



## مطالعه تشکیل رسوبات معدنی برای کاربرد در ازدیاد برداشت در میدان نفتی بی بی حکیمه گچساران براساس تغییرات دمای چاه

امیرکریمیان طرهبه 1\* ، سید حسین هاشمی 2 ، عباس نیکنام 3 ، سید عبدالرسول هاشمی 3

1 استادیار بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، amirkarimian@shirazu.ac.ir

2 کارشناسی ارشد مهندسی شیمی دانشگاه محقق اردبیلی اردبیل، s.hosseinhashemi@hotmail.com

3 شرکت بهره برداری نفت و گاز گچساران، abas.niknam@gmail.com؛ rasool.hashemi1982@gmail.com

### چکیده

غلظت بالای یونهای معدنی همچون سدیم، منیزیم، کلسیم، سولفات، کلرید و بی کربنات در محلول های آبی همچون آب سازند میادین نفت سبب تشکیل و ته نشینی رسوب معدنی می شود. لذا آنالیز آب سازند و ارزیابی ته نشینی رسوب معدنی ضروری به نظر می رسد. به همین دلیل در این مطالعه، بررسی میزان اشباعیت رسوبات معدنی براساس آب سازند برای یک نمونه چاه در میدان نفتی بی بی حکیمه مورد توجه بوده است. در این مطالعه بررسی تشکیل رسوب معدنی همچون کلسیم کربنات، ژپیس، منیزیم کربنات و کلسیم سولفات مورد مطالعه بوده است. براساس نتایج این مطالعه، براساس تغییرات دمای چاه و غلظت املاح معدنی آب سازند، تشکیل رسوب معدنی کلسیم کربنات قابل انتظار است.

**کلمات کلیدی:** میدان نفتی بی بی حکیمه، رسوبات معدنی، آب سازند، ژئوشیمی، ازدیاد برداشت

## Study of mineral sedimentation for EOR, in Bibi Hakimeh Oil Field, Gachsaran based on well temperature changes

Amir Karimian Torghabeh 1\*, Seyed Hossein Hashemi 2, Abbas Niknam 3, Seyed Abdolrasoul Hashemi 3

1 Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Shiraz University

2 Master of Chemical Engineering, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil

3 Gachsaran Oil and Gas Exploitation Company

### Abstract

High concentrations of mineral ions such as sodium, magnesium, calcium, sulfate, chloride and bicarbonate in aqueous solutions such as water from the oilfield formation cause the formation and



deposition of mineral sediment. Therefore, analysis of water formation and evaluation of mineral sediment deposition seems necessary. For this reason, in this study, the saturation of mineral sediments based on water of the formation for a sample of wells in Bibi Hakimeh Oil Field has been considered. In this study, the formation of mineral deposits such as calcium carbonate, gypsum, magnesium carbonate and calcium sulfate has been studied. Based on the results of this study, based on changes in well temperature and concentration of mineral ions in the water formation, the formation of calcium carbonate is expected.

**Keywords:** Bibi Hakimeh oil field, mineral sediments, water formation, geochemistry

## مقدمه

آب سازند میادین نفتی به عنوان سیالی مهم در میادین نفتی دارای کاتیونهای سدیم ، کلسیم ، باریوم ، استرانسیم ، پتاسیم و آهن و همچنین از آنیونهای کلرید ، سولفات ، سولفید ، کربنات است. با توجه به کاربرد عملیات تزریق آب در صنعت نفت، مسئله ناسازگاری ترکیب آب سازند با آب تزریقی (اختلاط آب تزریقی و محلول آبی مخزن) و در نتیجه تشکیل و ته نشینی رسوب معدنی صورت می پذیرد [1-2].

رسوب های معدنی از مشکلات مرسوم چاه های حوزه نفتی هستند که از رایج ترین نوع این رسوبات می توان به کلسیم کربنات و کلسیم سولفات اشاره نمود. از مشکلات این رسوبات می توان به افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری و کاهش کلی در میزان بازدهی تولید اشاره کرد [3-1]. مطالعه ماهیت شکل گیری رسوبات معدنی در سیستم های نفتی توسط محققین بسیاری مورد توجه بوده است.

