

بررسی نیمه صنعتی میزان نفوذ، انتشار و رسوب گذاری سیالات حفاری سبک وزن در بستر دریا و تاثیر زیست محیطی آن

پژوهش نفت

سال بیست و سوم

شماره ۷۳

صفحه ۱۴۶-۱۳۴، ۱۳۹۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۲/۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱/۱۴

محمد سلیمانی^{۱*} و حسین مروتی^۲

۱- پژوهشگاه صنعت نفت

۲- دانشگاه آزاد واحد تهران شمال - دانشکده علوم و فنون دریایی

soleymanim@ripi.ir

چکیده

در این مقاله سعی شده است ضمن اشاره کلی به نقش سیالات حفاری در دستیابی به مواد هیدروکربنی، به نتایج آزمایشگاهی تأثیر نرخ جریانهای مختلف آب محیط دریایی که در آنجا عملیات حفاری انجام می‌گیرد، بر میزان نفوذ عمقی و رسوب در بستر دریا از دیدگاه آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده شود. سیالات حفاری پس از رسیدن به انتهای چاه و نازل‌های مته، بریده‌های سنگ سازند را در خود معلق نگهداشته و پس از فرازآوری در خشکی و یا دریا دورریز می‌کند. این حجم زیاد دورریزها در مناطق دریایی با توجه به محدودیت جا و همچنین استفاده از یک سکو و دکل برای حفر چندین حلقه چاه، در سطح دریا پراکنده شده و به عمق وسیعی از دریا نفوذ می‌کند. در این پژوهش، تأثیر ارتفاع و شدت تخلیه بر میزان نفوذ سیالات حفاری سبک بررسی گردید. نتایج آزمایشات نشان داد که میزان نفوذ عمقی در صورت تخلیه سیالی با دانسیته 45 lb/ft^3 از سه موقعیت بالا، سطح و زیر سطح آب و با سرعت جریانی $0/05 \text{ m/sec}$ ، $0/1$ و $0/4$ ، به ترتیب برابر $(10، 15 و 50)$ ، $(5 و 5، 15)$ و $(10، 12، 20 و 15 و 10)$ سانتی‌متر

می‌باشد. پس از گذشت ۲۴۰ ثانیه، با رقیق شدن در آب محیط، سیالات حفاری تا نزدیکی سطح آب بالا آمده و در همین مسیر حرکت می‌نمایند. اگر سیالی با دانسیته 65 lb/ft^3 از بالای سطح آب تخلیه شود، در سرعت‌های جریانی $0/25 \text{ m/sec}$ ، $0/05$ ، $0/1$ و $0/4$ به ترتیب تا عمق 50 ، 45 و 50 سانتی‌متر نفوذ می‌کند. در صورت تخلیه سیال از زیر سطح آب در سرعت‌های فوق، سیال تخلیه شده، پس از 5 ، 30 ، 90 و 90 دقیقه به عمق 50 سانتی‌متری رسیده و با گذشت زمان تحت جریانات مختلف آب، در همان عمق ادامه مسیر می‌دهد. ذرات جامد سیالات در نرخ جریان آب $0/25 \text{ m/sec}$ ، سرعت سقوط کمتری داشته ولی در نرخ $0/05 \text{ m/sec}$ با سرعت 7 m/sec در محیط سقوط می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: سیالات حفاری، حفاری دریایی، نفوذ سیالات حفاری، پسماندهای حفاری، پلوم

مقدمه

دریا پراکنده شده و تا عمق زیادی نفوذ می‌کند [۲].

مراحل عملی انجام آزمایشات

تهیه فلوم: با توجه به اهمیت موضوع، لازم است میزان نفوذ، انتشار و توزیع ذرات جامد و سایر ترکیبات و مواد تشکیل دهنده سیالات حفاری در محیط‌های دریایی مورد مطالعه قرار گیرد بدین منظور فلومی با مشخصات مورد نیاز تهیه و آزمایشات مورد نظر انجام گردید.

تهیه سیالات حفاری پایه آبی

با توجه به اطلاعات به دست آمده از حفاری‌های روزانه و نیز تجارب آزمایشگاهی و میدانی، فرمولاسیون سیالات حفاری بر اساس شرایط میدان‌های مناطق دریایی کشور مطابق جدول ۱ تهیه گردید. در این پژوهش، هدف بررسی شرایط نفوذ سیالات سبک (کم جامد) در محیط‌های دریایی است، لذا سیالاتی با دانسیته ۴۵ و ۶۵ lb/ft³ انتخاب گردید [۳].

در شکل ۱ نیز سیالات تهیه شده با دانسیته ۴۵ و ۶۵ lb/ft³ پوند بر فوت مکعب مشاهده می‌شود.

اندازه‌گیری خواص سیالات

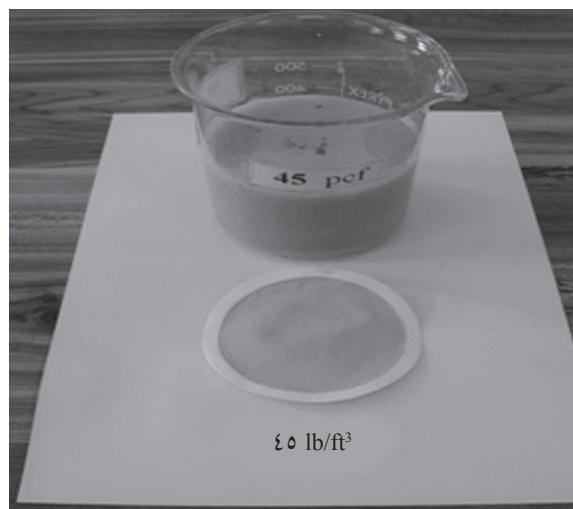
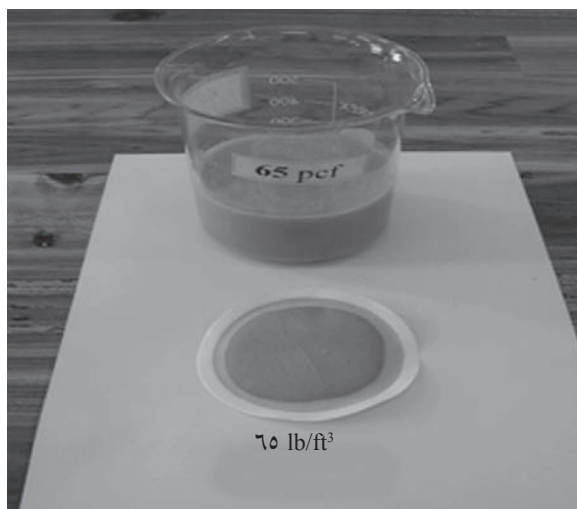
خواص مورد نظر شامل گرانیروی ظاهری، گرانیروی پلاستیکی، دانسیته و میزان افت صافی که علایم آنها در بخش مربوطه توضیح داده خواهد شد، توسط دستگاه‌های موجود در آزمایشگاه‌های واحد حفاری پژوهشگاه صنعت نفت اندازه‌گیری گردید که مقادیر آن در جدول ۱ ارائه شده است.

