اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۴، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص ۸۸۶-۸۷۳

بررسی روش‌های نوین احیای چاه‌های آب به‌منظور استفادهٔ عملیاتی در کشور

علیرضا هادی[۱*]، حامد رحیمی شعرباف[۲]، علی طهماسبی[۳]

۱. استادیار، دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس

۳. شرکت آب و فاضلاب روستایی استان لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۲/۱۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۲/۲۰)

چکیده

یکی از معضلات چاه‌ها پس از بهره‌برداری طولانی‌مدت از آنها، ایجاد رسوبات روی لولهٔ جدار یا شیارهای گراول پشت لوله است. این رسوبات به‌رغم وجود آب در بستر آبخوان، از نفوذ آب به درون چاه جلوگیری می‌کند و بنابراین میزان آبدهی چاه را به‌شدت کاهش می‌دهد. احیای چاه‌ها حذف رسوبات ایجادشده در لولهٔ جدار است. از گذشته روش‌هایی برای احیای چاه‌ها وجود داشته است، ولی امروزه با گسترش علم، تکنولوژی‌های جدیدی توسعه یافته است که راندمان بهتری دارد و موجب آسیب کمتری به سفرهٔ آب زیرزمینی و محیط زیست می شود. در این پژوهش ابتدا روش‌های نوین احیای چاه‌ها بررسی می شود. سپس معیارهایی برای تشخیص مؤثربودن هر یک از روش‌ها برای اجرا در کشور پیشنهاد می شود. در ادامه روش‌های مؤثر شوک سیال و جت آب به‌دلیل بازدهی زیاد و صرف زمان و هزینهٔ کمتر، به‌عنوان روش‌های مناسب برای استفاده در کشور انتخاب و توصیه شده‌اند.

کلیدواژگان: احیای چاه، توسعه، جت آب، شوک سیال، طراحی.

* نویسندهٔ مسئول

Email: hrhadi@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

می‌توان ادعا کرد حدود ۵۰ درصد از همهٔ منابع آب خام با استخراج از منابع آب زیرزمینی با استفاده از چاه به‌دست می‌آیند. بهره‌برداری از چاه و هزینه‌های نگهداری آن بیش از هزینه‌های بهسازی[1] آن برای بسیاری از کاربران آب‌های زیرزمینی است [۱]. کاهش هزینه‌های مرتبط با چاه به‌طور شایان توجهی می‌تواند هزینهٔ کل آب تولیدی و توزیعی را کاهش دهد.

رعایت‌نکردن نکات فنی هنگام طراحی، حفر و توسعهٔ چاه و بهره‌برداری از آن و از طرف دیگر رسوب‌زا و یا خورنده بودن آب‌های زیرزمینی، عملاً به کاهش شدید آبدهی چاه‌ها و حتی از رده خارج‌شدن آنها منجر می‌شود. چاه‌های آب بیشتر طی زمان استفاده از آنها، با کاهش نرخ جریان مواجه می‌شوند. این فرایند «پیری چاه[2]» نامیده می‌شود. در چاه‌های مسن، ازدست‌دادن ظرفیت تولید و مشکلات کیفیت آب، به‌عنوان یک روند طبیعی پیری چاه تلقی می‌شود. این فرایند معمولاً با پیری چاه به علل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اتفاق می‌افتد و با چنین عناوینی (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) دسته‌بندی می‌شوند. پیرشدن چاه به مشکلاتی مانند گرفتگی[3] چاه با شن و ماسه، سیلیسی‌شدن[4]، کلوخه‌سازی[5]، بافت مخاطی[6]، رسوب‌زایی به‌واسطهٔ واکنش‌های فلزی[7] و خوردگی[8] منجر می‌شود.

رایج‌ترین علت پیری چاه، پیری بیولوژیکی[9] است. بیشتر اوقات ترکیب مختلفی از عوامل متفاوت به‌وجود می‌آید تا پیری چاه گزارش شود [۲]. معمولاً باکتری در حال رشد در بیوفیلم[10] می‌تواند مواد معدنی آب را که روی سطح عبور می‌کنند، فیلتر کند. در این مواد بیولوژیکی انباشته‌شده در شکاف نازک سازه، مواد مختلفی مانند رس[11]، سیلت[12] و ماسه‌ریز[13] می‌تواند به دام بیفتد. این به‌دام‌افتاده و یا انباشته‌شده هزینه‌ها را به‌صورت کاهش بهره‌وری از اتصال هیدرولیک بین چاه و آبخوان افزایش می‌دهد. قدرت مورد نیاز برای پمپ‌کردن آب با توجه به بهره‌وری از دست داده‌شده، افزایش می‌یابد. اگر فرایند ادامه پیدا کند، جرم‌گرفتگی چاه می‌تواند سبب ازدست‌دادن چاه شود [۳].

نتیجهٔ پیرشدن چاه، رسوب‌گیری یا رسوب‌گذاری مواد به‌واسطهٔ رسوب‌کردن شیمیایی، ته‌نشین‌شدن مکانیکی و یا تولیدات متابولیسم بیولوژیکی است. می‌توان رسوبات را در مکان‌هایی مانند سطح درونی لولهٔ فیلتر، در شکاف‌های فیلتر، در فضای خالی بین گراول یا در آبخوان چاه مشاهده کرد.

مشکلات تعمیر و نگهداری به‌عنوان یکی از هزینه‌های شایان توجه در سیستم‌های پمپاژ و اصلاح چاه‌های تأمین آب به رسمیت شناخته شده‌اند. استفاده از توان الکتریکی بیشتر برای استخراج آب، تنها عامل افزایش هزینه نیست و اگر به رسوبات اجازه داده شود تا انباشته شده و سخت شوند، بازسازی و بهسازی زمان بیشتری طول می‌کشد و هزینه‌های آن اضافه می‌شود. هزینهٔ اضافی ناشی از طولانی‌شدن مدت ازکارافتادگی چاه، به‌دلیل انجام عملیات بهسازی، یکی دیگر از هزینه‌ها است که در نتیجه حفر چاه‌های جدید را مورد توجه قرار می‌دهد. همچنین ناتوانی در دستیابی به نرخ استخراج طراحی و همچنان رسوب‌دار باقی‌ماندن چاه، از جمله عوامل افزایش هزینه هستند. شدیدترین هزینه‌ها زمانی است که همهٔ سرمایهٔ مفید از دست برود.

یک آبخوان شباهت فیزیکی زیادی به اسفنج در مقایسه با رودخانه‌هایی از آب زیرسطحی دارد. در این محیط، اسفنج در مقابل رودخانه است که چاه برای استخراج آب‌های زیرزمینی از آن ساخته می‌شود. محیط زیست زیرسطحی ضدعفونی‌شده نیست و مملو از میکروارگانیسم‌ها[14] است. از آنجا که تمرکز جریان در نزدیکی چاه بیشتر است، میکروارگانیسم‌ها نسبت به محل‌های دیگر در آبخوان، منبع غذایی بیشتری دریافت کرده و بنابراین در آنجا رشد می‌کنند [۴]. این تمرکز جریان، سبب حرکت ریزترین ذرات از آبخوان و حمل آنها به رابط بین چاه و آبخوان شده که سبب کاهش فضای باز (حجم نافذ) آبخوان می شود. هر گونه کاهش فضای باز در آبخوان مانع جریان به چاه می‌شود.

1. Rehabilitation
2. Well ageing
3. Clogging
4. Silicifying
5. Sintering
6. Mucuous tissue
7. Sedimentation of metallic reactions
8. Corrosion
9. Biological
10. Biofilm
11. Clay
12. Silt
13. Fine sand
14. Microorganisms

Archive of SID

www.SID.ir

تعمیر و نگهداری اصطلاحی کلی است که زمانی به‌کار می‌رود که تعمیر چاه مستلزم بیرون‌کشیدن پمپ نیست و فرایندی زمان‌بر و گران است. بنابراین، در اینجا منظور از تعمیر و نگهداری، روشی برای پاکسازی چاه است که به خارج‌کردن پمپ نیاز نداشته باشد. تعمیر و نگهداری پیشگیرانه شامل یک برنامهٔ پاکسازی چاه با پمپ در محل است که بر اساس یک تناوب و میزان کارایی مناسب هدایت می‌شود تا زمانی که کارایی به میزان زیادی کاهش یابد و یا از بین برود که نیاز به بهسازی پیدا شود [۵].

