Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

دگرسانی خاک ها و رسوبات در اثر عملکرد هیدروکربن ها و فعالیت میکروبی

عرفان حسینی،کارشناسی ارشد دانشگاه صنعت نفت e.hosseini19@gmail.com
حسین ایزدی یزدی، شرکت نفت شل، لندن ho.izadi@aol.co.uk
بهرام حبیب نیا، دانشگاه صنعت نفتb.habibnia@gmail.com

چکیده

اثرات دگرسانی خاک ها و رسوبات توسط هیدروکربن ها می تواند در سطح زمین شامل موارد زیر باشد: (۱) آنومالی های میکروبیولوژیکی و تشکیلات پارافین کثیف، (۲) تغییرات کانی شناسی و تشکیل کانی هایی نظیر کلسیت، پیریت، اورانیوم، اکسیدها و سولفات های آهن بخصوص مگنتیت، (۳) سفید شدن رنگ لایه ها و سازندهای قرمز رنگ (ناشی از تغییرات در ترکیب اکسیدهای آهن)، (۴) دگرسانی های منجر به تشکیل کانی های رسی، (۵) تغییرات الکتروشیمیایی، (۶) ناهنجاری های بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی و (۷) ناهنجاری های گازهای غیر هیدروکربوری مثل هلیم و رادن. این تغییرات در سطح منجر به توسعه تکنیک های اکتشافی سطحی هیدروکربوری شده است که شامل روش کربنات خاک، روشهای مغناطیسی و الکتریکی، روشهای رادیواکتیویته و دورسنجی می باشد. و از این آنومالی ها می توان در اکتشاف مخازن هیدروکربوری در کنار سایر روشها بهره گرفت.

کلمات کلیدی: دگرسانی خاک، پارافین کثیف، ژئوبوتانی، سفید شدن رنگ لایه ها، بیو ژئوشیمیایی

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

مقدمه

هدف از این مقاله فراهم کردن دیدی از تغییرات و اثرات خاکها و رسوبات در اثر عملکرد هیدروکربن هاست که اشاره ای به کاربرد روشهای ژئوشیمیایی سطحی در اکتشاف منابع نفت و گاز دارد. نشت طولانی مدت هیدروکربن ها به قسمت های سطحی زمین، می تواند باعث ایجاد نواحی اکسنده وکاهنده مختلف شده و شرایطی را برای بسیاری تحولات شیمیایی فراهم آورد. یکی ازمهمترین فرآیندها در جهت تولید چنین شرایطی، اکسیداسیون هیدروکربن ها توسط باکتری ها است. در اثر این پدیده، ممکن است تغییرات زیادی در pH و Eh محیط ایجاد شده بطوریکه شرایط پایداری بسیاری ازکانی ها و یون ها و ترکیبات را متحول سازد که از جمله نتایج آن تشکیل کانی های جدید و رسوب یا محلول شدن مقداری از ترکیبات و یون ها است. بسیاری از این تحولات، امروزه قابل ثبت بوده و تفاوت عمده ای را در خاک ها وسنگ های بالای مخازن نفتی با خاک ها و سنگ های هم افق مجاور نشان می دهند. از آنجا که بعضی از این تحولات، قابل اندازه گیری و نقشه برداری هستند، امروزه از آنها به عنوان مبنای روشهای موفق ژئوشیمی اکتشافی جهت کشف ذخایر هیدروکربنی استفاده می شود. لذا شناخت فرآیندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی مؤثر در ایجاد چنین پدیده ها و تحولاتی، امری کاملاً ضروری است[۶].

تحولات همزمان و متعاقب دگرسانی درخاک ها

این تحولات را بطور عمده می توان به صورت زیر ذکر نمود:

۱-ناهنجاری های میکروبی:

این ناهنجاری ها ناشی از فعالیت های باکتری ها و دیگر میکروب ها و مصرف کردن هیدروکربن ها توسط آنها به عنوان ماده غذایی جهت تولید انرژی می باشد که درنتیجه آن هیدروکربن ها اکسید شده و تشکیل ترکیبات جدید داده که به آنها پارافین های کثیف گویند[۱]. در نتیجه این فعالیت ها در محیط های هوازی و بی هوازی، ترکیباتی مانند دی اکسید کربن، یون بی کربنات یا سولفید هیدروژن تولید می شوند که خود منشأ تحولات دیگر هستند. همچنین اکسیداسیون باکتریایی هیدروکربن های سبک بطور مستقیم و یا غیر مستقیم می تواند تغییرات قابل توجهی را در pH و Eh محیط اطراف ایجاد کند که در نتیجه ی آن پایداری کانیها تغییر می کند. تغییرات در پایداری کانیها باعث می شود، بعضی از کانیها از محلول جدا و ته نشین شده و انحلال پذیری برخی کانیهای دیگر، بالا رفته و بصورت محلول از محیط خارج شوند. این امر باعث می گردد که ترکیبات رسوبات و خاک های موجود در بالای یک ذخیره نفتی با مناطق مجاور، بسیار متفاوت باشد[۴].

۲-تغییرات کانی شناسی و تشکیل کانیهای جدید:

یکی از تحولات مهم، تشکیل کانی های جدید در اثر فعل و انفعالات ناشی از ورود مواد جدید در محیط است که از جمله آن می توان به تشکیل کانی های زیر اشاره نمود:

۲-۱-انواع کربنات ها:

بطور مثال می توان از تشکیل کلسیت طی فرآیندهای پیچیده نام برد که بطور خلاصه طی فرمول های زیر صورت می گیرد:

- محیط اکسیدان $CH_4+2O_2+Ca^{2+} \rightarrow CaCO_3+H_2O+2H^+$

www.SID.ir

Archive of SID

- محیط کاهنده (احیایی) $CaCO_3+H_2S+H_2O\rightarrow CH_4+SO_4^{2-}+Ca^{2+}$

جهت تشخیص تفاوت کانی های کربناته ناشی از هیدروکربن ها با دیگر کربنات ها می توان از نسبت های ایزوتوپی کربن استفاده نمود[۹].

۲-۲-سولفورها:

یکی از مهمترین کانی های سولفور تشکیل شده، پیریت است. گوگرد در اینجا معمولاً می تواند سه منشاء داشته باشد که عبارتند از: ناشی از نشت از خود مخزن هیدروکربنی به صورت H_2S، ناشی از احیای سولفات ها توسط باکتری ها در محیط بی هوازی و نیز ناشی از اکسیداسیون هیدروکربن ها در نزدیک سطح زمین. منشاء آهن نیز بسیار متفاوت است که از جمله می توان از پوشش های اکسید آهن روی ذرات ماسه ها، بعضی از ذرات رسی مانند کلریدها و آبهای فرو رو در نواحی عمیق نام برد. یکی از معمول ترین فرآیندها برای تشکیل پیریت یا مارکاسیت به صورت زیر است:

$$Fe_2O_3+4H_2S\rightarrow 2FeS_2+3H_2O+2H^++2e^-$$

گسترش زون پیریت دار، بسته به عوامل مختلف، ممکن است بسیار گسترده یا نسبتاً محدود باشد. آنومالی های پیریت بالای مخازن هیدروکربنی بعضاً توسط روش های ژئوفیزیکی مانند پلاریزاسیون القایی قابل بررسی و مطالعه است[۹].

۲-۳-تشکیل کانی های رسی

تولید CO_2 و H_2S و نیز اسیدهای آلی ناشی از اکسیداسیون میکروبی هیدروکربن ها، می تواند موجب ایجاد محیط احیایی وکمی اسیدی شود. این شرایط می تواند باعث تولید بعضی کانی های رسی در اثر دگرسانی فلدسپات ها شده وکانی های رس مانند ایلیت را به شکل پایدارتر آنها مانندکائولینیت تبدیل کند[۹].

۲-۴-اورانینایت (UO_2)

یون اکسید اورانیوم (UO_2^{2+}) در شرایط اکسیدان، قابل حل در آب بوده و در بعضی آب های زیر زمینی حضور دارد. در صورت تبدیل شرایط به محیط احیایی، این یون به صورت اورانینایت که درآب محلول نیست، در محیط رسوب می کند. این شرایط احیا می تواند توسط فعالیت های ناشی از تحولات دگرسانی هیدروکربنی (مثلاً توسط باکتری ها) ایجاد شود. در بعضی شرایط، تجمع کانسارهای اقتصادی از اورانیوم نیز در حوالی مخازن نفت وگاز تشکیل شده است. تجمع بعضی فلزات سنگین دیگر مانند سرب و روی و حتی طلا می تواند در شرایطی مشابه اورانیوم صورت گیرد[۸].