سیالات حفاری^۱ یکی از نیازهای اساسی عملیات حفاری و اکتشافات هیدروکربنی در اعماق زمین می‌باشد. سیالات حفاری ترکیبی از خاک رس، مواد شیمیایی مختلف و آب است که یک سیستم کلوئیدی با دو فاز مایع و جامد را تشکیل می‌دهد [۱]. در صورت استفاده از آب به عنوان فاز مایع، سیال حفاری را پایه آبی می‌نامند و اگر از گازوییل یا هر نوع روغن معدنی به عنوان فاز مایع در سیال حفاری استفاده شود، پایه روغنی^۲ نامیده می‌شود. از سیالات پایه روغنی در شرایط خاصی استفاده شده و تخلیه آن در محیط باید کاملاً محدود گردد. به طور کلی سیالات حفاری بر مبنای پایه آنها (فاز اصلی) به سه گروه آبی، روغنی و گل‌های با فاز اصلی گاز تقسیم می‌شوند. در بسیاری از موارد مخلوطی از دو و یا سه گروه فوق به طور همزمان حضور دارند و هر کدام تأمین کننده بخشی از خصوصیات سیال حفاری می‌باشند. چنین سیالاتی ضمن انجام وظایف متعدد در عملیات حفاری از قبیل: خنک کردن رشته‌ها و مته حفاری، پایدارسازی دیواره چاه، انتقال بریده‌های حفاری و همچنین تمیز نمودن مناطق عملیات حفاری، کمک مؤثری به اکتشافات ماده‌های هیدروکربنی در اعماق زیاد می‌نماید. سیالات حفاری پس از رسیدن به انتهای چاه و تماس با نازل‌های مته، بریده‌های سنگ سازند^۳ را در خود معلق نگهداشته و سپس در خشکی و یا دریا دورریز می‌کند. این دورریزها در مناطق دریایی به دلیل حجم زیاد و با توجه به محدودیت جا و همچنین استفاده از یک سکو و دکل برای حفر چندین حلقه چاه، در سطح وسیعی از

جدول ۱- ترکیبات و خواص رئولوژیکی سیالات حفاری

وزن مخصوصی سیال حفاری (lb/ft ³)	ترکیبات					خواص رئولوژیکی					
	فاز مایع	فاز جامد	گرانیروی ساز	کاهنده افت صافی	وزن افزا	تعدیل وزن	AV (cP)	PV (cP)	YP (lb/100 ft ²)	FL (cc/30min)	گرانیروی قیفی (sec)
۴۵	آب	بتونیت	پلیمر	پلیمر	---	فوم	۲۵	۱۵	۲۰	۱۳	۸۰
۶۵	آب	بتونیت	پلیمر	پلیمر	---	---	۱۷/۵	۸	۱۹	۱۴	۱۲۰

1. Drilling Fluids
2. Oil Base Mud
3. Cuttings



شکل ۱- سیالات حفاری (۶۵ و ۴۵ lb/ft³) مورد استفاده در مطالعه نفوذ پلوم

استفاده در آزمایشات مشاهده می‌شود. نسبت رقیق شدگی سیالات حفاری بر اساس تجارب آزمایشگاهی و مشاوره با متخصصین بخش زیست محیطی انتخاب شده است.

هدف از انجام این آزمایش، دست‌یابی به میزان درصد مواد کلوئیدی یا فاز جامدات معلق (SSP) است که در مسیر جریان آب دریا هنگام تخلیه پسماند به وجود می‌آید. لازم به توضیح است که وجود مواد پلیمری در سیال حفاری مصرفی باعث شده که مخلوط‌های سیال با آب دریا پس از اختلاط، فاز کلوئیدی پایداری تشکیل دهد. همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، در پسماند حفاری، دو فاز، و در مخلوط‌های پسماند با آب دریا، سه فاز تشکیل گردیده است.

بررسی میزان رقیق شدگی و نرخ رسوب‌گذاری سیالات حفاری
به هنگام حفاری، سیالات در یک سیکل بسته از مخازن تهیه، شروع و تا انتهای مته در محل حفاری در اعماق پایین و فضای حلقوی و روی الک‌های لرزان ریخته شده و نهایتاً به محل ابتدایی بر می‌گردد. لذا در این فاصله مقداری از آن در محیط دور ریز می‌شود که می‌توان میزان رقیق شدگی و ته‌نشست ترکیبات آن را در آزمایشگاه بررسی و ثبت نمود. سیالات و پسماندهای حفاری فوق جهت انجام تست‌های مختلف مطابق جداول ۲ تا ۵ با آب دریا مخلوط گردیده و نرخ رسوب‌گذاری پسماند حفاری تولیدی و مخلوط پسماند مذکور با آب دریا به نسبت‌های ۱:۴، ۱:۹ و ۲:۳ در محیط آزمایشگاه در زمان‌های متعدد نرخ رسوب‌گذاری مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل ۲ ابزار مورد

جدول ۲- نرخ رسوب‌گذاری پسماند حفاری و مخلوط آن با آب دریا

ماهیت	فاز	پایان ۲۴ ساعت	پایان ۴۸ ساعت	پایان ۷۲ ساعت
پسماند حفاری	فاز شفاف	٪ ۸	٪ ۲۰	٪ ۲۲
	فاز معلق	٪ ۰/۰	٪ ۰/۰	٪ ۰/۰
	فاز جامد	٪ ۹۲	٪ ۸۰	٪ ۷۸
مخلوط پسماند با آب دریا ۱:۴	فاز شفاف	٪ ۵	٪ ۱۰	٪ ۱۵
	فاز معلق	٪ ۸۷	٪ ۸۲	٪ ۷۷
	فاز جامد	٪ ۸	٪ ۸	٪ ۸
مخلوط پسماند با آب دریا ۱:۹	فاز شفاف	٪ ۱۰	٪ ۲۰	٪ ۳۰
	فاز معلق	٪ ۸۵	٪ ۷۶	٪ ۶۶
	فاز جامد	٪ ۴	٪ ۴	٪ ۴

جدول ۳- نرخ رسوب گذاری سیالات حفاری و تفکیک فازهای آنها (با نسبت ۱:۴)