بهسازی زمانی تعریف می‌شود که فرایند پاکسازی چاه، به‌گونه‌ای طراحی شده تا ظرفیت تولید ازدست‌رفته را باز گرداند و یا مشکلات کیفیت آب را حل کند که این به بیرون‌کشیدن پمپ نیاز دارد. روند بهسازی به‌صورت کلی شامل تکرار استفاده از عملیات شیمیایی، فیزیکی و یا حرارتی به‌صورت تنها و یا ترکیبی است که به‌گونه‌ای طراحی می‌شود تا رسوبات را سست کنند و از جای خود بیرون آورند. فرایندهایی مانند ایجاد موج فیزیکی، سایش و پمپاژ بیش از حد، مواد کنده‌شده را به داخل چاه حرکت می‌دهند تا بتوان آنها را از چاه خارج کرد.

زمان‌بندی درست در به‌کارگیری روش‌های بهسازی بسیار مهم است. تصمیمات لازم باید قبل از کاهش شایان توجه نرخ جریان گرفته شود. برای اطمینان بیشتر معمولاً از بیش از یک روش بهسازی استفاده می‌شود. اقداماتی که آلودگی کمتر دارند، معمولاً جذابیت بیشتری برای استفاده دارند [۲].

به‌منظور آگاهی از علل کاهش ظرفیت آبدهی و دیگر مشکلات چاه‌ها، باید از ابزارهای بازرسی چاه استفاده کرد. استفاده از دوربین‌های درون‌چاهی یا ویدئومتری[1]، به‌عنوان به‌عنوان ابزاری برای تصویربرداری از درون چاه و استخراج علل مشکلات آن توصیه می‌شود. این ابزار با فیلم‌برداری از اعماق مختلف در جهات افقی و قائم با امکان چرخش ۳۶۰ درجه‌ای، اغلب دلایل بروز مشکل را به تصویر می‌کشد.

پس از ملاحظهٔ فیلم ویدئومتری توسط کارشناس خبره، در مرحلهٔ بعدی روشی برای بهسازی و افزایش ظرفیت آبدهی چاه اتخاذ می‌شود. معمولاً زمانی اقدام به بهسازی می‌شود که آبدهی چاه بسیار کاهش یافته یا ماسه‌دهی از حد مجاز بیشتر شده است که در این شرایط علاوه بر اینکه هزینهٔ بهسازی بسیار افزایش می‌یابد، احتمال رسیدن به شرایط اولیهٔ چاه کم می‌شود. امروزه در کشورهای پیشرفته، نگهداری و حفظ چاه آب از مهم‌ترین مسائل فنی صنعت آب است که از شروع عملیات حفاری آغاز شده و پس از تکمیل عملیات مقدماتی، با انجام تکنیک‌های توسعه و شست‌وشو و در طول مدت بهره‌برداری طی یک برنامهٔ صحیح و دقیق، سرویس به‌موقع چاه انجام می‌شود.

معمولاً هزینهٔ نگهداری پیشگیرانهٔ چاه‌ها ۱۰ تا ۲۰ درصد هزینهٔ بهسازی بوده و هزینهٔ بهسازی حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد هزینهٔ حفر و تجهیز چاه جدید است. بنابراین، صرف هزینه برای نگهداری مداوم چاه، نوعی سرمایه‌گذاری مطمئن و معقول در این صنعت است.

حداکثرکردن بازدهی و عمر چاه باید از زمان طراحی و قبل از حفر و توسعهٔ آن مد نظر قرار گیرد. اگر برخی عوامل مؤثر در بازدهی چاه طی فاز طراحی و توسعه به‌خوبی نظارت شوند، از راندمان کم چاه جلوگیری می‌کند؛ مانند انتخاب محل حفر، طراحی سطح ورودی چاه، انتخاب نوع و جنس لوله، حفر و توسعهٔ مناسب و غیره.

چاه‌های آب تحت تأثیر عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی مثل ترکیب آب‌های زیرزمینی، گازهای محلول، میزان اسیدی‌بودن[2] آب، سرعت جریان آب، تغییرات دما، نوسان‌های سطح آب زیرزمینی و فعالیت انواع باکتری‌ها دچار گرفتگی و خوردگی شده که مشکلات ناشی از این عوامل بیشتر به شکل کاهش بازدهی چاه بروز می‌کند. شناخت این عوامل و چگونگی تأثیر هریک بر ساختمان چاه‌های آب می‌تواند تا حد زیادی در کاهش بروز مشکلات و حتی جلوگیری از تأثیر بیشتر آنها بر چاه‌های آب و افزایش طول عمر مفیدشان مؤثر باشد.

رسوب و تجمع مواد آلی و غیر آلی روی لولهٔ جدار، اسکرین‌ها و فضای بین عناصر تشکیل‌دهندهٔ لایهٔ آبخوان اطراف چاه را که تحت شرایط مناسبی به وقوع می‌پیوندند، جرم‌گرفتگی یا پوسته‌بندی می‌گویند. رسوبات به‌دست‌آمده ابتدا با ایجاد ناهمواری‌هایی در محل‌های ورودی آب به

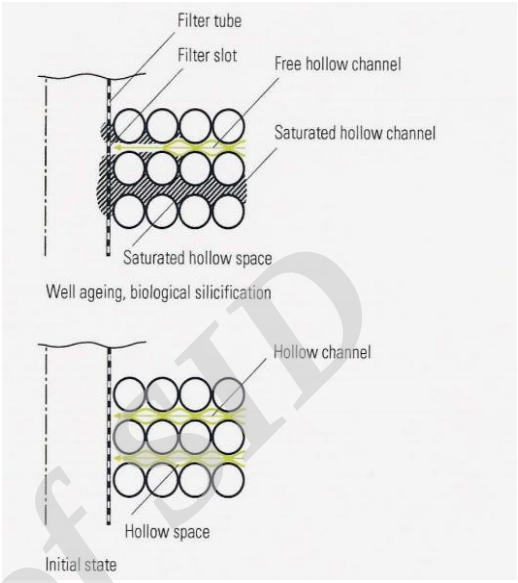
1. Videometri

2. PH

Archive of SID

www.SID.ir

چاه، افزایش موضعی سرعت جریان و تلاطم و آشفتگی آب را به همراه داشته و درنهایت سبب کاهش آبدهی چاه می‌شوند. نمونه‌ای از جرم‌گرفتگی در دیواره و لایه‌های پشت دیوارهٔ چاه، در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. محل‌های رسوب‌گذاری در یک چاه [۲]

جرم‌گرفتگی می‌تواند از نوع بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی باشد که در ادامه تعریف می‌شود.

الف) جرم‌گرفتگی بیولوژیکی: رسوب مواد حاصل از فعالیت باکتری‌های احیاکنندهٔ سولفات و باکتری‌های آهن‌خوار و غیره، جرم‌گرفتگی باکتریایی یا بیولوژیکی نامیده می‌شود که شامل رسوبات ژله‌ای سفت و بقایای موجودات ذره‌بینی و همچنین لجن حاصل از عملکرد موجودات تک‌یاخته‌ای است که از آمونیاک و مواد آلی تغذیه می‌کنند.

ب) جرم‌گرفتگی شیمیایی: چنانچه تغییری در دما و فشار گاز دی‌اکسید کربن محلول در آب ایجاد شود، برخی ترکیبات شیمیایی محلول مثل بی‌کربنات کلسیم و بی‌کربنات آهن به مواد نامحلول مثل کربنات کلسیم و کربنات آهن تبدیل شده و به‌صورت پوسته‌ای روی لولهٔ جدار، شبکه‌ها (اسکرین‌ها) و گراول‌های پشت لولهٔ جدار رسوب می‌کنند و در نتیجه سبب کاهش آبدهی چاه می‌شوند.