اهمی و گادری [4] مطالعه تجربی سنتتیک تشکیل رسوب کلسیم سولفات دو آبه در دوره مقدماتی و روند هسته زایی در کار تحقیقاتی خودشان مورد توجه قرار دادند. براساس نتایج بدست آمده در مطالعه آنها، عواملی همچون درجه حرارت و درجه فوق اشباع بر روند دوره رشد کریستال رسوب کلسیم سولفات دو آبه تاثیرگذار است.

فن همکاران [5] براساس یک کار تجربی سنیتیک رسوب کلسیم سولفات در حضور و عدم حضور مهار کننده، برای غلظت رسوب کلسیم سولفات بین 0-32 مولار و در دمای 0-200 درجه سانتی گراد مطالعه کردند. همچنین در مطالعه آنها یک مدل نیمه نظری (با توجه به شرایط pH، شاخص اشباع و درجه حرارت) به منظور پیش بینی سنیتیک تشکیل رسوب معدنی کلسیم سولفات، توسعه داده شد.

وانگ و همکاران [6] براساس کار تجربی- محاسباتی، حلالیت سنگ گچ، هیمی هیدرات و انهیدرات در در یک سیستم چند جزئی الکترولیتی مورد مطالعه قراردادند. با استناد نتایج مطالعاتی آنها، با افزایش دما، افزایش حلالیت سنگ گچ و کاهش حلالیت هیمی هیدرات و انهیدرات مورد توجه است.

شجری و رشیدی [7] در یک کار تجربی - نرم افزاری ، تشکیل رسوب معدنی در طی تزریق آب در سیستم های نفتی را مورد ارزیابی قراردادند.

رسوب کلسیم سولفات از مهمترین رسوبات مهم در تاسیسات سطحی و زیر سطحی میادین نفتی می باشد. از اینرو توسط هاشمی و همکاران [8] روند تشکیل رسوب معدنی کلسیم سولفات در چند میدان نفتی براساس غلظت یونهای معدنی آب سازند و همچنین شرایط دما و فشار بررسی شد. همچنین هاشمی و همکاران [9] در مطالعه دیگر تشکیل باریوم و استرانسیم سولفات را در طرح سیلابزنی آب در مخازن نفتی را براساس مدل ترمودینامیکی بررسی کردند.

در این مطالعه ، آنالیز یونهای معدنی در آب سازند در میدان نفتی بی بی حکیمه براساس یک نمونه چاه مورد مطالعه است که نتایج آن اطلاعات ارزشمندی برای بخش عملیاتی این میدان نفتی است. همچنین با توجه به چالش های ناشی



## میدان نفتی رگ سفید

میدان نفتی بی بی حکیمه یکی از بزرگترین میدانی نفتی جنوب غرب ایران (در فاصله 250 کیلومتری جنوب شرقی اهواز و 30 کیلومتری خلیج فارس) که سازندهای مخزنی اصلی آن شامل آسماری و سروک بوده و در مجاورت میدانهای پازنان، سرپوری، گرنگان-چلینگر، سوالبدار و رگه سفید قرار دارد. این میدان نفتی از لحاظ زمین شناسی در قسمت شرقی فرو افتادگی دزفول قرار گرفته است که دارای پتانسیل تولید گاز از سازندهای کربناته خامی می باشد [10-11].

## روش آنالیز

در این پژوهش، روش اندازه گیری برای کاتیونهای کلسیم و منیزیم براساس استاندارد ASTM-D511 [12] بوده است. همچنین برای آنالیز یون کلر براساس استاندارد ASTM-D512 [13]، یون آهن براساس HACH 8008 [14]، یون سدیم با استفاده از دستگاه Flamephotometer، یون سولفات براساس HACH 8051 [15] و بی کربنات براساس کتاب بتز [16] استفاده شده است. همچنین بررسی تشکیل رسوب معدنی سولفاتی و کربناتی مبتنی بر نرم افزار 2 StamCad بوده است.