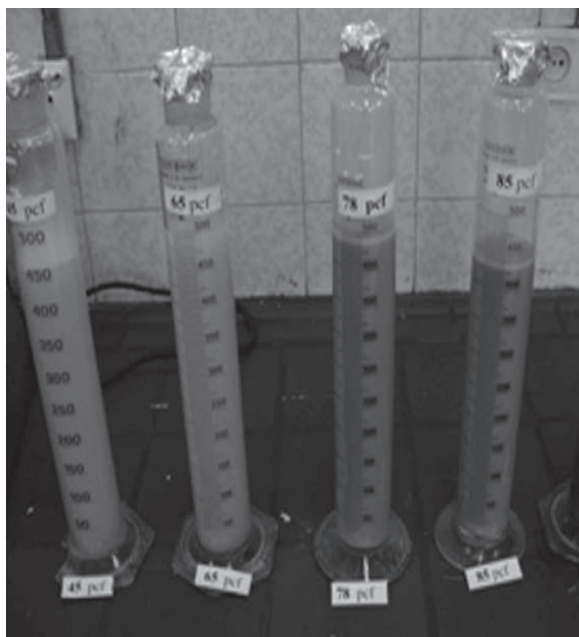
وزن مخصوص سیال PCF	فاز	زمان (ساعت)								حجم کل cc
		۰/۵	۱	۲	۴	۶	۱۲	۲۴	۷۲	
۴۵	شفافیت	---	کف	-	-	-	جزئی	جزئی	۱۰	۴۶۵
	کلونیدی	---	۴۵۵	-	-	-	۴۵۵	۴۵۵	۴۵۰	
	جامدات		---	-	-	-	۵	۵	۵	
	شفافیت	---	کمی	-	-	-	۵	۵	۱۵	
۶۵	کلونیدی	---	۴۹۵	-	-	-	۴۸۰	۴۸۰	۴۷۵	۴۹۵
	جامدات	---	---	-	-	-	۵	۵	۵	
	شفافیت	---	---	-	-	-	۵	۵	۵	

جدول ۴- نرخ رسوب گذاری سیالات حفاری و تفکیک فازهای آنها (با نسبت ۱:۹)

وزن مخصوص سیال PCF	فاز	زمان (ساعت)								حجم کل cc
		۰/۵	۱	۲	۴	۶	۱۲	۲۴	۷۲	
۴۵	شفافیت	۱۵	کف	۲۰	-	-	۲۵	۳۰	-	۴۷۰
	کلونیدی	۴۸۵	۴۸۲	۴۶۵	-	-	۴۶۰	۴۵۲	-	
	جامدات	جامد	جامد	۲	-	-	۳	۳	-	
۶۵	شفافیت	۲۵	۳۵	۳۰	-	-	۳۵	۴۰	-	۴۹۵
	کلونیدی	۴۷۰	۴۶۰	۴۶۳	-	-	۴۵۵	۴۵۲	-	
	جامدات	جامد	جامد	۲	-	-	جزئی	۳	-	

جدول ۵- نرخ رسوب گذاری سیالات حفاری و تفکیک فازهای آنها (با نسبت ۲:۳)

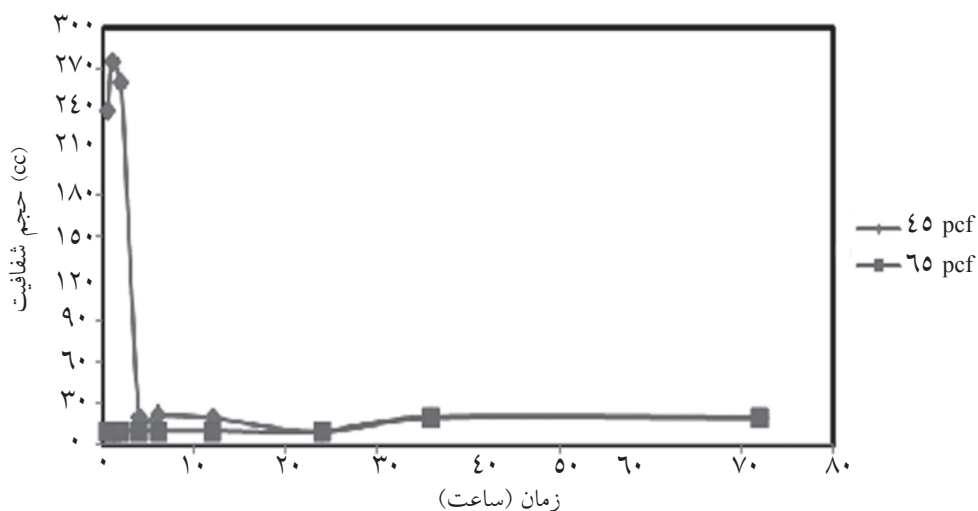
وزن مخصوص سیال PCF	فاز	زمان (ساعت)									حجم کل cc
		۰/۵	۱	۲	۴	۶	۱۲	۲۴	۷۲	۹۶	
۴۵	شفافیت		۲۷۵ کف	---	۲۰ کف	-	-	۱۰		۲۰	۷۵۰ با کف هم جامدات
	کلونیدی		۲۳۵	---	۴۵۵	-	-				
	جامدات		---	---	جزئی	-	۲۰	۱۰			
۶۵	شفافیت		۱۰	---	۱۰	-		۱۰		۲۰	۴۷۵
	کلونیدی		۴۶۰	---	۴۹۳	-	۴۶۵				
	جامدات		---	---	۲	-	۱۰	۱۰		جامدات	



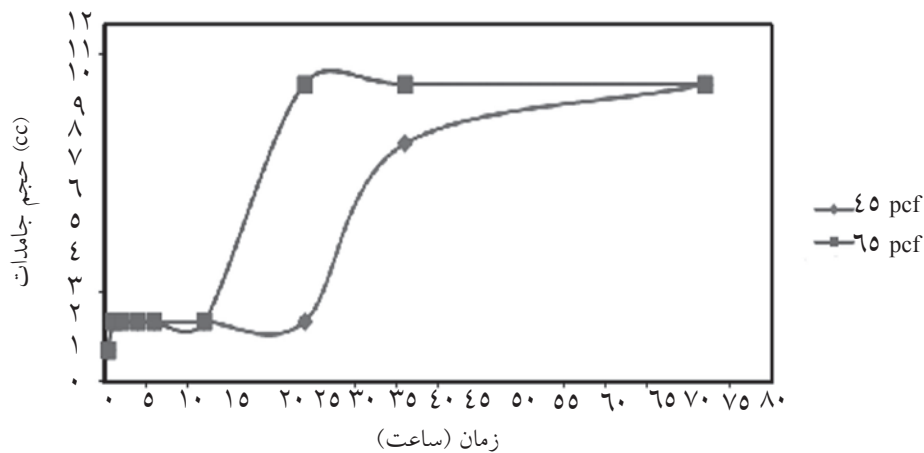
شکل ۲- اندازه‌گیری رسوب‌گذاری و رقیق‌شوندگی سیالات حفاری

در شکل ۴، حجم رسوبات جامد سیالات حفاری با دانسیته 45 lb/ft^3 و 65 lb/ft^3 که به نسبت $2:3$ با آب دریا رقیق شده، در بستر دریا مقایسه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با گذشت زمان حجم رسوبات جامد افزایش یافته و پس از ۷۵ ساعت، از 2% اولیه به مقدار 10% می‌رسد. این رسوبات در مقیاس بزرگ همان لایه‌های رسوبی ضخیمی هستند که در بستر دریا (محیط‌های حفاری) تشکیل می‌شوند.