۲-۵-کانی های مغناطیسی:

بیش از چند دهه از کشف آنومالی های مغناطیسی در بالای مخازن نفت وگاز می گذرد ولی علت و چگونگی آن و تئوری توجیه کننده فقط طی دو دهه گذشته کشف و ارائه شده است. بر این اساس در شرایطی مشابه تشکیل پیریت و تجمع اورانیوم، کانی های مغناطیسی مانند مگنتیت (Fe_3O_4)، مگهمیت (γ -Fe2O3)، پیروتیت (Fe_3S_8) و گریگیت (Fe_3S_4) می توانند تجمع پیدا کنند. به عنوان مثال می توان از فرآیند زیر برای تشکیل مگنتیت نام برد:

www.SID.ir

Archive of SID

$Fe_2O_3 + 2H_2S \rightarrow FeS_2 + FeO + 2H_2O$

$FeO + Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O$ (مگنتیت)

بسیاری از آنومالی های مغناطیسی ایجاد شده توسط روشهای ژئوفیزیکی قابل ثبت و مطالعه هستند[۳].

۳-تغییرات الکتروشیمیایی

خواص الکترو شیمیایی در افق های خاک و سنگ در بالای مخازن هیدروکربنی می تواند بطور بارزی نسبت به اطراف تغییرکند. این تغییر ناشی از تحولات مختلف می باشد که بطور عمده می توان از دو تای آنها به صورت زیر نام برد:

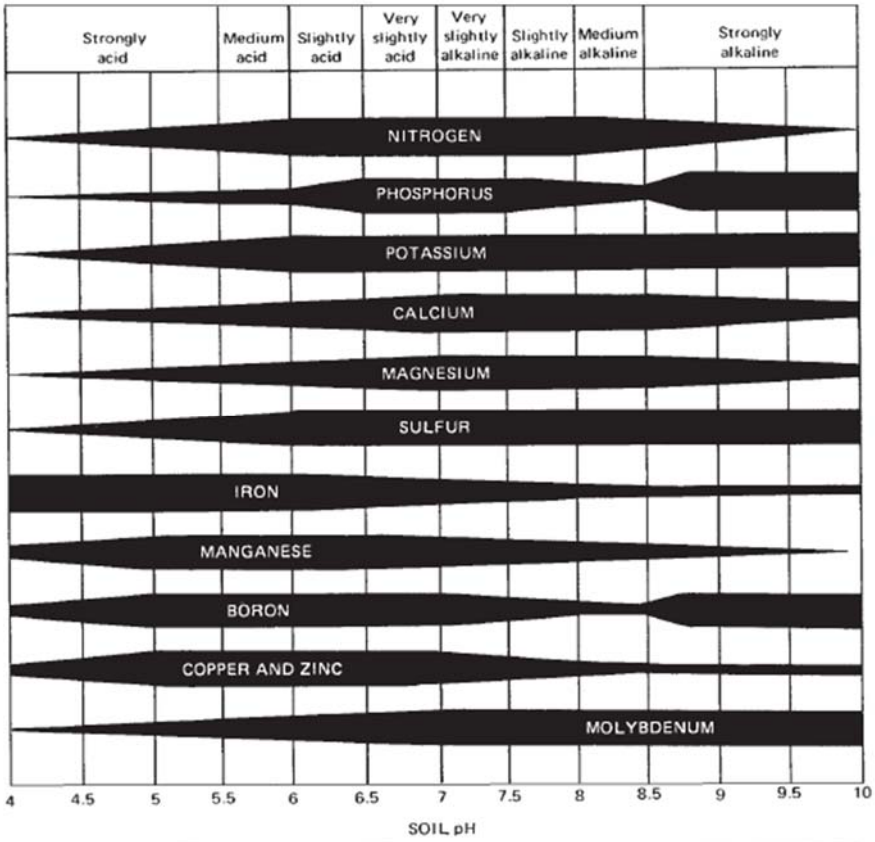
- تجمع پیریت و مارکاسیت در اعماق کم که می تواند آنومالی های پلاریزاسیون القایی را ایجاد کند[۲].
- پرشدن تخلخل ها و فضاهای خالی در نواحی نزدیک سطح توسط کانی های کربناته که می تواند آنومالی هایی با مقاومت ویژه بالا ایجاد کند[۲].

