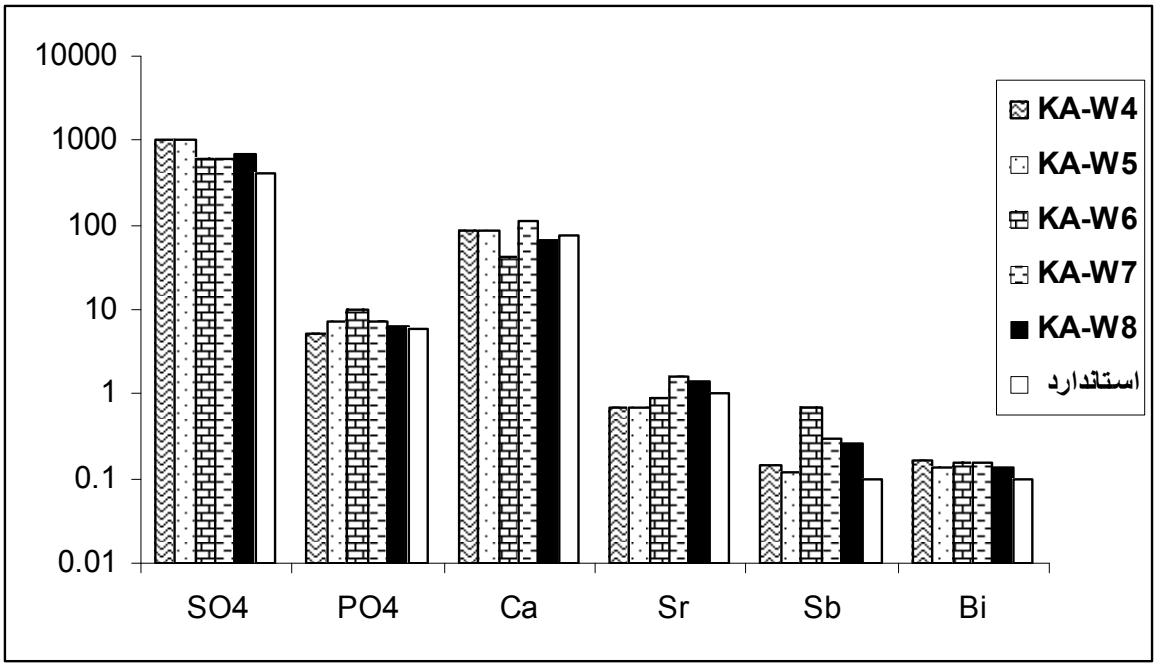
کیفیت شیمیایی آب‌های می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار گیرد، مهمترین این عوامل عبارتند از لیتولوژی منطقه، بارندگی، تبخیر از سطح آبخوان، نفوذ آب‌های شور و .... شود، ولی در هر منطقه عموما یکی از عوامل مهمتر و موثرتر است [۳۸]. بنا بر نمودارهای گیبس لیتولوژی پدیدهٔ غالب و مهمترین عامل افزایش غلظت یونی در آب‌های تراوش شده از باطله‌ها و آب رودخانه است. نتایج نشان داد، کانی‌های پیریت، کلسیت، دولومیت، و کانی‌های رسی، خاستگاه اصلی افزایش غلظت یونی در آب‌های یاد شده است.

بررسی پتانسیل آلودگی آب‌های یاد شده، بنا بر استانداردهای زیست محیطی ایران [۳۹] بیانگر آن است، که میزان SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Sr, Ca, Sb و Bi در آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و پساب کارخانه زغالشویی بیش از حد مجاز تخلیه در آب‌های سطحی است. لذا منجر به آلودگی آب رودخانه چرات می‌شود (شکل۶). همچنین در ماه‌های مرطوب و پرباران بارش‌های شدید و جریان روان آب‌های سطحی بر روی باطله سبب می‌شود تا، مقادیر بسیار زیادی از مواد معلق مانند نرمه‌های زغالی و انواع کانی‌ها وارد رودخانه شود، که منجر به افزایش کدروت و تغییر کیفیت آب خواهد شد. با توجه به این که انبارهای باطله در حریم رودخانه تخلیه شده است، لذا تنها راه ممکن برای جلوگیری از ورود آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و نرمه های زغالی که منجر به آلودگی رودخانه چرات می‌شود، جمع آوری و انتقال باطله‌ها به مکانی با سیستم زهکشی و تصفیه مناسب است.

باتوجه به روش‌های مدیریت زهاب اسیدی، استفاده از استخرهای ته‌نشینی زمین‌های باتلاقی مصنوعی برای کنترل زهاب‌های خنثی تا قلیایی مناسب است. باتلاق‌های مصنوعی بی هوازی شامل گیاهان باتلاقی که در عمق کم کاشته می‌شوند و ته‌نشست‌های نسبتا غیر قابل نفوذ آنها شامل خاک رس یا باطله‌های معدن است. در این باتلاق‌ها به واسطهٔ گستردگی سطح آب و جریان آرام آن، فلزات محلول در آب‌های آلوده از طریق اکسایش و هیدرولیز و نیز جذب سطحی به وسیلهٔ اکسیدها و هیدروکسیدها و کانی‌های رسی از محلول جدا شده و در کف باتلاق ته‌نشین می‌شود. حضور گیاهان باتلاقی از دوجهت می‌تواند موثر باشد، هم به یکنواختی جریان آب کمک می‌کند و هم باعث افزایش مواد آلی می‌شود.