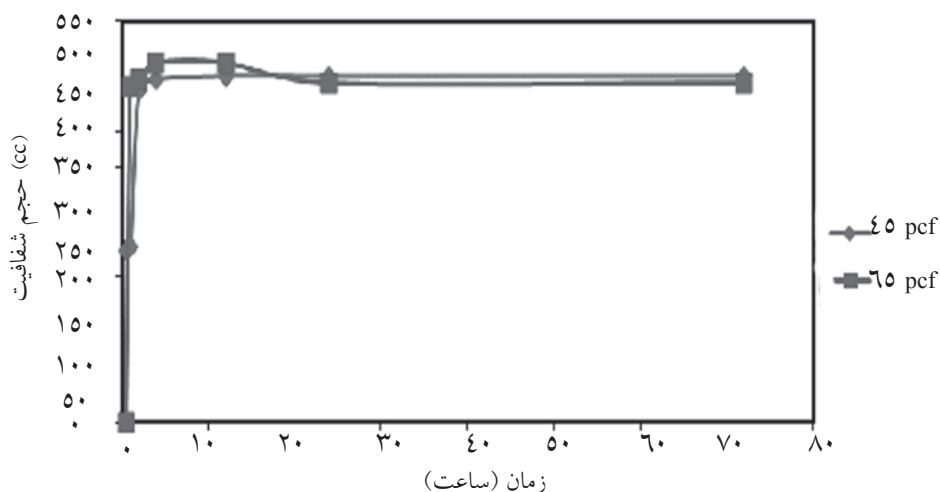
در شکل‌های ۳ تا ۵ مقایسه حجم رسوبات سیالات حفاری برای 45 lb/ft^3 و 65 lb/ft^3 که به نسبت $2:3$ با آب دریا رقیق شده است، مشاهده می‌شود. سیالات حفاری فوق، هنگام نفوذ و ورود محیط‌های دریایی رقیق شده و خواص ظاهری خود را از دست می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، حجم شفافیت ترکیب با نسبت $2:3$ ، با گذشت زمان کاهش یافته و نهایتاً پس از ۵ ساعت به میزان ثابتی می‌رسد.



شکل ۳- مقایسه حجم رسوبات شفاف سیالات حفاری با دانسیته 45 lb/ft^3 و 65 lb/ft^3 رقیق شده با آب دریا به نسبت $2:3$



شکل ۴- مقایسه حجم رسوبات جامد سیالات حفاری با دانسیته ۶۵ و ۴۵ lb/ft^۳ رقیق شده با آب دریا به نسبت ۲:۳



شکل ۵- مقایسه حجم رسوبات کلونیدی سیالات حفاری با دانسیته ۶۵ و ۴۵ lb/ft^۳ رقیق شده با آب دریا به نسبت ۲:۳

ترکیبات مختلف نقش اساسی داشته‌اند، باعث رسوب حجم زیادی از پسماندها در بستر دریا می‌شود و پیامدهای زیست محیطی خطرناکی دارد. به همین دلیل امروزه سعی شده از دستگاه‌های تصفیه پسماندهای حفاری سرچاه‌ها استفاده شود.

دستگاه و وسایل مورد نیاز

فلوم مورد استفاده در این پژوهش که متعلق به مرکز تحقیقات خاک و آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی است، در شکل ۷ مشاهده می‌شود.

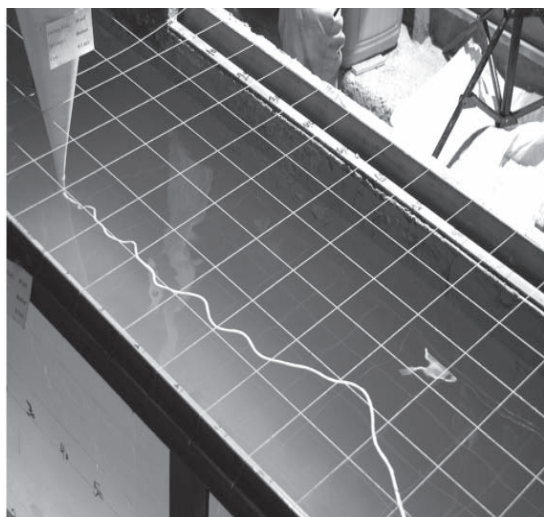
در شکل ۵، مقایسه حجم رسوبات فاز کلونیدی سیالات حفاری با دانسیته ۶۵ و ۴۵ lb/ft^۳ رقیق شده با آب دریا به نسبت ۲:۳، مشاهده می‌شود. در هر دو سیستم در ۵ ساعت اولیه، حجم فاز کلونیدی به ۵۰۰ CC رسیده و سپس ثابت می‌شود.

انجام آزمایشات میزان نفوذ

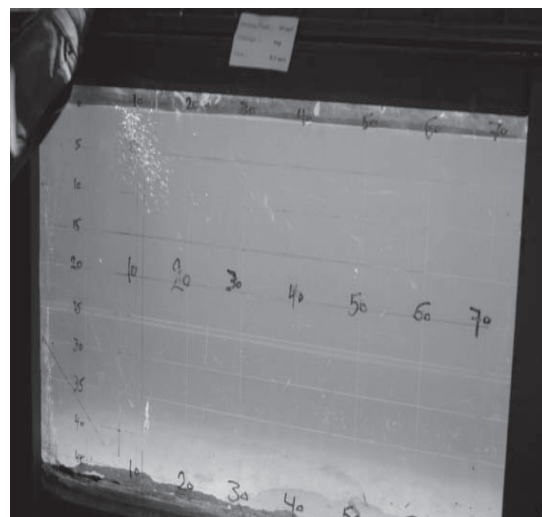
در شکل ۶، شماتیکی از نفوذ و انتشار سیالات و دورریزهای حفاری پس از تخلیه در محیط‌های دریایی مشاهده می‌شود. این شکل نشان می‌دهد که عملیات حفاری در محیط‌های آبی که در آن سیالات حفاری با



شکل ۶- نیمرخ نحوه نفوذ، انتشار و رسوب سیالات و دورریزهای حفاری پس از تخلیه در محیطهای دریایی



ب



الف

شکل ۷- فلوم مورد استفاده (الف) نمای جانبی و (ب) نمای از بالا به همراه محل تخلیه سیال حفاری

تغییر بوده و حرکت می نماید.

- زمان سنج: برای ثبت سرعت سقوط ذرات حفاری
- دوربین: به دلیل روی دادن سریع پدیده ها، نصب دوربین در محل های مختلف ضروری است. لذا دوربینی در سمت عمود بر محل دورریز و نیز سطح دریا به طور ثابت نصب گردید. تا بتوان در لحظات مختلف حرکت و نفوذ سیال درون دریا فیلم برداری نمود. همچنین از دوربین های دیجیتالی و فیلم برداری دیگر برای ثبت اتفاقات در جهات مختلف استفاده گردید.