۴-تحولات در عناصر کمیاب و پدیده های بیو ژئوشیمیایی و ژئوبوتانی:

چنانچه گفته شد فرآیندهای دگرسانی خاک ناشی از هیدروکربن ها می تواند باعث تحولاتی در pH و Eh خاک های سطحی شود. حلالیت ترکیبات و یون های عناصر مختلف در خاک تابع شرایط مختلف از جمله pH و Eh است. بطور مثال میزان حلالیت pH برابر ۶، حدود یکصد هزار بار بیشتر از pH برابر۸/۵ است، از این رو تغییر در pH و Eh محیط می تواند باعث تجمع های غیرعادی بعضی عناصر مانند Mn،Cr، V،Fe،Mo، Cu، Co،Niو Zn در خاک شود. چنین آنومالی هایی در بعضی مناطق بالای منابع نفتی ثبت شده است. همچنین تغییر حلالیت عناصر مختلف می تواند امکان دسترسی ریشه گیاهان به این عناصر را کم یا زیاد کند[۵]. کم و زیاد بودن بعضی از این عناصر در خاک که برای زندگی گیاهان اهمیت زیاد دارند ممکن است باعث تحولات فیزیولوژیک و مرفولوژیک در گیاه شده و یا تجمع های غیر عادی از عناصر در بعضی اندام های گیاهان روئیده بالای مخازن هیدروکربنی را باعث شوند. از این موضوع در بررسی های ژئوبوتانی و بیوژئوشیمیایی برای اکتشاف نفت بهره جسته شده است. تغییرات ژئوبوتانی از این نوع حتی توسط روشهای دورسنجی قابل مطالعه و ثبت است. شکل های زیر بطور ساده این تحولات را نمایش داده است[۸].