ج) جرم‌گرفتگی فیزیکی: گرفتگی یا انسداد بخش مشبک لولهٔ جدار یا اسکرین‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌های تشکیل‌دهندهٔ آبخوان توسط مواد دانه‌ریز مانند ماسه، سیلت و یا گل حفاری باقی‌مانده در چاه، شکل عادی و معمول جرم‌گرفتگی فیزیکی است که معمولاً جرم‌گرفتگی راکد نامیده می‌شود. اطلاق این عبارت به این دلیل است که ذرات ماسه و سیلت در مقابل پاک‌کننده‌های شیمیایی مقاوم است و می‌تواند مشکلات زیادی را در آبدهی چاه‌ها ایجاد کند. علت این جرم‌گرفتگی را می‌توان به کم‌توجهی هنگام شست‌وشو و توسعهٔ چاه پس از حفر و یا رعایت نکردن اندازهٔ دانه‌ها در زمان گراول پکینگ و همچنین ماسه‌دهی چاه‌ها مرتبط دانست.

با بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی، میزان پمپاژ، نتایج تجزیهٔ شیمیایی آب چاه، آزمایش‌های بیولوژیکی، لوگ حفاری و لوله‌گذاری و همچنین تصاویر و فیلم‌های ویدئویی می‌توان مشکلات چاه‌های آب را شناسایی کرد. با استفاده از نتایج تجزیهٔ شیمیایی آب می‌توان پتانسیل ایجاد رسوب را بررسی کرد. با استفاده از آزمایش بیولوژیکی روی نمونهٔ آب چاه، می‌توان به نوع و تعداد باکتری‌های آهن‌خوار، باکتری‌های احیای سولفات و باکتری‌های تشکیل‌دهندهٔ رسوب لزج و غیره پی برد. استفاده از لوگ حفاری چاه‌های آب برای تشخیص انسداد شبکه‌های لوله مشبک مؤثر است. مشاهدهٔ وضعیت چاه‌های آب از طریق ویدئومتری شاید مهم‌ترین روش برای تشخیص مشکلات چاه‌های آب باشد. البته پایش کیفیت آب نیز گام مهمی در نگهداری پیشگیرانه یا شروع بهسازی چاه است.

با توجه به مشکلات موجود در راندمان چاه‌های کشور و لزوم استفاده از تکنولوژی‌های نوین در بهسازی و افزایش راندمان چاه‌ها، در این مقاله ضمن معرفی و بررسی این روش‌ها، سعی شده است تا روش‌های مؤثرتر برای به‌کارگیری در کشور معرفی شوند. بدین‌منظور در بخش ۲، یک معیارگذاری برای مقایسهٔ اثربخشی روش‌ها ارائه می‌شود. در بخش ۳، روش‌های مختلف احیای چاه معرفی می‌شوند. در بخش ۴ مقایسه‌ای بین روش‌ها صورت پذیرفته و روش‌ها مفیدتر و مؤثرتر برای استفاده در چاه‌های کشور معرفی می‌شود. در پایان، در بخش ۵ نتیجه‌گیری مقاله آورده شده است.

معیارگذاری

به‌منظور بهسازی چاه‌ها، اقدامات مختلفی ارائه شده‌اند که میزان زیادی به ماهیت دلایل پیری چاه و مواد سازندهٔ آن

Archive of SID
www.SID.ir

وابسته است. اقدامات بهسازی را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

- تمیزکردن مکانیکی با استفاده از پیستون و پمپ‌های فشار؛
- بهسازی شیمیایی با استفاده از مواد آلی و غیر آلی هماهنگ با نوع رسوب و اجزای آن؛
- ایجاد انرژی فشار امواج توسط انفجار در لولهٔ فیلتر؛
- ترکیبی از اقدامات مکانیکی و شیمیایی.

همهٔ روش‌ها قادر به تمیزکردن گراول پشت دیوارهٔ چاه نیستند [۲]. با توجّه به این موضوع ارائهٔ معیارهایی بسیار اهمیت دارد که نشان دهد عملیات بهسازی به‌خوبی صورت گرفته است. معیارها باید کارآمدی یک روش احیا را به‌خوبی منعکس کند. با توجّه به بررسی چاه‌های مختلف آب و همچنین روش‌های مختلف احیای چاه‌های آب، معیارهای زیر به‌عنوان معیارهای مهم در ارزیابی روش‌های نوین احیا پیشنهاد می‌شود:

الف) تأثیرگذاری: یک روش احیا زمانی مؤثر خواهد بود که موفقیت مناسبی در افزایش میزان آبدهی چاه داشته باشد. بازدهی روش احیا به میزان آبدهی چاه پس از فرایند احیا نسبت به میزان آبدهی آن قبل از فرایند احیا گفته می‌شود. این معیار نشان می‌دهد یک روش احیا تا چه میزان می‌تواند چاه را به سرویس‌دهی باز گرداند.

ب) عمق نفوذ احیا: یک روش احیا زمانی می‌تواند به‌طور کامل چاه را پاک‌سازی کند که بتواند رسوبات و جرم‌گرفتگی‌های موجود در فیلترها، شیارها و گراول پشت دیوارهٔ چاه را نیز پاک‌سازی کند. اینکه روش احیا تا چه میزان می‌تواند رسوبات و جرم‌گرفتگی‌ها را از عمق دیوارهٔ چاه برطرف کند کارآمدی آن روش را نشان می‌دهد.

ج) زمان اجرای عملیات احیا: یکی از موارد دیگر در ایجاد انگیزه برای استفاده از یک فرایند احیا، زمان لازم برای اجرای آن فرایند است، زیرا زمانی که یک چاه برای بهسازی و احیا از سرویس‌دهی خارج می‌شود، یک منبع آب از سرویس‌دهی خارج شده است. این سبب فشار به سایر منابع تأمین آب می‌شود و اگر چاه در منطقه‌ای باشد که منبع آب دیگری وجود نداشته باشد، موجب قطعی آب می‌شود. روشی با بازدهی مناسب و صرف زمان کمتر در این موارد می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

د) هزینهٔ تجهیزات: یک روش مؤثر و کارآمد حتماً روشی نیست که از تجهیزات پرهزینه استفاده کند. هزینهٔ تجهیزات مورد نیاز برای یک فرایند احیا یکی دیگر از معیارهایی است که باید مورد توجّه قرار گیرد. همچنین امکان حمل و نقل این تجهیزات نیز روی هزینهٔ تمام‌شده مؤثر است، زیرا معمولاً چاه‌ها در نقاطی قرار دارند که به مقدار شایان توجهی از مناطق کارگاهی فاصله دارند.

ه) آلودگی: به‌دلیل اینکه چاه‌های آب به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب آشامیدنی استفاده می‌شوند، بهداشت و آلوده‌نکردن آنها بسیار اهمیت دارد و باید به‌شدت مورد توجّه قرار گیرد.

و) میزان تخریب: در برخی از روش‌های احیای چاه، از نیروهای مکانیکی و یا هیدرولیکی استفاده می‌شود. واردشدن بیش از حد این نیروها به دیواره‌های چاه، مشبک‌ها و اسکرین‌های آن، امکان آسیب به این بخش‌ها را فراهم می‌آورد. بسته به چگونگی اعمال نیرو در یک روش، میزان تخریب آن روش نیز متفاوت خواهد بود.

با توجه به معیارهای مطرح‌شده، می‌توان روش‌های مختلف احیای چاه‌ها را ارزیابی کرد. در بخش ۳، ضمن معرفی این روش‌ها، اثرگذاری هر یک با توجه به معیارهای مطرح‌شده در این بخش بررسی می‌شود.

روش‌های احیای چاه

در این بخش روش‌های مختلف احیای چاه‌های آب بررسی می‌شود. روش‌های احیای چاه به پنج دستهٔ کلی تقسیم می‌شوند:

الف) روش‌های شیمیایی: این روش‌ها با استفاده از مواد شیمیایی مانند اسیدها و اثرگذاری شیمیایی این مواد روی رسوب‌ها اقدام به پاک‌سازی و بهسازی چاه می‌کنند.

ب) روش‌های مکانیکی: این دسته از روش‌ها با ایجاد نیروهای مکانیکی از مکانیزم‌های مکانیکی و اثرگذاری آنها بر رسوبات، فرایند پاک‌سازی را انجام می‌دهند.

ج) روش‌های حرارتی: روش‌های حرارتی بر مبنای تغییرات دما و موج‌های نیرویی ناشی از این تغییرات دما بر رسوبات اثر می‌گذارند و عمل پاک‌سازی را انجام می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

د) روش‌های هیدرولیکی: در این روش‌ها جریان سیال عامل غلبه بر نیروهای چسبندگی بین رسوبات و دیوارهٔ لوله است.