افزایش راندمان در کارخانه زغالشویی زیرآب ضروری به نظر می‌رسد، زیرا بخش قابل توجهی از زغال به صورت نرمه‌های زغالی به هدر می‌رود، به طوری که بیش از ۴۶ درصد از لجن حوضچه‌های ته‌نشینی را نرمه‌های زغالی تشکیل می‌دهد، این امر احتمالا با حضور کانی‌های رسی نیز وابسته است، زیرا رس‌ها همیشه در حضور آب متورم می‌شوند، و مشکلاتی را طی عملیات زغالشویی ایجاد می‌کنند. تورم همیشه با کاهش مقاومت زغال همراه است و میزان نرمه را افزایش می‌دهد، بنابراین رس متورم شده، میزان قابل توجهی نرمه تولید می‌کند که منجر به هدر رفتن آن می‌شود. لذا پشنهاد می‌شود در بررسی‌های لازم برای افزایش بازده کارخانه، به این نکته نیز توجه شود، که بیش از ۷۰ درصد از مواد معدنی خاکستر زغالسنگ کارمزد را اکسیدهای Al_2O_3 و SiO_2 به خود اختصاص می‌دهد، که به کانی‌های رسی و کوارتزهای آواری وابسته‌اند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]



شکل۶ نمودار پتانسیل آلودگی آب‌های زهکشی و تراوش شده از باطله‌ها و پساب کارخانه زغالشویی نسبت به استاندارد تخلیه فاضلاب در آب‌های سطحی بنا بر استانداردهای زیست محیطی ایران[۳۹].

مراجع

[1] Kambole M.S., *"Managing the water quality of the Kafue River"*, Phys, Chem. Earth 28 (2003) 1105-1109.

[2] Lupankwa K., Love D., Mapani B.S., Mseka S., *"Impact of a base metal slimes dam on water systems, Madziwa Mine, Zimbabwe"*, Phys, Chem. Earth 29(2004) 1145-1151.

[3] Gary N.F., *"Environmental impact and remediation of acid mine drainage: A management problem"*, Environ. Geol. 30(1997) 62-71.

[4] Kelly M., *"Mining and the freshwater Environment"*, Elsivier pub (1991) 33-99.

[5] James G., *"Environmental Technology"*, Handbook, Applied Engg, Tech Series, (2000) 71-104.

[6] Thomas L., *"Coal geology"*, John Wiley 8 Sons Ltd (2002) 285-311.

[7] Bigham J.M., Schwertmann U., Traina S.J., Winland R.L., Wolf M., *"Schwertmannite and the chemical modeling of iron in acid sulfate waters"*, Geochemical et Cosmochimica Acta, 60 (1996) 2111-2121.

[8] Chon H.T., Hwang J. H., *"Geochemical characteristics of the acid mine drainage in the water system the vicinity of the Dogye coal mine of Korea"*, Environmental Geology and Health, 22(2000) 155-172.

[9] Banks S.B., Banks D., *"Abandoned mines drainage: Impact assessment and mitigation of discharges from coal mines in the UK",* Engineering Geology. 60 (2001). 31-37.

[10] Kim J.J., Kim S.J., Tazaki K., *"Mineralogical characterization of microbial ferrihydrite and schwertmannite, and mon- biogenic AL- sulfate precipitates from acid mine drainge in the Donghae mine area, Korea"*, Environmental Geology, 42(2002.) 19-31.

[11] Gragar T., Dedecek J., Kruiver P. P., Dekkers M. J., Bezdicka P., SchneeWiss O., *"Iron oxid mineralogy in late Miocene red beds from La Gloria"*, Spain: rock-magnetic Volta metric and Vis spectroscopy analyses, Catena. 53(2003) 115-132.

[12] Ravengai D., Love D., Love I., Gratwicke B., Mandingaisa O., Owen R.J.S., *"Impact of iron*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