www.SID.ir

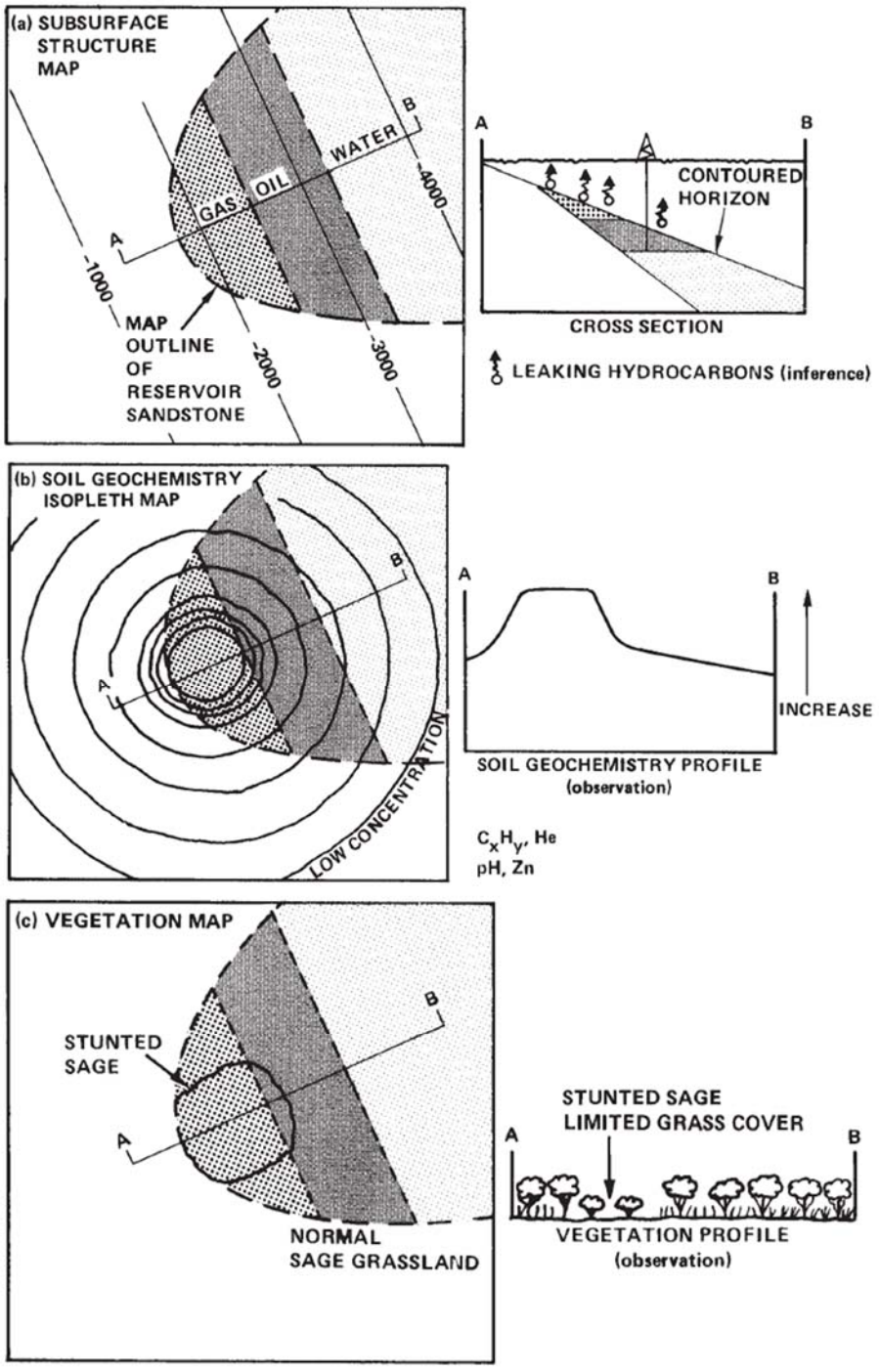
Archive of SID



شکل۱-تأثیر pH خاک در امکان جذب عناصر اصلی توسط گیاهان، عرض باندهای افقی مقدار نسبی جذب هر عنصر را با توجه به pH خاک توسط گیاهان نشان می دهد[۸]