ه) روش‌های ضربان‌ساز: روش‌های ضربان‌ساز با ایجاد نیروهای کششی و فشاری متناوب در درون چاه بر نیروهای پیوند رسوبات با دیواره غلبه می‌کنند و عملیات پاک‌سازی را انجام می‌دهند.

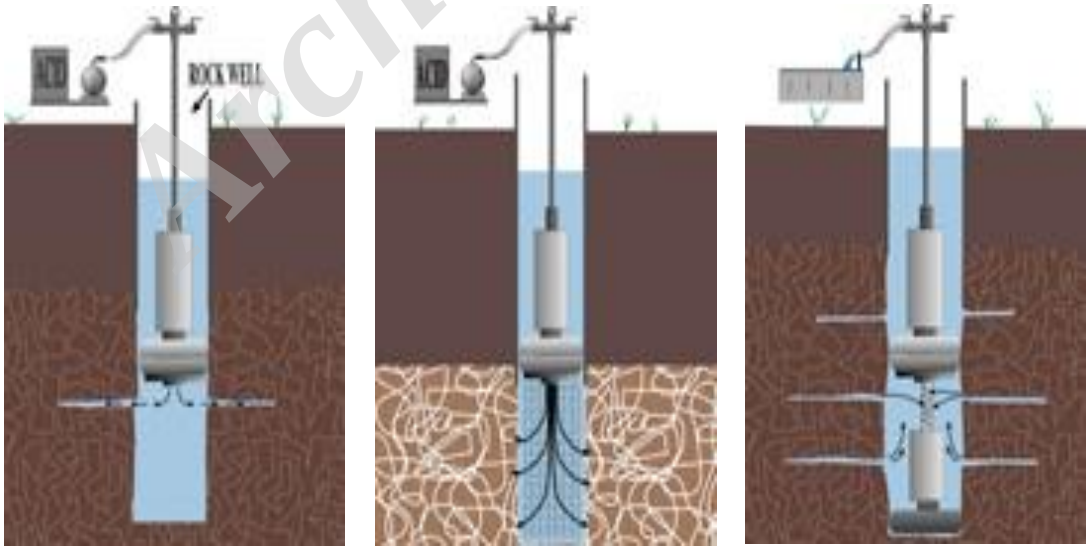
در ادامه این روش‌ها با جزئیات بیشتری بررسی می‌شوند.

۱. روش‌های شیمیایی[1]

در این روش از اسیدهایی نظیر اسید کلریدریک و اسید سولفوریک استفاده می‌شود تا فرایند احیای چاه انجام گیرد. چگونگی تأثیر این روش در احیای چاه، اثرکردن اسید بر باندها و اتصالات رسوبات چسبیده به دیوارهٔ چاه و فیلترها است و سبب سست‌شدن آنها و در نهایت موجب جداشدن آنها می شود. دو روش برای واردکردن اسید به درون چاه وجود دارد. روش اوّل ریختن اسید به‌صورت معمول در چاه و سپس انجام فرایند تلمبه‌زنی برای نفوذ اسید در پشت دیواره است. روش دوم تزریق اسید (به‌صورت محلول در آب) با فشار زیاد به داخل چاه است که فشار موجود سبب نفوذ بیشتر اسید در پشت دیوارهٔ چاه می‌شود. مکانیزم اثر این روش طولانی است و برای پاک‌سازی کامل به زمان شایان توجهی نیاز دارد. این روش سبب آلودگی آب چاه نیز می‌شود و حتّی امکان آلودگی آبخوان متصل به چاه نیز وجود دارد که در زمان طولانی این آلودگی کاهش می‌یابد و از بین می‌رود. آلودگی ناشی از این روش سبب شده است که در دنیا کمتر از آن استفاده شود. در استفاده از اسیدها باید جنس لولهٔ جدار و مشبک‌های چاه را نیز در نظر داشت، زیرا در صورت استفادهٔ اشتباه از اسیدها، به دیواره و اسکرین چاه، آسیب بسیاری وارد می‌شود. در شکل ۲ مراحل تزریق اسید به داخل چاه و مکش بعد از فرایند احیا نشان داده شده است.

رسوبات داخل چاه انواع مختلفی دارند که برای احیای چاه به روش شیمیایی باید با توجه به نوع رسوبات داخل چاه از اسید مناسب استفاده کرد. در جدول ۱ اسیدهایی که برای احیای چاه از آنها استفاده می‌شود، آورده شده و کارآیی آنها در مقابل انواع رسوبات داخل چاه بیان شده است.

با توجّه به جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که یک اسید در پاک‌سازی چاهی با انواع رسوبات کارآیی کافی را ندارد و در نتیجه باید از ترکیبی از اسیدها برای پاک‌سازی و احیای چاه استفاده شود. این موضوع فرایند احیای چاه را طولانی می‌کند و همچنین میزان آلودگی ناشی از استفاده از اسیدها را افزایش می‌دهد.



شکل ۲. مراحل روش احیا با تزریق اسید به داخل چاه [۷]

1. Chemical

Archive of SID

www.SID.ir

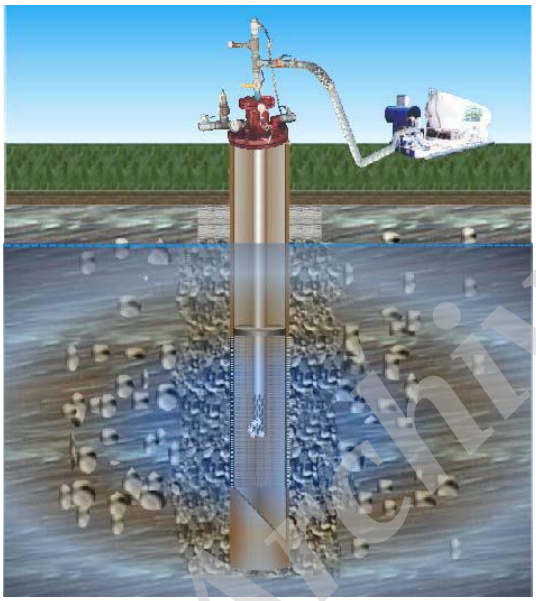
جدول ۱. کارآیی اسیدهای رایج برای پاک‌سازی و احیای چاه [۸]

اسید رسوب	رسوبات کربنات	رسوبات سولفات	رسوبات آهن و منیزیم	رسوبات بیوفیلم
سولفامیک	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف
هیدروکلریک	خیلی خوب	خوب-ضعیف	خیلی خوب	ضعیف
فسفریک	خیلی خوب	خوب-ضعیف	خوب	ضعیف
هیدروکسی استیک	ضعیف-متوسط	خیلی ضعیف	خوب	خوب متوسط
سیتریک	ضعیف	خیلی ضعیف	متوسط	ضعیف
اگزالیک	خیلی خوب	خوب	خوب	خوب متوسط

۲. روش تزریق دی‌اکسید کربن[1]

این روش ترکیبی از روش‌های حرارتی و مکانیکی است. مرحلهٔ اوّل این روش با تزریق دی‌اکسید کربن گازی شروع می‌شود که سبب تولید اسید کربنیک رقیق می‌شود و همچنین فشار داخل چاه را زیاد می‌کند. در ادامه با تزریق دی‌اکسید کربن مایع، موج‌های مکانیکی، ناشی از برخورد دی‌اکسید کربن با آب، ایجاد می‌شود که سبب جداشدن رسوبات و جرم‌هایی می‌شود که در مرحلهٔ اوّل تحت اثر اسید کربنیک سست شده بودند. عمق نفوذ احیا در این روش به‌دلیل وجود موج‌های مکانیکی ایجاد شده، شایان توجه است و فیلترها و گراول پشت دیوارهٔ چاه را نیز پاک‌سازی می کند. این روش آلودگی اندکی برای چاه خواهد داشت. دلیل به‌وجودآمدن آلودگی در این روش تزریق دی‌اکسید کربن در چاه است. در این روش، به‌دلیل اینکه آب دوباره از چاه مکش می‌شود، میزان شایان توجهی از آب مخلوط‌شده با دی‌اکسید کربن خارج می شود [۹]. به‌دلیل استفاده از فرایند مکانیکی، سرعت عملکرد این شیوه شایان توجّه است و نسبت به استفادهٔ تنها از روش شیمیایی و حرارتی به زمان کمتری نیاز دارد. به‌دلیل فشار زیاد کاری، این روش به پمپ‌های قوی نیاز دارد که باید توانایی تزریق سیّال مایع با فشار زیاد را داشته باشد. چنین تجهیزاتی هزینهٔ زیادی دارند و نیازمند وسیلهٔ نقلیهٔ مجزا هستند. در شکل ۳، نمونهٔ مخزن تأمین دی‌اکسید کربن و چگونگی تزریق آن به داخل چاه نشان داده شده است.