Duke pyrite mine on water chemistry aquatic Life-Mazowe Vally, Zimbabwe", (2005) 219-228.
[13] Dold B., *"Basic concepts in environmental geochemistry of sulfide mine- wast"*, UNESCOY Society of Economic Geology (SEG) (2000)
[۱۴] رضایی ب.، *"تکنولوژی زغالشویی"*، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر(۱۳۸۱).
[۱۵] رضایی ب.، مهردادی ن.، *"مطالعه و بررسی کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از پساب کارخانه زغالشویی زیرآب"*، مجله محیط شناسی شماره ۲۵ (۱۳۷۹) ص ۲۳-۲۸.
[۱۶] شرکت زغالسنگ البرز مرکزی.، *"گزارش مربوط به عملیات اکتشاف زمین‌شناسی در محدوده زیرآب- کارمزد"* وزارت معادن فلزات، شرکت ملی فولاد ایران (۱۹۷۰-۱۹۶۹) ص ۱۹۳.
[17] Bullock J.H., Cathcart J.D., Betterton W.J., *"Analytical methods utilized by the united states Geological Survey for the analysis of coal and coal combustion by- products"*. Open- File Report 02-389(2002) 14.
[18] Damage Aktiongeselischaft, *"The coal deposits of Zirab- Karmozd Iran. Part 1"*, Geology and coal Reserves.(1962) 181.
[19] Chadha D.K., *"Proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data"*, Hydrogeology Journal, 7(1999) 431-439.
[20] Gibbs R.J., *"Mechanisms controlling world water chemistry"*, science 17(1970)1088-1090.
[21] Parkhurst D.L., Thorstenson D.C., Plummer L.N., *"PHREEQE a computer program for geochemical calculations"*, U. S. Geological Survey(1980).
[۲۲] قلی پور م.، مظاهری الف.، رقیمی م.، شمعانیان غ.م.، *"بررسی نحوه پراکندگی اکسیدهای اصلی و عناصر جزئی و نادر در زغالسنگ های کارمزد-استان مازندران"*، مجموعه مقالات چهاردهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، جلد ۱ (۱۳۸۵) ص ۲۶۲-۲۵۳.
[۲۳] رضوی ارمغانی م.، معین السادات ح.، *"زمین شنای ایران: زغالسنگ"*، سازمان زمین شناسی ایران،(۱۳۷۲) ۲۸۰ ص.
[24] Zilberchmidt M., shpirt M., Kominitsas K., paspaliaris I., *"Feasility of thermal treatment of high sulfur coal wastes"*, Minerals Engineering, 17(2004)175-182.
[25] Nordstorm D. K., Alpers CN., *"Negative pH, effloreseent mineralogy and consguences for environmenain Superfund site",* California. Proc Natl Acad Sci USA 96(1999) 3455-3462.
[26] Musiva K., Love D., Owen R., *"Impact of a gold mine on water system- Athens mine, Mvuma, Zimbabwe"*, In: Proc. 1st Santren Conference and Exhibition. Gaborone, Botswana, (2004).
[27] Plumlee G.S., Smith K.S., Montour M.R., Ficklin W.H., Mosier E.L., *"Geologic controlse on the composition of nutural waters and mine waters draning diverse mineral-deposit types"*, In: Filipeek, L.H., Plumlee (Eds) the Environmental Geochemistry of Minral Deposits. Reviews in Economic Geoldgy, 6(3) (1995)373-407.
[28] Bortnikova S.B., Smolyakov B.S., Sidenko N.V., Kolonin G.R., Bessonova E.P., Androsova N.V., *"Geochemical consequences of acid mine drainage into a natural reservoir: Inorganic precipitation and effects on plankton activity"*. J. Geochem. Explor. 74(2001) 127-139.
[29] Bigham J. M., Fitzptrick R. W., Schalze D. C., *"Iron oxides"*, Soil Science Soc & Am(2002) 323-365.
[30] Michaud L.H., *"Recent technology relate to the treatment of acid drainage"*, Earth Miner Sci. 63(1995) 53-55.
[31] Foos A., *"Geochemical modeling of coal mine drainage, summit county"*, Ohio Environmental Geology, 31(1998) 205-210.
[32] Swayze G.A. *"Using imaging spectroscopy to map acidic mine waste",* Environmental Science and Technology, 34(2000) 47-54.
[33] Parks G.A., *"Surface energy and adsorption at mineral-water interfaces: an introduction"*, in: Hochella, M.F. and White, A.F. (Eds.) Mineral-Water Interface Geochemistry, Reviews in Mineralogy, 23(1990) 133-175.
[33] Smith G.V., Liu J.H., *"Mossbaur Speciesian Coal",* Fuel.66 (1998) 57-562.
[34] Rose S., Ghazi A.M., *"Experimental study of the stability of metals associated with iron oxyhdroxides precipitated in acid mine drainage",* Environ. Geol. 36(1998) 364-370.
[35] Zanker H., Moll H., Richter W., Brendler V., Hennig C., Reich T., Kluge A., Hutting G., *"The*

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]

colloid chemistry of acid rock drainage solution from an abandoned Zn-Pb-Ag mine", Appl. Geochem. 17(2001)633-648.

[36] Lee C.H., Lee H.K., Lee J.S. Zoo l., *"Hydrogeochemistry of mine, surface and ground waters from the sanggok mine creek in the upper Chungju Lake, Republic of Korea"*, Environmental Geology. 40(2001) 482-495.

[۳۷] ناصری ح.ل.، *"بررسی هیدروشیمیایی آبخوان حوزه قره سو در دشت گرگان"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهد چمران اهواز، دانشکده علوم (۱۳۸۰) ص ۱۱۹.

[۳۸] سازمان حفاظت محیط زیست، *"ضوابط و استانداردهای زیست محیطی"*، انتشارات دایره سبز (۱۳۸۲) ص ۱۵۰.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-29]