www.SID.ir

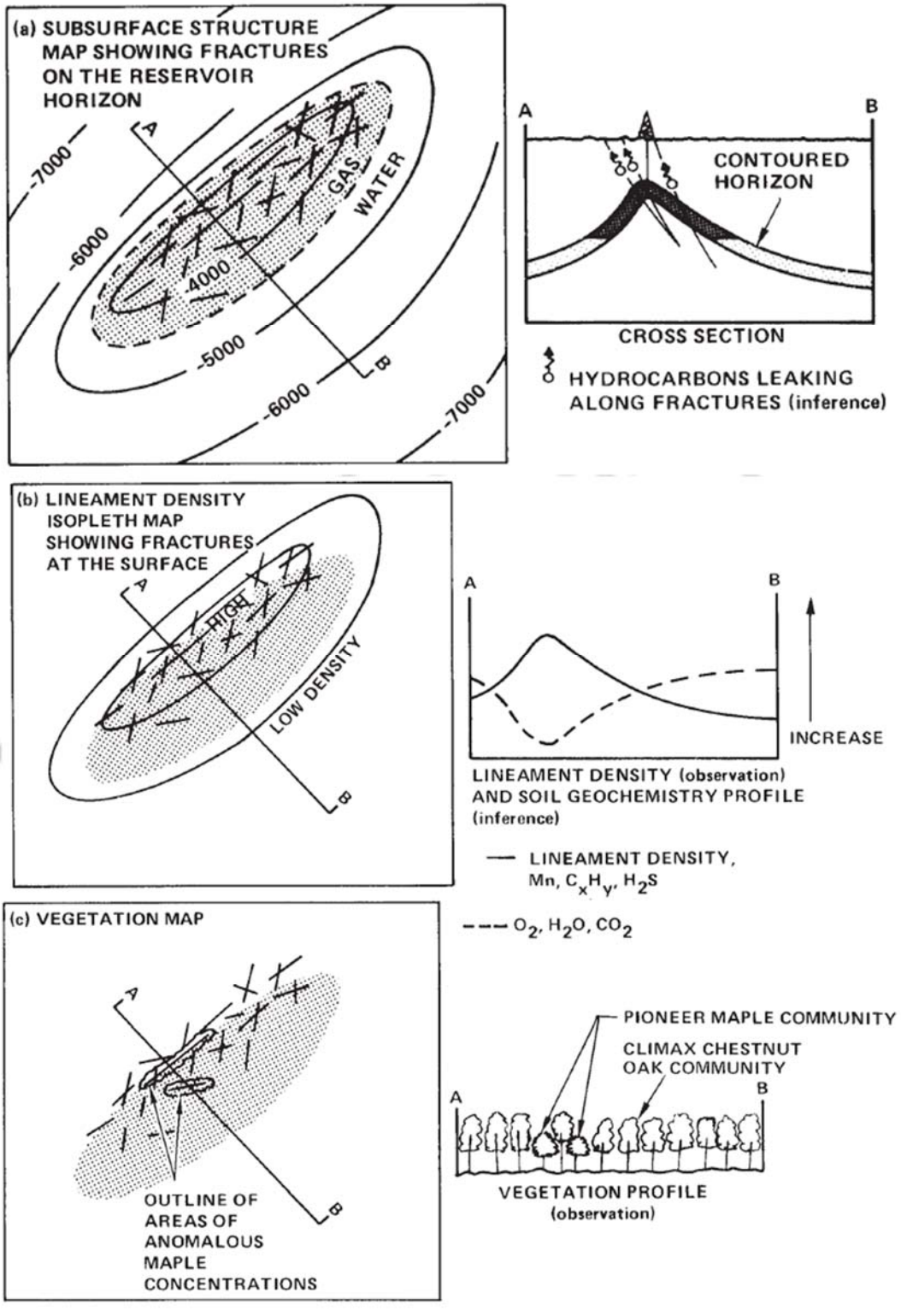
Archive of SID



شکل۲-مدل فرضی اکتشاف هیدروکربن ها. روش ژئوبوتانی، متوقف شدن رشد گل مریم را نشان داده که این تغییر با تمرکزهای هیدروکربن های سبک و افزایش pH در مطالعات ژئوشیمیایی بعدی تایید شده است[۸]