تا کنون شرکت‌های محدودی از این روش برای احیای چاه استفاده کرده‌اند و این تکنولوژی در دست شرکت‌های محدودی است. با مطالعه روی اطلاعات جمع‌آوری‌شده از گزارش‌های انجام عملیات احیای چاه با استفاده از این روش توسط شرکت‌های مجری آن، مشاهده می‌شود که بازدهی چاه‌ها، پس از اجرای عملیات احیا به روش تزریق دی‌اکسید کربن، بیش از ۸۰ درصد افزایش یافته است [۱۱].



شکل ۳. شماتیک تزریق دی‌اکسید کربن به داخل چاه [۱۰]

۳. روش جت سیال[2]

این روش یکی از روش‌های هیدرولیکی است که با استفاده از نیروهای هیدرولیکی اقدام به احیای چاه می‌کند. در این روش از یک نازل استفاده می‌شود که منفذهایی برای خروج سیال پرفشار دارد. سیّال مایع که به‌طور معمول آب است، با فشاری حدود ۵۰۰ bar و با دبی ۳۰-۳۵ gpm به داخل چاه تزریق می‌شود که سیّال عامل پس از خروج از نازل با سرعت زیاد به دیواره برخورد می‌کند. سیّال عامل

1. Carbon dioxide Injection

2. Jetting

Archive of SID

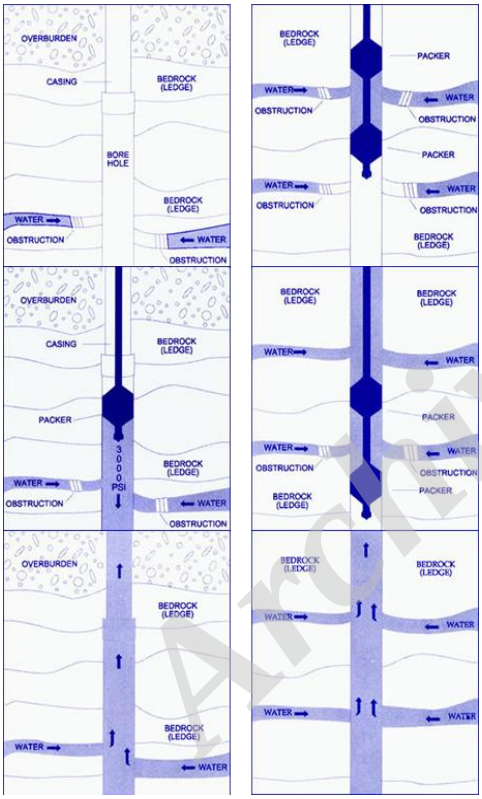
www.SID.ir

به‌دلیل سرعت زیاد و فاصلهٔ اندکی که از دیوارهٔ چاه دارد سبب جداشدن رسوبات از دیواره می‌شود [۱۲]. در این میان امکان آسیب‌دیدگی دیوارهٔ چاه نیز وجود دارد. این شیوه بیشترین تأثیر را روی دیوارهٔ چاه دارد و رسوبات و جرم‌ها را از سطح دیواره پاک‌سازی می‌کند. تجهیزات اصلی استفاده‌شده در این روش یک پمپ با توانایی تولید فشار زیاد از یک سیّال مایع به‌علاوهٔ شیلنگ انتقال سیال و نازل‌های خروج سیال است. در این روش باید همهٔ نقاط چاه تحت اثر سیّال پرفشار قرار گیرد که برای انجام این کار زمان شایان توجّهی نیاز است. این روش به‌دلیل استفاده از آب به‌عنوان سیال عامل، آلودگی برای چاه ایجاد نمی‌کند. در شکل ۴ نازل خروجی سیال پرفشار در حال آزمایش روی زمین نمایش داده شده است.

شکل ۴. نازل خروجی سیال پرفشار [۱۳]

۴. روش سیال پرفشار[1]

این روش نیز یکی از روش‌های هیدرولیکی محسوب می شود. مکانیزم اثر این روش بدین‌صورت است که سیال عامل که معمولاً آب است، با فشار زیاد (حدود ۳۰۰۰ psi) به داخل چاه تزریق می شود. فشار زیاد آب سبب واردشدن نیروی شایان توجهی به رسوبات می‌شود. تأمین سیال عامل (آب) در این روش به دو صورت انجام می شود. یک روش، استفاده از منبع خارجی است که همراه‌داشتن یک مخزن آب متحرک برای این روش الزامی است. در روش دیگر از خود چاه برای تأمین آب استفاده می‌شود و آب مورد نیاز از داخل چاه مکش شده و سپس با فشار بیشتری به داخل چاه تزریق می شود. این روش به دو صورت متفاوت قابل اجراست. در روش اوّل سر چاه بسته می‌شود و آب به داخل همهٔ چاه تزریق می‌شود که به فشار و دبی زیاد آب نیاز دارد. در روش دیگر، یک ناحیه از داخل چاه ایزوله شده و آب با فشار به داخل این ناحیهٔ خاص تزریق می شود. فشار آب واردشده به چاه می‌تواند رسوبات را از دیواره جدا سازد، ولی امکان نفوذ عمیق‌تر رسوبات کنده‌شده به داخل شیارها و منافذ پشت دیوارهٔ چاه وجود دارد [۱۴]. همچنین گاهی امکان ایجاد آلودگی در زمین‌های چاه به‌وسیلهٔ میکروب‌های موجود در چاه وجود خواهد داشت. این روش بیشتر برای چاه‌هایی استفاده می‌شود که مشبک یا اسکرین ندارند. شکل ۵ مراحل انجام عملیات احیای چاه به روش سیّال پرفشار را با دو روش بیان‌شده نمایش می‌دهد.



شکل ۵. مراحل دو روش تزریق سیال پرفشار [۱۵]

۵. روش فراصوت[2]

استفاده از دستگاه‌های فراصوت در صنعت بسیار متداول است. از مبدل‌های فراصوت در احیای چاه نیز استفاده می‌شود. در این روش با فروکردن مبدل فراصوت در چاه و تحریک با فرکانس ۲۰ تا ۲۵ کیلوهرتز، حباب‌های ناپایدار

1. Hydrofracture

2. Ultrasonic

Archive of SID
www.SID.ir

در چاه ایجاد می‌شود. حباب‌های ناپایدار تا اندازه‌ای رشد می‌کنند تا از هم پاشیده شوند. این انفجار حباب، موج مکانیکی ایجاد می‌کند که سبب جداشدن رسوبات و جرم‌های روی شیارها و دیواره می‌شود. منبع تأمین انرژی این روش می‌تواند روی سطح زمین و یا همراه دستگاه باشد. آثاری که روش فراصوت برای روی محیط زیست اطراف چاه می‌گذارد، هنوز مجهول است، ولی به لحاظ استفاده نکردن از مواد شیمیایی، آلودگی برای محیط زیست نخواهد داشت [۱۶]. همهٔ قسمت‌های چاه باید تحت تأثیر فراصوت قرار گیرد تا فرایند احیا به‌طور کامل انجام شود. در این روش برای هر قسمت از چاه زمان شایان توجهی باید صرف شود، که در نتیجه این فرایند را زمان‌بر می‌کند. شکل ۶، نمونهٔ دستگاه فراصوت استفاده‌شده در فرایند احیای چاه را نشان می‌دهد.

ارائهٔ دستگاه فراصوت برای عملیات احیای چاه، به چندین شرکت در دنیا محدود است. با بررسی گزارش‌های این شرکت‌ها و جمع‌آوری اطلاعات گزارش‌های تهیه‌شده از عملیات فراصوت برای احیای چاه، مشاهده شده است که بازدهی چاه بعد از اجرای عملیات احیا بیش از ۶۰ درصد گزارش شده است [۱۶ و ۱۷].