- انتخاب فلوم: با توجه به امکانات موجود، یک فلوم که طول و عرض و ارتفاع آن به ترتیب ۳، ۰/۶ و ۰/۵ m می باشد انتخاب شد.

دارا بودن ابعاد مناسب (با فرض نیمه صنعتی بودن) و داشتن پمپ های جریان دهنده آب با نرخ متفاوت از قابلیت های ویژه سیستم محسوب می شود. بر اساس نحوه حرکت و میزان دورریز پسماندهای حفاری در مناطق دریایی کشور، امکانات زیر آماده سازی گردید:

- قیف مارش با استاندارد حفاری، مشخص شده در قسمت (ب) شکل ۷، که برای تخلیه سیال به درون محیط دریایی از آن استفاده شد.

- محل نصب قیف: از آنجایی که سیال در ۳ حالت مختلف درون محیط تخلیه می شود، در بالای فلوم مکانی انتخاب و قیف در آنجا نصب گردید، به طوری که در ۳ حالت مختلف (بالای سطح آب، سطح آب و زیر سطح آب) قابل

اندازه‌گیری پارامترها و مشاهده پدیده انتشار پارامترهای اندازه‌گیری شده

- سرعت سنج روش انجام آزمایش

سیالات مورد استفاده تهیه شد. سپس هرکدام به طور جداگانه از ۳ موقعیت ریزش (بالا، سطح و زیر سطح آب) در محیط تخلیه گردید [۴ و ۵]. با گذشت زمان پارامترهای انتخابی (مدت تخلیه، زمان آزمایش، سرعت سقوط ترکیبات سیال، فاصله ته نشینی از نقطه تخلیه و سرعت سقوط کنده‌های حفاری) در سرعت‌های جریان مختلف آب محیط که در فلوم ایجاد می‌شد، اندازه‌گیری گردید که نتایج آن در جداول ۶ تا ۹ ارائه شده است. در شکل‌های ۸ تا ۱۰ تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده مشاهده می‌شود.

سیالات تهیه شده به محل منتقل شده و تسهیلات مورد نیاز با توجه به شرایط آزمایش‌ها نصب گردید. با توجه به انجام آزمایش در شرایط واقعی میدان و نیز شرایط آزمایشگاه، تصمیم بر آن شد که در ۴ سرعت جریانی ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۴ m/s تست‌ها انجام گیرد [۳ و ۴]. لذا محاسبات با توجه به توانایی پمپ‌های آب موجود برای این چهار سرعت جریان انجام گردید. با توجه به مشخص بودن دبی آب، سرعت جریان از طریق تقسیم دبی آب به سطح مقطع فلوم محاسبه گردید. مقدار سرعت جریان محاسباتی با آنچه که توسط جریان سنج اندازه‌گیری شد، کاملاً مطابقت داشت.

جدول ۶- پارامترهای اندازه‌گیری شده سیالات حفاری در ۰/۰۵ m/s در زمان‌های مختلف پس از تخلیه

وزن مخصوص سیال (lb/ft ³)	محل تخلیه	مدت تخلیه (Sec)	زمان تست (min)	سرعت سقوط ترکیبات سیال	فاصله ته نشینی از نقطه تخلیه (m)	سرعت سقوط کنده‌ها (cms ⁻¹)	
						درشت	ریز
۴۵	بالای سطح آب	-	-	-	--	۵/۷	۷
	سطح آب	-	-	-	---		
	زیر سطح آب	-	-	-	---		
۶۵	بالای سطح آب	۶۰	۶۵	۷/۷	۱۰۰		
	سطح آب		---	---			
	زیر سطح آب	۱۸۰	۲۰۰	۷	۷۰		

جدول ۷- پارامترهای اندازه‌گیری شده سیالات حفاری در ۰/۰۲۵ m/s در زمان‌های مختلف پس از تخلیه

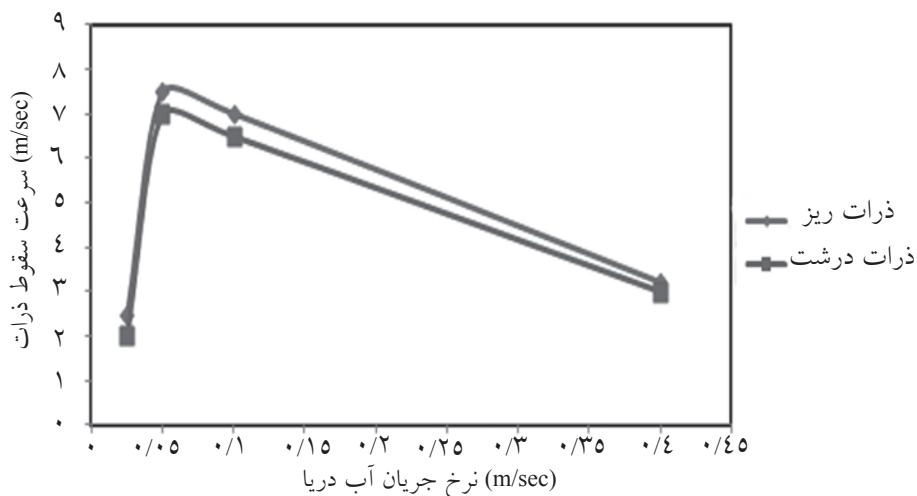
وزن مخصوص سیال (lb/ft ³)	ارتفاع تخلیه (cm)	مدت تخلیه (Sec)	زمان تست (min)	سرعت سقوط ترکیبات سیال	فاصله ته نشینی از نقطه تخلیه (m)	سرعت سقوط کنده‌ها (cms ⁻¹)	
						درشت	ریز
۴۵	بالای سطح آب	-	-	-	---	۲/۵	۲
	سطح آب	-	-	-	۱۰۰		
	زیر سطح آب	-	-	-			
۶۵	بالای سطح آب	-	۶۰	۶۵	۷۰		
	سطح آب	-		---	---		
	زیر سطح آب	-	۱۸۰	۲۰۰	---		

جدول ۸- پارامترهای اندازه‌گیری شده سیالات حفاری در ۱ m/s در زمان‌های مختلف پس از تخلیه