www.SID.ir

Archive of SID



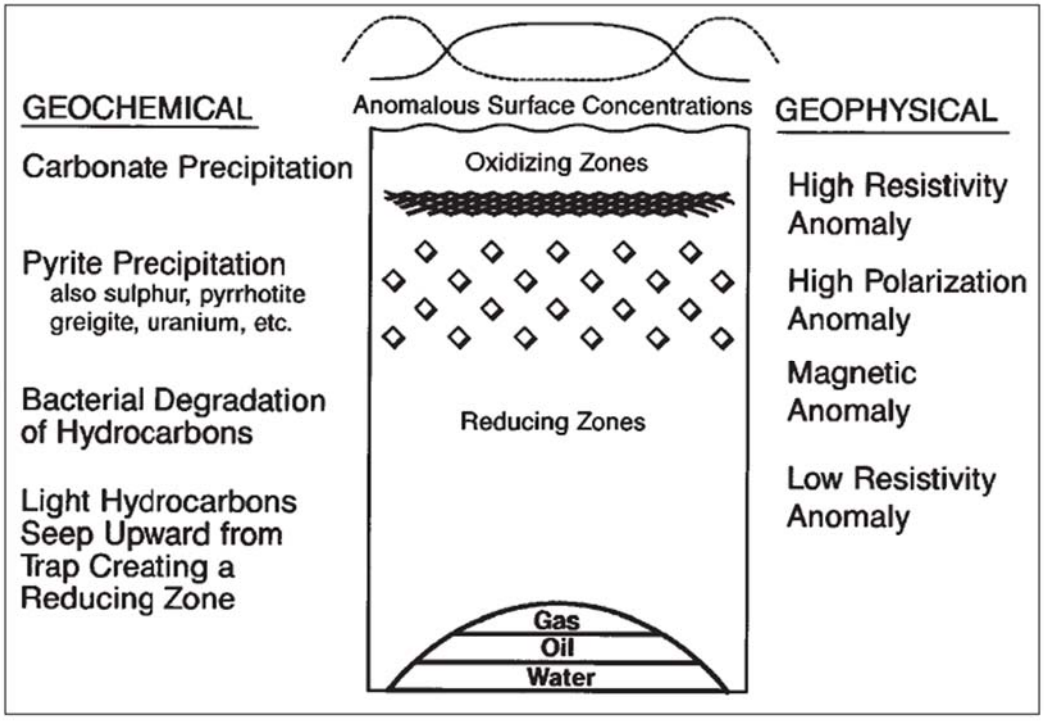
www.SID.ir

Archive of SID

شکل۳-مدل تجربی اکتشاف هیدروکربن ها در وست ویرجینا. روش ژئوبوتانی تمرکز درختان افرا را بالای مخازن نفتی نشان داده که این، منطبق با تراوش زیاد هیدروکربن ها وکاهش میزان اکسیژن است[۸]

مدلی ساده جهت نشان دادن تحولات دگرسانی در بالای منابع هیدروکربنی:

براساس تحولات ذکرشده در قسمت قبل بطور خلاصه مدل آلتراسیون خاک و سنگ بالای مخازن هیدروکربنی در شکل زیر نشان داده شده است. در این شکل تحولات صورت گرفته به صورت تحولات ژئوشیمیایی و تغییرات ژئوفیزیکی ناشی از آنها نسبت به عمق نشان داده شده است. همچنین منحنی کیفی تغییرات با پارامترهای سطحی نیز در بالای مخزن نشان داده شده است.



شکل۴-تمرکزهای آنومالی های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی[۸]

کاربرد تغییرات ایجاد شده درخاک ناشی از هیدروکربن ها جهت مقاصد اکتشافی:

مهمترین روشهای اکتشافی که بر اساس تحولات خاک ناشی از هیدروکربن ها بنا شده است را می توان به صورت زیر بر شمرد:

- روشهای ژئوفیزیکی مغناطیس سنجی:

www.SID.ir

Archive of SID

چنانچه گفته شد با مطالعات مغناطیس سنجی میتوان به آنومالی های مغناطیسی کم عمق ایجاد شده ناشی از تحولات خاک در بالای مخازن هیدروکربنی پی برد. لازم به ذکر است که باید دقت کافی در تفسیر این آنومالی ها نموده تا با آنومالی های مغناطیسی ناشی از منشاءهای دیگر اشتباه نشوند.

- روشهای ژئوفیزیکی الکتریکی:

مهمترین روشهایی که در این زمینه کاربرد دارند روشهای پلاریزاسیون القایی (IP) و مگنتوتلوریک (MT) می باشند. CSAMT روش ژئوفیزیک کاربردی الکتریکی جدیدی است که برخلاف روش MT که در آن از سیگنال های طبیعی استفاده می شود، از یک منبع سیگنال غیرطبیعی استفاده می کند. به نظر می رسد اکنون CSAMT دقت کافی برای شرح توده دگرسانی زیر سطحی در شرایط زمین شناسی مختلف را دارد.

روشهای رادیومتری:

تشعشع اشعه گاما درخاک را عمدتاً ناشی از K و نیز تا حدودی Bi وTL می دانند. آنومالی منفی رادیومتری (اشعه γ) در بالای مخازن نفتی در دنیا به ثبت رسیده است؛ این امر را معمولاً ناشی از دو علت می دانند:

۱- تبدیل فلدسپات های پتاسیم به رس و نیز تبدیل بعضی از انواع رسهای پتاسیم دار به انواع دیگر طی فرایندهای دگرسانی خاک ناشی از هیدروکربن ها و سپس به حاشیه رانده شدن آنها توسط فرآیند ثانوی دیگر[۱۰].
۲- به علت تجمع ترکیبات اورانیوم دار در حاشیه، ناشی از تحولات ذکر شده. این موارد در شکل زیر نشان داده شده است[۱۰].

روش رادیومتری برای اکتشاف نفت، اخیراً با موفقیت های نسبی، همراه بوده است.