۶. روش شوک سیّال گازی[1]

این روش یکی از روش‌های ضربان‌ساز برای احیای چاه است. در این روش از سیّال گازی استفاده می‌شود که عموماً هواست. دستگاه شوک سیّال به داخل چاه فرستاده می‌شود. دستگاه تأمین فشار، مخزن داخل دستگاه را پر می‌کند و منتظر فرمان از طرف کاربر می‌شود. کاربر بسته به شرایط چاه نظیر نوع چاه، شرایط جغرافیایی، میزان رسوبات، جرم‌گرفتگی‌ها و دیگر شرایط ساختاری چاه، اقدام به شوک سیال در داخل چاه می‌کند. این شوک ناشی از یک موج هوای فشرده است که به‌سرعت گسترش می‌یابد و آب را به داخل فیلترها و راه‌های نفوذ آب از آبخوان به داخل چاه می‌فرستد و در همین زمان ضربهٔ مکانیکی به رسوبات و جرم‌ها وارد می‌کند که سبب جداشدن آنها از دیواره و فیلترها می‌شود. این هوای فشرده به‌صورت یک حباب منبسط می‌شود که پس از انبساط کامل، فرو می‌پاشد. در زمان این فروپاشی آب به داخل چاه مکیده می‌شود و همهٔ رسوبات و جرم‌ها را به داخل می‌آورد که در نتیجهٔ آن پاک‌سازی کامل منافذ صورت می‌پذیرد [۱۸].

پس از این فرایند همهٔ رسوبات به‌وسیلهٔ مکش از داخل چاه خارج می‌شود. در این روش فشار هوا و تعداد دفعات ایجاد شوک قابل کنترل است که در نتیجه انرژی واردشده به چاه کاملاً تحت کنترل است تا آسیب به چاه به کمترین میزان خود برسد. در این روش می‌توان حجم هوای پرفشار را در محدودهٔ ۰/۲ تا ۱۰ لیتر تنظیم کرد. همچنین فشار هوا در محدودهٔ ۳۵ تا ۲۰۰ بار[2] می‌تواند استفاده شود. حجم هوای استفاده‌شده با فشار هوای فشردهٔ استفاده‌شده رابطهٔ معکوس دارند، به‌طوری که هر چقدر میزان حجم هوای استفاده‌شده بیشتر باشد، فشار آن می‌تواند کمتر باشد. تعداد شوک‌های سیّال گازی با فشار زیاد بستگی به نوع چاه و میزان رسوب‌گرفتگی آن دارد. در این روش می‌توان شوک‌هایی در فاصله‌های زمانی بین ۳ تا ۱۰ ثانیه داشت. همان طور که بیان شد، افزایش تأثیرگذاری این روش به انتخاب مناسب حجم و فشار هوا و تعداد شوک‌های آن دارد که این متغیرها با مطالعهٔ نوع چاه و میزان رسوب‌گرفتگی آن مشخص می‌شوند [۱۹].

این روش به‌دلیل استفاده از هوا هیچ‌گونه آلودگی برای محیط زیست و آب داخل چاه ندارد. تجهیزات اصلی مورد نیاز این روش یک پمپ فشار زیاد هوا و یا مخازن هوای پرفشار است. به‌دلیل گسترده‌بودن پوشش شوک سیال واردشده در سطح چاه، می‌توان در بخش‌های کمتری از چاه توقف کرد تا چاه به‌طور کامل پاک‌سازی شود؛ به همین دلیل زمان اجرای این فرایند تا احیای کامل چاه، کمتر از دیگر روش‌هاست [۱۹].

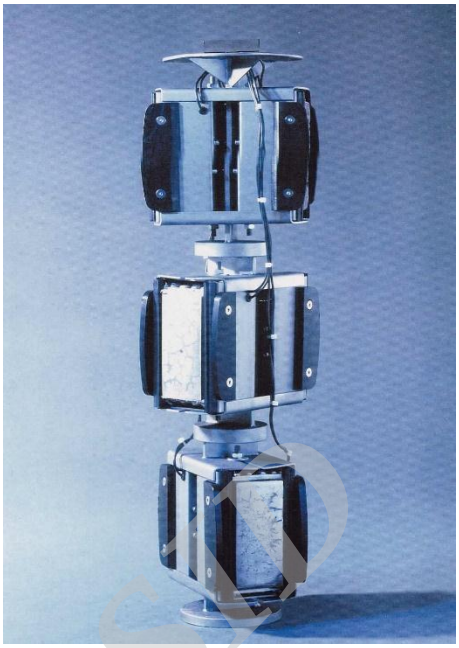
این روش می‌تواند همراه سایر روش‌های احیا به‌صورت ترکیبی استفاده شود. به‌طور مثال، می‌توان از مواد شوینده یا اسیدی برای پاک‌سازی هر چه بهتر چاه استفاده کرد. شکل ۸ مراحل انجام عملیات احیای چاه به روش شوک سیّال گازی را نشان می‌دهد.

1. Fluid Percussive

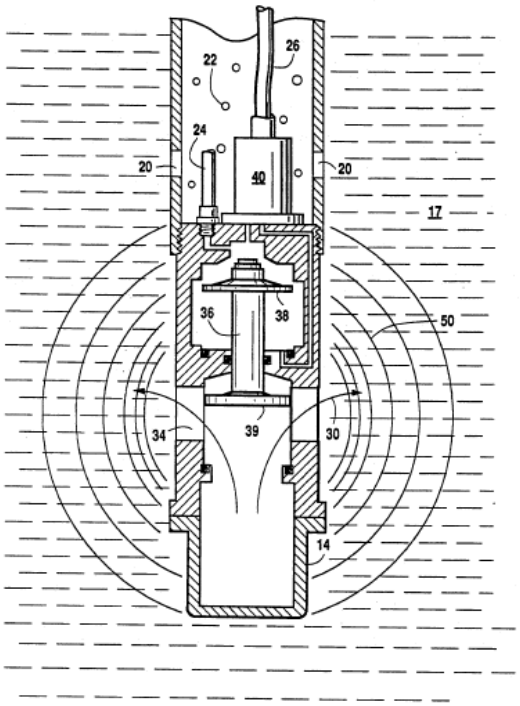
2. kilo-pascal

Archive of SID

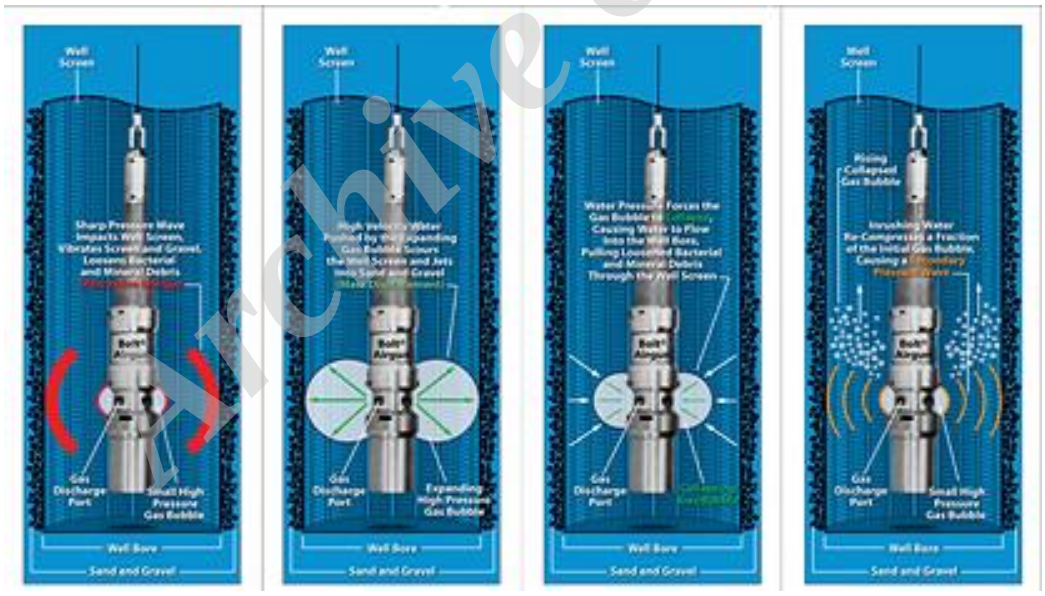
www.SID.ir



شکل ۶. یک مبدل فراصوت، استفاده‌شده در احیای چاه [۱۶]



شکل ۷. نمایش شماتیک دستگاه شوک سیال گازی [۱۹]



شکل ۸. مراحل اجرای فرایند احیا با روش شوک سیال گازی (از چپ به راست) [۲۰]

روش شوک سیّال گازی ابتدا در صنعت اکتشاف نفت استفاده شد. از توسعهٔ این تکنولوژی، تعداد محدودی شرکت، برای احیای چاه استفاده کردند. با جمع‌آوری و بررسی گزارش‌های مربوط به شرکت‌های مجری عملیات احیای چاه به روش شوک سیّال گازی، مشاهده شد که بازدهی این روش به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد [۲۱ و ۲۲].