## بحث و نتیجه گیری

در جدول 1، آنالیز کاتیون و آنیونهای معدنی در یک نمونه از چاههای میدان نفتی بی بی حکیمه ارائه شده است. براساس نتایج ارائه شده در جدول 1، غلظت یونهای معدنی همچون کلسیم، منیزیم، سدیم و همچنین سولفات، کلرید و بی کربنات در آب سازند میدان نفتی بی بی حکیمه می تواند در بحث تشکیل رسوب مورد توجه باشند. به این در حالی است میزان غلظت یون آهن در نمونه مورد مطالعه بسیار ناچیز بوده است. براساس نتایج جدول 1، در بین کاتیونها، یون سدیم مقدار بیشتری نسبت به یونهای کلسیم و منیزیم داشته است و همچنین در بین آنیونها، یون کلرید نسبت به یون سولفات و بی کربنات میزان بیشتری داشته است. از عوامل مهمی که میتواند بر میزان غلظت مواد معدنی در آب سازند اثر گذار باشد میتوان به تبادل منیزیم و کلسیم به هنگام ساخته شدن دولومیت و عبور املاح معدنی از روزنه ها و شکافهای مخزن زیر سطحی اشاره نمود.

جدول 1- آنالیز آب سازند براساس نمونه چاه میدان نفتی بی بی حکیمه



# ششمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران

۱۳ الی ۱۵ بهمن ماه ۱۴۰۰  
دانشگاه شهید چمران اهواز

Sponsored and Indexed by  
**CIVILICA**  
We Respect the Science

**ISC**  
Islamic World Science Citation Center  
00210-59857



رسوبات معدنی (% Saturation*)	شرایط چاه نفتی	100 فارنهایت	110 فارنهایت	120 فارنهایت	130 فارنهایت
CaSO <sub>4</sub>		21/46	23/56	23/91	28/53
CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O		16/61	15/83	15/05	14/27
CaCO <sub>3</sub>		100 (میزان رسوب 188 میلی گرم برلیتر)	100 (میزان رسوب 197 میلی گرم برلیتر)	100 (میزان رسوب 206 میلی گرم برلیتر)	100 (میزان رسوب 216 میلی گرم برلیتر)
MgCO <sub>3</sub>		2/86	3/65	4/61	5/78

در جدول 2، پیش بینی تشکیل رسوب معدنی براساس درصد شاخص اشباعیت برای رسوبات معدنی همچون کلسیم سولفات، کلسیم کربنات، منیزیم کربنات و ژپس برای یک نمونه آب سازند میدان نفتی بی بی حکیمه ارائه شده است. براساس نتایج بدست آمده در جدول 2، تشکیل رسوب معدنی کلسیم کربنات از دمای 100 تا 170 فارنهایت قابل انتظار است. به عبارتی دیگر نرخ اشباعیت (درصد اشباعیت درصد است) رسیده است. معدنی کلسیم کربنات از دمای 251 میلی گرم برلیتر بوده براساس میزان یونهای معدنی حکیمه و تغییرات دمای چاه، منیزیم کربنات و کلسیم استناد به نتایج جدول 2، با افزایش دما میزان اشباعیت رسوب معدنی ژپس کاهش و منیزیم کربنات و کلسیم سولفات (با توجه به تغییرات ثابت حلالیت و ضریب فعالیت یونهای کلسیم، منیزیم، بی کربنات و سولفات) افزایش می یابد.

یونهای معدنی (mg/lit)	میزان
Na <sup>+</sup>	79381
Ca <sup>2+</sup>	4800
Mg <sup>2+</sup>	1215
Cl <sup>-</sup>	133125
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	800
HCO <sup>-</sup>	488
Total Dissolved Solid	219809

	۱۴۰۰ فروردین ماه ۱۳۰۰	۱۴۰ فروردین ماه ۱۳۰۰	۱۵۰ فروردین ماه ۱۳۰۰	۱۶۰ فروردین ماه ۱۳۰۰
CaSO <sub>4</sub>	31/43	34/59	38/03	38/03
CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	13/49	12/69	11/89	11/1
CaCO <sub>3</sub>	100 (میزان رسوب 225 میلی گرم بر لیتر)	100 (میزان رسوب 234 میلی گرم بر لیتر)	100 (میزان رسوب 242 میلی گرم بر لیتر)	100 (میزان رسوب 251 میلی گرم بر لیتر)
MgCO <sub>3</sub>	7/19	8/87	10/88	13/26

جدول 2- پیش بینی درصد اشباعیت تشکیل رسوب معدنی بر اساس آب سازند میدان نفتی بی بی حکیمه