- روشهای دورسنجی:

روشهای دورسنجی به کمک عکس های ماهواره ای در زمینه مطالعه تحولات ناشی از آلتراسیون خاک به منظورکشف ذخایر هیدروکربنی به سه دسته عمده تقسیم می شود:

۱- کشف مناطق سفید شده در افق های قرمز رنگ خاک (به علت احیای اکسید آهن)[۷]
۲- کشف مناطق کائولینیتی شده
۳- روشهای ژئوبوتانی ومطالعه طیف های انعکاسی ناهنجار در پوشش های گیاهی[۸]

نتیجه گیری:

روشهای اکتشافی براساس دگرسانی رسوبات و خاک ها تحت تأثیر هیدروکربن از مدت ها قبل، رایج بوده است. هیدروکربن، تنها دلیل دگرسانی خاک ها و رسوبات نمی باشد و باید در نسبت دادن این آنومالی ها به نشت های نفتی خیلی دقت کرد. ادعاهای بسیاری مبنی بر موفقیت روشهای اکتشافی متنوع که بر اساس آنومالی های دگرسانی رسوبات و خاک ها بنا شده، وجود دارد. اگرچه پدیده ی دگرسانی تحت تأثیر هیدروکربن ثابت شده است، ولی برای استفاده از این آنومالی ها در اکتشاف هیدروکربن ها دقت و تحقیقات علمی بیشتری مورد نیاز است.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1].Baum,M .G . ,Bleschert,K.H. , Wagner,M.and Schmitt,M.,1997,Application of surface prospection methods in the Duth North sea ,Petroleum Geoscience, Vol.3,P.171-181.

[2].Brooks .R.R ,Department of soil science,Massey university,Palmerston North, New Zealand,chapter11.

[3].Hitzman, D. C., B. A. Rountree, J. D. Tucker, and S. Smith, 2002, Integrated microbial and3-D seismic surveys discover Park Springs (Conglomerate) field and track microseepagereduction, inSurface exploration case histories: Applications of geochemistry, magnetics,and remote sensing, D. Schumacher and L. A. LeSchack, eds., AAPG Studies inGeology No. 48 and SEG Geophysical References Series No. 11, p. 59–65.

[4].Parduhn,N.l.1995,Geomicrobiological Prospection for Petroleum and minerals .in:R.R.Brooks,C.E.Dunn and G.E.N.Hall,Biological systems in mineral exploration and processing Ellis Horwood,Newyork,P.177-206.

[5].Philip , R.P.1999. Petroleum : Surface Geochemistety , in : Marshal , C.P. and Fair bridge , R.W . Encyclopedia of geochemistery , Kluwer Academic Publisher , London. P.502-504.

[6].Schumacher , D . 1999 , A General overview of Hydrocarbon microseepage (Internet)

[7].Schumacher , D . Geochemical exploration for oil and gas strategies for success , 2005(Internet)

[8].Schumacher, D., 1996, Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments, in D. Schumacher and M. A. Abrams, eds., Hydrocarbon migration and its nearsurface expression: AAPG Memoir 66, p. 71–89.

[9].Schumacher,D.and Abraham,A.eds.,1996,Hydrocarbon migration and its near surface expression:AAPG Memoir 66,P.445.

[10].Schumacher, D., Surface Geochemical exploration for petroleum ,2005(Internet).

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

Hydrocarbon-Induced Alteration of Soils and Sediments and microbial activity

Erfan Hosseini, Petroleum University of technology, e.hosseini19@gmail.com
hossein izadi yazdi,oil shell company, ho.izadi@aol.co.uk
Bahram habibnia, Petroleum University of technology, b.habibnia@gmail.com

Abstract
The surface expression of hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments can take many forms, including (1) microbiological anomalies and the formation of "paraffin dirt"; (2) mineralogic changes such as formation of calcite, pyrite, uranium, elemental sulfur, and certain magnetic iron oxides and sulfides; (3) bleaching of red beds; (4) clay mineral alteration; (5) electrochemical changes; (6) biogeochemical and geobotanical anomalies and (7) radiation anomaliessuch as Helum and Radon. This hydrocarbon-induced alteration is highly complex, and its varied surface expressions have led to the development of an equally varied number of surface exploration techniques, including soil carbonate methods, magnetic and electrical methods, radioactivity-based methods, and remote sensing methods. And the anomaly can be used along with other methods in the exploration of hydrocarbon reservoirs.

Keyword: alteration of soil, paraffin dirt, geobotany, bleaching of red beds, biogeochemical

www.SID.ir