البته روش‌های دیگری برای احیای چاه وجود دارند که با توجّه به عنوان مقاله جزء روش‌های نوین قرار نمی‌گیرند

Archive of SID

www.SID.ir

و همچنین به‌دلیل عدم دسترسی و کم‌کاربرد بودن آنها، از بیان این روش‌ها صرف نظر شده است.

مقایسهٔ روش‌ها

در این بخش سعی شده است روش‌های بیان‌شده در احیای چاه آب، به‌طور کمی با یکدیگر مقایسه شود. بدین‌منظور بر اساس معیارهای ارائه‌شده در بخش ۲ و توصیف ارائه‌شده از روش‌ها در بخش ۳، روش‌ها دسته‌بندی و امتیازبندی شده است. برای آنکه بتوان مقایسهٔ خوبی بین روش‌های مختلف انجام داد، برای هر مشخصه روش‌های امتیازی به‌صورت عددی از ۱ تا ۵ در نظر گرفته شده است که به‌ترتیب بیان‌کنندهٔ ضعیف، نسبتاً ضعیف، متوسط، خوب و عالی بودن آن مشخصه در آن روش است. در جدول ۲ نتایج مقایسهٔ روش‌های مختلف احیای چاه و امتیازات هر روش نشان داده شده است.

در روش شیمیایی، زمان زیادی برای تأثیرگذاری اسید روی رسوبات صرف می‌شود. همچنین در این روش مادهٔ مصرفی اسید وجود دارد که هزینه‌بر است. اگرچه زیرساخت سخت‌افزاری در اجرای این روش آن‌چنان هزینه‌بر نیست، استفاده از این روش در درازمدت با توجه به مصرف زیاد مادهٔ اسید، به‌صرفه نیست. بنابراین، این دو مشخصه در این روش نسبتاً ضعیف ارزیابی می‌شوند. از نظر آلودگی نیز این روش می‌تواند به آلودگی فراوانی در آبخوان منجر شود، بنابراین بسیار ضعیف ارزیابی شده است. از نظر میزان تخریب، این روش می‌تواند به آسیب و خوردگی لولهٔ جدار منجر شود و بنابراین، امتیاز زیادی نگرفته و متوسط ارزیابی شده است. از نظر بازدهی و عمق نفوذ در این روش، با توجه به گزارش‌های موجود این روش خوب عمل کرده است. اگرچه دوام بازدهی این روش بسیار مناسب نیست و لولهٔ جدار به‌واسطهٔ اثر اسید، اگرچه تمیز شود، مستعد رسوب‌گذاری جدید است.

در روش تزریق دی‌اکسید کربن، بازدهی و عمق نفوذ مناسبی گزارش شده و بنابراین، در این مشخصه‌ها امتیاز عالی برای این روش منظور شده است؛ ولی در این روش با توجه به دمای بسیار کم سیال دی‌اکسید کربن مایع، انتقال آن به داخل چاه به زیرساخت ویژه و گرانی نیاز دارد و از نظر ایمنی نیز نیازمند تمهیدات ویژه‌ای است. همچنین عملیات به نسبت زمان‌بر است و آلودگی محدودی به‌خصوص برای اپراتور، با توجه به استفاده از گاز دی‌اکسید کربن ایجاد می‌کند. بنابراین، این روش در مشخصه‌های زمان، هزینه و آلودگی به‌ترتیب امتیازهای ۳، ۲ و ۳ را کسب کرده است.

در روش جت سیال، برخورد جت با دیوارهٔ رسوبات سطحی را به‌خوبی جدا می‌کند. نفوذ سیال به پشت لولهٔ جدار با توجه به فشار آن، نسبتاً مناسب است؛ ولی عالی نیست. همچنین این روش برای پاک‌سازی دیواره از رسوبات بیولوژیکی نرم در مقایسه با رسوبات سخت، بهتر عمل می‌کند. بنابراین، در کل امتیاز این روش از نظر بازدهی متوسط تشخیص داده شده است. از نظر زمان و هزینه در این روش، ایجاد سیال پرفشار به پمپ‌های فشار زیاد نیاز دارند که نسبتاً گران است. همچنین کل لولهٔ جدار در محل شیارها باید تحت تأثیر جت آب پرفشار قرار گیرد که با سرعت نسبتاً کمی در امتداد چاه حرکت می‌کند و هنگام حرکت قائم، حرکت چرخشی نیز دارد. بنابراین، این عملیات زمان‌بر است. جت پرفشار آب می‌تواند در صورت تداوم روی یک نقطه، تخریب ایجاد کند. بر اثر استفاده از این روش، آلودگی خاصی در چاه ایجاد نمی‌شود.

مشخصهٔ روش سیال پرفشار بسیار شبیه به روش جت سیال است، اگرچه این روش اثر تخریبی کمتری در مقایسه با جت سیال از خود نشان می‌دهد.

در روش فراصوت، بازدهی و عمق نفوذ گزارش‌شده را می‌توان متوسط ارزیابی کرد. به‌خصوص در چاه‌هایی که رسوبات بسیار زیادی دارند و سال‌های زیادی بهسازی نشده‌اند، این روش بسیار موفق گزارش نشده است. همچنین زمان زیادی باید برای کنده‌شدن رسوبات در هر نقطه از دیواره صرف کرد. تجهیزات به‌کاررفته در این روش نیز نسبتاً گران است؛ ولی از نظر آلودگی و میزان تخریب، این روش امتیاز مناسبی را کسب می‌کند.

در روش شوک سیال گازی، بازدهی و عمق نفوذ بسیار خوبی گزارش شده است. البته با توجه به مکانیزم این روش نیز وجود چنین خاصیتی را می‌توان پیش‌بینی کرد. همچنین سطح پوشش هر تخلیهٔ هوا در روش مناسب است و بنابراین عملیات احیا به این روش بیش از چندین ساعت طول نمی‌کشد. از نظر آلودگی نیز به‌کارگیری هوا یا نیتروژن فشرده، هیچ‌گونه آلودگی در بر ندارد. بنابراین روش یادشده در مشخصه‌های بازدهی، عمق نفوذ، زمان و آلودگی بیشترین امتیاز را کسب کرده است. از نظر هزینه، انجام روش به

Archive of SID

www.SID.ir

زیرساخت‌های مکانیکی مانند ماژول تخلیهٔ هوا و سیستم تأمین هوای فشرده نیاز دارد، اگرچه در درازمدت، به‌دلیل نبود مادهٔ مصرفی در این روش، هزینه منطقی و نسبتاً خوب است. از نظر میزان تخریب نیز این روش مستعد تخریب دیواره است؛ ولی در صورت تنظیم پارامترهای فشار و حجم تخلیهٔ سیال پرفشار، می‌توان میزان تخریب را به‌خوبی کنترل کرد. بنابراین، در دو مشخصهٔ هزینه و میزان تخریب این روش امتیاز ۴ که معادل درجهٔ خوب است را کسب کرده است.

جدول ۲. مقایسهٔ روش‌های احیای چاه

روش مشخصهٔ ارزیابی	بازدهی احیا	عمق نفوذ احیا	زمان	هزینه	آلودگی	میزان تخریب	جمع
روش شیمیایی	۴	۴	۲	۲	۱	۳	۱۶
روش تزریق دی‌اکسید کربن	۵	۵	۳	۲	۳	۴	۲۲
روش جت سیّال	۳	۳	۳	۳	۵	۲	۱۹
روش سیّال پرفشار	۳	۴	۳	۳	۵	۴	۲۲
روش فراصوت	۳	۳	۳	۳	۴	۵	۲۱
روش شوک سیّال گازی	۵	۵	۵	۴	۵	۴	۲۸

در کنار معیارهای بیان‌شده معیارهای دیگری نظیر مواد مصرفی، نیروی انسانی و نیازداشتن به روش‌های دیگر نیز وجود دارند که در مقایسه با معیارهای بیان‌شده اهمیت کمتری دارند. بنابراین، در این مقایسه، تمرکز روی روش‌های احیای بیان‌شده معطوف شده است.