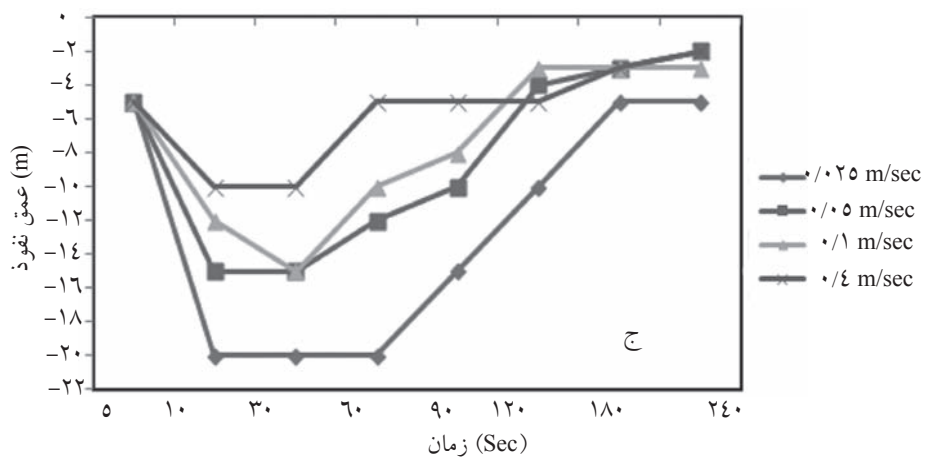
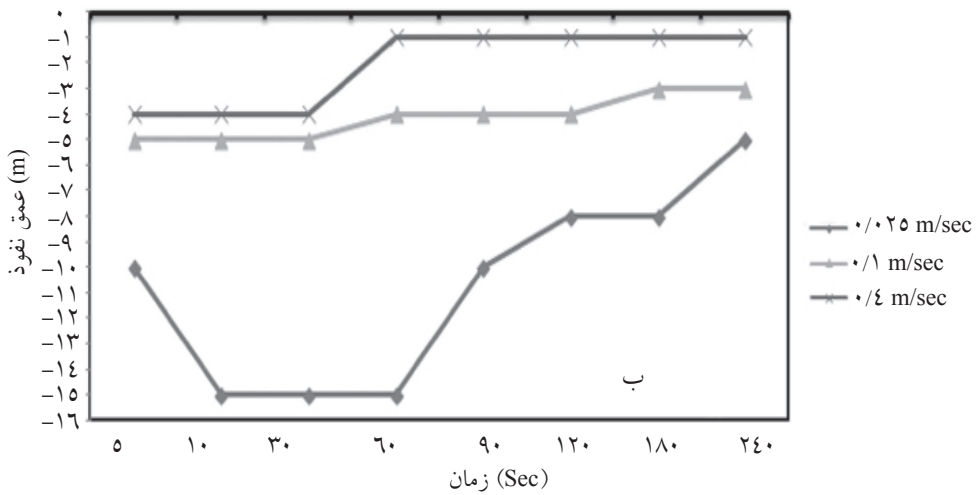
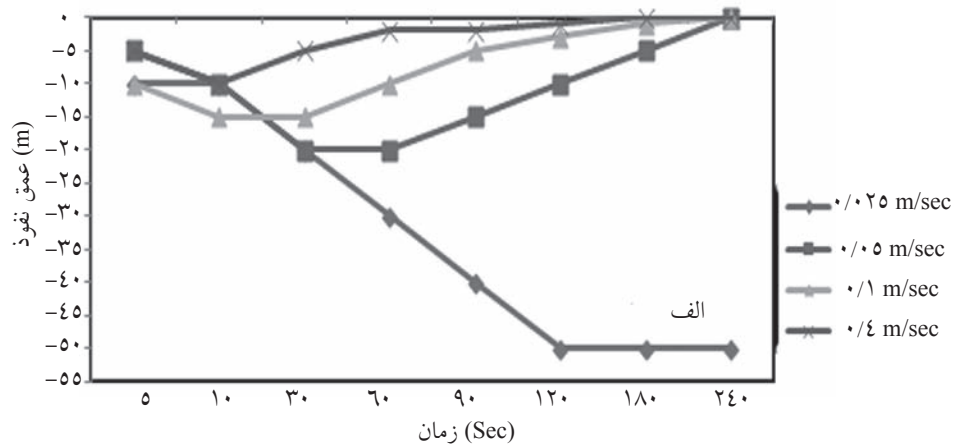
وزن مخصوص سیال (lb/ft ³)	ارتفاع تخلیه (m)	مدت تخلیه (Sec)	سرعت سقوط ترکیبات سیال	فاصله ته نشینی از نقطه تخلیه (m)	سرعت سقوط کنده‌ها (cms ⁻¹)	
					ریز	درشت
۴۵	بالای سطح آب	۱۰۵	۲/۷	۲۵۰	۷	۶/۵
	سطح آب	۱۲۰	-	روی سطح		
	زیر سطح آب	۲۶۰	-	روی سطح		
۶۵	بالای سطح آب	۸۰	۳/۳	۱۷۰		
	سطح آب	۸۸	۳/۳	۱۷۰		
	زیر سطح آب	۲۴۰	۳/۳	۲۲۰		

جدول ۹- پارامترهای اندازه‌گیری شده سیالات حفاری در ۰/۴ m/s در زمان‌های مختلف پس از تخلیه

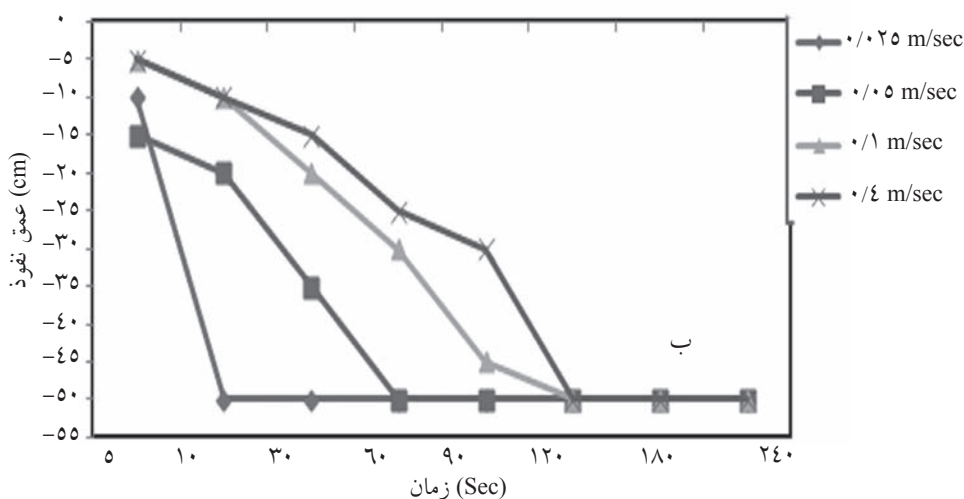
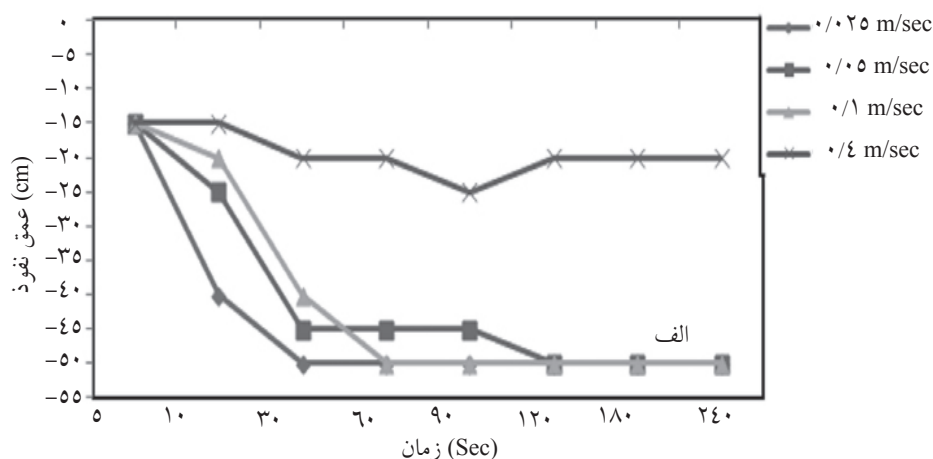
وزن مخصوص سیال (lb/ft ³)	ارتفاع تخلیه (m)	مدت تخلیه (Sec)	سرعت سقوط ترکیبات سیال	فاصله ته نشینی از نقطه تخلیه (m)	سرعت سقوط کنده‌ها (cms ⁻¹)	
					ریز	درشت
۴۵	بالای سطح آب	۸۵	۵	۳۰۰	۳/۲	۳
	سطح آب	۹۵	۵	روی سطح		
	زیر سطح آب	۱۸۰	۵	روی سطح		
۶۵	بالای سطح آب	۶۵	۶/۶	۲۶۰		
	سطح آب	۸۰	۶/۲	۲۸۰		
	زیر سطح آب	۱۸۰	۵	۳۰۰		