\* Saturation = 100 % تشکیل رسوب معدنی

## نتیجه گیری

غلظت بالای کاتیونها و آنیونهای معدنی در آب سازند میادین نفتی، سبب پدیده تشکیل رسوب معدنی در تاسیسات سطحی و زیر سطحی صنعت نفت است. به همین دلیل در این پژوهش بر اساس میدان نفتی بی بی حکیمه، آنالیز آب سازند مورد مطالعه بوده است. با استناد به نتایج بدست آمده در این مطالعه، میزان میلی گرم بر لیتر یونهای معدنی هم چون سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، بی کربنات، کلرید در آب سازند بی بی حکیمه محسوس است. همچنین در این مطالعه ارزیابی تشکیل رسوب معدنی همچون ژپس، کلسیم سولفات، کلسیم کربنات و منیزیم کربنات در شرایط دماهای مختلف چاه از 100 تا 170 فرارهایت در میدان نفتی بی بی حکیمه مورد مطالعه بوده است. بر اساس نتایج این مطالعه، تشکیل رسوب معدنی کلسیم کربنات در این میدان نفتی قابل انتظار است. میزان تشکیل کلسیم کربنات از دمای 100 تا 170 فرارهایت به میزان 188 تا 251 میلی گرم بر لیتر بوده است.

## منابع

- [1] Moghadasi, J., Jamialahmadi, M., Muller-Steinhagen, H., Sharif, A. 2003. Scale Formation in Oil Reservoir and Production Equipment. The SPE European Formation Damage Conference SPE 82233: 1-12.
- [2] Amiri, M. 2010. Investigation of Compatibility between Injection Water and Formation Water during Water Injection in Iranian Oilfields. Ahwaz, Iran: Petroleum University Technology Ahwaz Faculty.
- [3] Bahadori, A., Zeidani, K. 2012. Predicting Scale Formation In Wastewater Disposal Wells Of Crude-Oil Desalting Plants. Petroleum & Coal 54(2), 143-148.
- [4] Ahmi, F., Gadri, A. 2004. Kinetics and Morphology of Formed Gypsum. Desalination 166 (1): 427-434. DOI: 10.1016/j.desal.2004.06.097.
- [5] Fan, C., Kan, A., & Fu, G. 2010. Quantitative Evaluation of Calcium Sulfate. SPE Journal 15 DOI: 10.2118/121563-pa., 977-988.
- [6] Wang, W., Dewen Zeng, Zhou, H., Wu, X., Yin, X. 2015. Solubility Isotherms of Gypsum, Hemihydrate, and Anhydrite in the Ternary Systems CaSO<sub>4</sub> + MSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn) at T = 298.1 K to 373.1 K. J. Chem. Eng. Data, 60: 3024-3032.
- [7] Shajari, M., Rashidi, F. 2021. Evaluation of thermodynamics effect on mineral scale formation in water injection wells supported by laboratory experiments. AUT Journal of Mechanical Engineering . 5(3). Pages 7-7.

[8] هاشمی، س.ح، و موسوی دهقانی، س.ع، و دین محمد، م، و هاشمی، س.ع. 1398. پیش بینی ترمودینامیکی تشکیل رسوب معدنی Anhydrite در محلول های الکترولیتی سامانه نفتی. مجله شیمی و مهندسی شیمی ایران، 38(3) (پیاپی 93)، 303-293



[9] هاشمی، س.ح.، دین محمد، م.، موسوی دهقانی، س.ع. 1397. پیش بینی ترمودینامیکی تشکیل رسوبات سولفات باریم و استرانسیم در طرح های سیلابزنی آب در مخازن نفتی. مجله مهندسی منابع معدنی. 4(2)، 12، 23-37.

[10] ابطحی. س.ت. 1387. طرح توسعه میدان بی بی حکیمه. اکتشاف و تولید. 55. 13-16.

[11] عبادی، ن.، یارم طاقلوسهرابی، م.، رحیمی، ت.، ورناصری، ن. 1394. عملکرد و توسعه شکستگیها در مخزن آسماری یکی از میدان جنوب غربی میدان بی بی حکیمه، کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی.

[12] <https://www.astm.org/Standards/D511.htm>

[13] <https://www.astm.org/Standards/D512.htm>

[14] <https://www.hach.com/asset-get.download-en.jsa?code=55608>

[15] <https://www.hach.com/asset-get.download-en.jsa?code=56093>

[16] **Betz.L., 1962.** Betz Handbook Of Industrial Water Conditioning. Sixth Edition. Publisher of Betz, Trevose, Pennsylvania.