شکل ۸- سرعت سقوط کنده‌های حفاری در سرعت جریان مختلف آب دریا



شکل ۹- میزان عمق نفوذ سیال با دانسیته 45 lb/ft^3 در سرعت‌های مختلف جریان آب الف) ریزش از بالا، ب) ریزش از سطح و ج) ریزش از زیر سطح آب



شکل ۱۰- میزان عمق نفوذ سیال با دانسیته 65 lb/ft^3 در زمان و سرعت‌های مختلف جریان آب الف) ریزش از بال و ب) ریزش از زیر سطح آب

و حرکت به صورت پیوسته در مسیر نزدیک سطوح آب ادامه می‌یابد و نهایتاً جامدات آن در فواصل دورتر (در مقایسه با جریان آب با سرعت 0.025 m/Sec پخش شده و آثاری از سقوط ته نشست در آن مشاهده نمی‌شود.

اگر سیال از بالای سطح آب تخلیه شود، در سرعت‌های جریان 0.05 ، 0.1 و 0.4 m/Sec به ترتیب 15 ، 20 و 10 m در عمق آب نفوذ کرده و پس از 4 دقیقه به سطح آب برگشته و پخش می‌شود ولی سرعت آب 0.025 m/Sec ترکیبات سیال را تا عمق 50 m/Sec نفوذ کرده و با گذشت زمان در همان عمق به مسیر حرکتی ثابت ادامه می‌دهد (شکل ۹ الف).

میزان نفوذ عمقی سیال حفاری با دانسیته 45 lb/ft^3 ناشی از تاثیر جریانات آب با سرعت 0.025 ، 0.1 و 0.4

به منظور بررسی سرعت سقوط کنده‌های حفاری، دو نمونه در اندازه‌های ریز و درشت انتخاب شد. سپس نمونه‌ها در شرایط جریانات مختلف آب دریا رها شده و زمان لازم برای سقوط در بستر محیط اندازه‌گیری گردید، که نمودار مربوطه در شکل ۸ مشاهده می‌شود. ذرات در نرخ جریان پایین آب 0.025 m/s سرعت سقوط کمتری دارد. ولی در نرخ 0.05 m/s با سرعت 7 m/s در محیط سقوط می‌کند.

در شکل ۹ تاثیر سرعت جریان آب بر میزان نفوذ و مسیر حرکت سیال حفاری با دانسیته 45 lb/ft^3 دور ریز شده از موقعیت‌های مختلف بر محیط، مشاهده می‌شود. در صورت ریزش از سطح آب به دلیل سرعت زیاد جریان آب و عدم وجود ارتفاع ریزش، سیال و ترکیبات از یکدیگر جدا شده

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایشات بررسی میزان نفوذ و انتشار پلوم سیالات حفاری در محیط‌های دریایی در شرایط مختلف جریان آب به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- رقیق‌سازی پلوم سیالات سریعاً اتفاق می‌افتد و ترکیبات در الگوی انتشار مؤثر و اثرگذار است به طوری که با سنگین‌تر شدن سیال حفاری، زمان ته‌نشینی آنها افزایش و میزان پخش افقی آنها کمتر می‌شود.

- در مشاهدات مشخص شد که با گذشت زمان تخلیه و فاصله گرفتن از نقطه تخلیه، غلظت سیال حفاری کاهش و نیز پهنای گسترش پلوم افزایش می‌یابد.

- ترکیبات سیالات سبک وزن (45 lb/ft^3 و 65) در حضور جریان‌ات آب سریعاً از سیستم جدا شده و با حرکت به سمت بالا و سطح آب منتشر می‌شوند. در مقابل، ذرات بزرگ‌تر و سنگین‌تر به پایین سقوط می‌نمایند.

- مواد پلیمری که به عنوان محافظ و پوشش‌دهنده در سیستم سیالات استفاده شده‌اند، پس از ریزش سیال و نفوذ آب محیط اطراف در لابلای ترکیبات، از آن جدا می‌شود. لذا فازهای مختلفی از پخش و انتشار در سیالات مشاهده می‌گردد.

- تخلیه از زیر سطح آب پیوند و پوشش مناسب خاک رس توسط پلیمر، حرکت آن را به صورت طناب پیچیده درآورده و حرکت آن چندان قادر به نفوذ در لابلای ترکیبات نبوده و پیوند آنها را به هم نزده و گسترش و نفوذ آنها تقریباً خطی بوده و گسترش و پهنای پلوم در آن مشاهده نمی‌شود (شکل ریزش از زیر سطح آب).

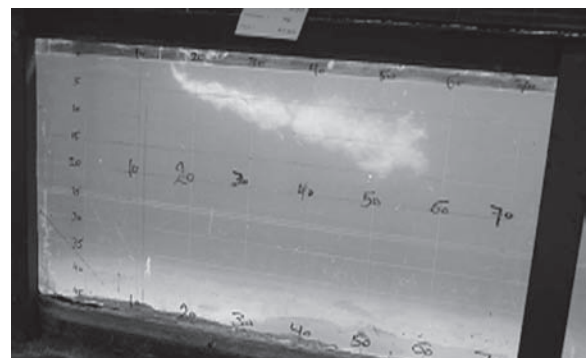
- سیال با دانسیته 65 lb/ft^3 که در ترکیبات آن از جامدات با دانسیته متوسط و نیز محافظ پلیمری استفاده شده، نسبت به سیال با دانسیته 45 lb/ft^3 میزان نفوذ عمقی بیشتری دارد. لذا سریع‌تر به عمق ته‌نشینی رسیده و پخش می‌شود. سرعت جریان پایین آب موجب تسریع در ته‌نشینی در فواصل نزدیک به نقطه تخلیه و نیز تاخیر در گسترش عرضی آن می‌شود.

- در سرعت جریان 0.05 m/Sec ، عامل و علل انتشار، پخش و نیز نفوذ سیالات در حالت کلی همانند سرعت 0.25 m/Sec بوده ولی با زیاد شدن سرعت جریان آب،

و در موقعیت ریزش از سطح آب به ترتیب ۱۵، ۵ و ۴ سانتی‌متر بوده و پس از گذشت ۲۴۰ دقیقه با رقیق شدن در آب محیط، به ترتیب تا عمق ۶، ۳ و ۱ m سطح آب بالا آمده و در همین مسیر حرکت می‌نمایند (شکل ۹ ب). در حالتی که سیال حفاری از زیر سطح آب به محیط تخلیه گردد، در سرعت‌های جریانی آب 0.1 ، 0.5 و 0.4 m/Sec به ترتیب تا عمق ۲۰، ۱۲، ۱۵ و ۱۰ m نفوذ کرده و پس از ۴ دقیقه تا فاصله حدود ۴ m از زیر سطح آب باقی می‌ماند (شکل ۹ ج).

در شکل ۱۰ تأثیر سرعت جریان آب بر میزان نفوذ و مسیر حرکت سیال حفاری با دانسیته 65 lb/ft^3 دور ریز شده از موقعیت‌های بالا و زیر سطح آب مشاهده می‌شود. اگر سیال از بالای سطح آب تخلیه شود، در سرعت‌های جریانی 0.25 ، 0.5 ، 0.1 و 0.4 m/Sec به ترتیب تا عمق ۵۰، ۴۵، ۵۰ و ۲۵ m نفوذ کرده و با گذشت ۴ دقیقه (۲۴۰ ثانیه) در همان عمق ادامه مسیر می‌دهد. یعنی امکان برگشت به سطح در این سیال وجود نخواهد داشت. (شکل ۱۰ الف). اگر سیال حفاری از زیر سطح آب به محیط تخلیه گردد، در سرعت‌های فوق، پس از ۵، ۳۰، ۹۰ و ۹۰ دقیقه به عمق ۵۰ m رسیده و با گذشت زمان در همان عمق و تحت جریان‌ات مختلف آب ادامه مسیر می‌دهد (شکل ۱۰ ب).

در آزمایشات سعی شده با گذشت زمان تخلیه در محیط، از مسیر حرکت و نفوذ سیالات حفاری تصاویر و فیلمی تهیه شود. در شکل ۱۱ یک نمونه از تصاویر مربوط به مسیر واقعی حرکت سیال حفاری سبک وزن که با دور بین در زمان‌های مختلف گرفته شده است، مشاهده می‌شود. سرعت جریان، عمق نفوذ را کاهش داده و عرض پلوم را افزایش می‌دهد.



شکل ۱۱- تصاویر مسیر حرکت سیال حفاری سبک وزن

رسوب کرده به زمان ته‌نشینی اولیه با افزایش سرعت جریان آب افزایش می‌یابد. یعنی در سرعت $0/025 \text{ m/Sec}$ پس از ۱۰ ثانیه ولی در سرعت $0/4 \text{ m/Sec}$ پس از ۱۲۰ ثانیه اولین پدیده ته‌نشست ترکیبات اتفاق می‌افتد.

- در ریزش از بالا و در سرعت $0/4 \text{ m/Sec}$ هیچ نوع ته‌نشینی از ترکیبات مشاهده نمی‌شود.

- در ریزش از زیر سطح آب رسوب، و ته‌نشینی ترکیبات در همه سرعت‌ها در زمان‌های مختلف روی می‌دهد.

- ذرات در اثر نیروی تخلیه زیر سطح آب فرو رفته و در فواصلی بالا آمده و به طور افقی پخش می‌شوند سرعت جریان، عمق نفوذ را کاهش انداخته و عرض پلوم را افزایش می‌دهد.

علائم و نشانه‌ها

AV : گرانروی ظاهری سیال حفاری، (cP)

PV : گرانروی پلاستیکی سیال حفاری، (cP)

YP : نقطه واروی سیال حفاری، ($\text{lb}/100 \text{ ft}^2$)

FL : افت صافی سیال، (cc/30 min)

جدایی فازهای سیالات و تسریع شده و گسترش افقی از نقطه ریزش سریع‌تر می‌شود و بنابراین مواد سنگین‌تر دیرتر و نیز دورتر از نقاط ریزش ته‌نشین می‌شوند.

- سیال با دانسیته 45 lb/ft^3 در سرعت جریان $0/1 \text{ m/Sec}$ ، در ریزش از بالا در مقایسه با شرایط مشابه در سرعت‌های $0/025 \text{ m/Sec}$ و $0/05 \text{ m/Sec}$ الگوی نفوذ و انتشار کاملاً متفاوتی از خود نشان می‌دهد. از آنجائی که سرعت جریان آب زیاد می‌باشد، گسترش افقی سیالات سریع‌تر بوده و جامدات و ترکیبات در فواصل بسیار دورتری توزیع و گسترش به سمت سطح آب متمایل می‌باشد.

- به هنگام ریزش سیال 45 lb/ft^3 از بالا، با زیاد شدن سرعت جریان آب، عمق نفوذ و نیز سقوط ذرات کاهش یافته و با گذشت زمان، ته‌نشینی ترکیبات در آن مشاهده نمی‌شود یعنی سرعت جریان تأثیر عمده‌ای در انتشار عمودی آن دارد. در ریزش از سطح آب نیز زمان رسیدن ذرات به عمق ته‌نشینی با کاهش سرعت کمتر شده و رسوب ته‌نشینی انجام نمی‌گیرد.

- در سیال با دانسیته 65 lb/ft^3 زمان ته‌نشینی جامدات

مراجع

- [۱]. سلیمانی م.، سیالات حفاری و کاربرد آن، پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۷۸.
- [2]. Ayers R. C., Meek Jr., Saaer and stuebner R.P., D.O.(1980a), *An Ennrnonal study to Assess the Effect of Drilling fluids on water Quality Paeameters During High late, High volume discharges to the ocean.*
- [۳]. سلیمانی م. مستندات گزارشات تجارب سرچاهی و آزمایشگاهی، پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۸۰.
- [4]. Morovvati H., *Siltation in to the approach channel due to ebb & flood tidal current*, Technical report, Tehran, IRAN, 1990.
- [5]. Brandsma M. G and Sauer T. C., *Mud discharge model*, report & users Guide Exxon production Research Co. Houston, Texas, 1983.