با توجه به جدول ۲ و امتیازات هر یک از روش‌ها، می‌توان ادعا کرد روش شوک سیّال گازی یکی از روش‌های مناسب برای به‌کارگیری در کشور است. در مرحلهٔ بعد روش تزریق دی‌اکسید کربن، فراصوت و جت سیال روش‌های مناسبی برای استفاده در چاه‌های عمیق با لولهٔ جدار هستند.

یکی دیگر از نکات مهم در انتخاب روش، آن است که ممکن است هیچ‌یک از این روش‌ها کامل‌ترین روش نیست و بتوان با استفاده از روش‌ها در کنار هم به نتیجهٔ مؤثرتری دست یافت. در این میان می‌توان پیشنهاد کرد ترکیب روش‌های شوک سیال و جت آب برای اثر در بیشتر چاه‌ها گزینهٔ بسیار مناسبی است، زیرا روش شوک سیال به‌خوبی امکان جداسازی رسوبات فیزیکی و شیمیایی را از دیواره و پشت دیواره فراهم می‌کند در حالی که جت سیال، اثربخشی مناسبی را در جداسازی رسوبات بیولوژیکی از خود نشان می‌دهد. بنابراین، به‌کارگیری این دو روش در کنار هم، می‌تواند به موفقیت خوبی در عملیات احیای چاه‌های عمیق در کشور منجر شود.

نتیجه‌گیری

با بررسی متغیرهای مختلف در بهسازی چاه‌های آب، روش‌های مختلف احیای چاه‌ها قابل تفکیک می‌شوند. آنچه بسیار اهمیت دارد، بازدهی یک روش نسبت به هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم آن است. بررسی‌ها نشان داده است روش‌های سیّال پرفشار، تزریق دی‌اکسید کربن و شوک سیّال گازی، بازدهی مناسبی در مقابل هزینهٔ مصرفی دارند. با جمع‌بندی همهٔ نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات مشخص شد که روش شوک سیّال گازی بیشترین بازدهی را دارد. این روش با استفاده از هوای فشرده تا محدودهٔ ۲۰۰ بار و حجم هوای فشرده حدود ۰/۲ تا ۱۰ لیتر، انرژی لازم برای احیای چاه را تأمین می‌کند. به‌دلیل استفاده از هوا، هزینهٔ مواد مصرفی در این روش فقط به تأمین انرژی فشرده‌سازی هوا محدود می‌شود. همچنین هر شوک سیّال، محدودهٔ گسترده‌ای از چاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در نتیجه زمان انجام عملیات احیاء بسیار کاهش می‌یابد.

با توجّه به مطالب بیان‌شده مشاهده می شود که روش شوک سیّال گازی با توجّه به بازدهی مناسبی که در احیای چاه دارد، زمان و هزینهٔ کمتری را به خود اختصاص می‌دهد که نشان‌دهندهٔ کارآمدی و مناسب‌بودن این روش در احیای چاه آب است. البته قابلیت این روش در ایجاد ضربه‌های با انرژی‌های مختلف، انعطاف‌پذیری این روش را نشان می‌دهد و می‌تواند در چاه‌هایی که مستعد آسیب هستند نیز استفاده شود. در حقیقت آنچه باید در انتخاب یک روش در نظر گرفته شود، غیر از بازدهی آن، توجّه به اقلیم استفاده شده از آن است. اینکه یک روش در اقلیمی خاص پاسخ بسیار خوبی از خود نشان دهد لازمهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

مناسب‌بودن برای اقلیم دیگر نیست. با وجود این، امکان‌پذیری در تنظیم پارامترهای یک روش، شرایط برای کاربرد آن در شرایط مختلف را تسهیل می‌کند. مطالعه دربارهٔ تطابق روش‌ها با اقلیم‌های مختلف کشور از تحقیقات آتی نویسندگان مقاله است.

با توجه به اینکه هیچ‌یک از روش‌ها به‌تنهایی پاسخ‌گوی همهٔ نیازهای بهسازی چاه‌ها نیست، راهکار مناسب برای زیادکردن قابلیت این روش‌ها، استفاده از آنها به‌طور مکمل است؛ به‌طوری که اگر یک روش در چاهی موفق عمل نکند، روش مکمل آن را جبران کند. با توجه به اینکه روش شوک سیال برای حذف رسوبات فیزیکی و شیمیایی سخت در دیواره و لایه‌های پشتی چاه بسیار مؤثر است، استفاده از روش مکملی که برای رسوبات نرم بیولوژیکی کارآیی مطلوبی داشته باشد، می‌تواند به ترکیب مناسبی برای بسیاری از چاه‌ها منجر شود. بدین‌منظور، روش جت سیال در کنار روش شوک هوا می‌تواند کارآیی بسیار مناسبی را در عمل از خود نشان دهد. همچنین مشترک‌کردن زیرساخت‌های این دو روش، مانند سیستم انتقال سیال پرفشار به درون چاه، می‌تواند پیاده‌سازی عملی این دو روش را روی یک زیرساخت مشترک، به‌صرفه‌تر کند.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از طرح پژوهش کاربردی به شماره قرارداد ت-۵ و با حمایت شرکت آب و فاضلاب روستائی استان لرستان است. نویسندگان مقاله از پشتیبانی آقای مهندس کاکاوند مدیرعامل فهیم و آقای مهندس الوندی مدیر محترم تحقیقات این شرکت، در تأمین مالی این تحقیق کمال تشکر را دارند.

منابع

[1]. Mansuy N. Water Well Rehabilitation – A Comprehensive Guide to Understanding Problems and Solutions. 4th ed. Florida: CRC Press - Lewis Publishers; 1999.

[2]. Sonic Umwelttechnik GmbH. Well Rehabilitation with high-energetic Ultrasound. Sonic Information No. E1-09. 2014.

[3]. Driscoll F G. Groundwater and Wells. 2nd ed. Minnesota: Johnson Screens; 1986.

[4]. Thullner M, Van Cappellen P, Reginer P. Modeling the impact of microbial activity on redox dynamics in porus media. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2005; 69(21):5005-5019.

[5]. Mansuy N, Miller G P. Preventive Well Maintenance Reduces Costs. Subsurface Technologies Inc.2014.

[6]. Petrauskas A. Increasing the efficiency of water well regeneration with ultrasound by using acoustic transducers consisting of elements in flexural vibration. 2009; 64(3):1392-2114.

[7]. Frac-Packer. Accessed on 2000. http://www.flatwaterfleet.com/html/frac_packers.html.

[8]. Common well problems and basic rehabilitation approaches. Accessed on 18 July 2014. http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/water/wells-and-groundwater/water-wells/well-rehabilitation/?id=1371571333366.

[9]. Smith S A. Recent innovations in well rehabilitation. Accessed on April 1994. http://www.groundwaterscience.com/resources/tech-article-library/94-recent-innovations-in-well-rehabilitation.html.

[10]. Reece R. Water well rehabilition technologies and well asset management. Utility Service Group; 2014.

[11]. AQUA FREED & AQUA GARD Case Studies. Accessed on Jun 2013. http://www.subsurfacetech.com/aqua-freed-case-studies.

[12]. Save thousands by jetting your well and not re-drilling. Accessed on 2000. http://www.mrbillspump.com/residential_and_commercial_water_well_jetting.php.

[13]. Developing and rehabilitating well screens in sand and gravel wells. Accessed on 2000. http://www.flatwaterfleet.com/html/jetting_tool.html.

[14]. Hydro fracturing. Accessed on 2009. www.highyieldwater.com/3.html.

[15]. Say goodbye to low-yielding wells with hydro-fracturing. Accessed on 2000. http://foglepump.com/hydro-fracting/2450777.

[16]. Well Rehabilitation with high-energetic Ultrasound. Sonic Umwelttecchnik. SONIC Information No. E1-09. 2009, Accessed on April 2017. www.sonic-umwelttechnik.de.

[17]. Results from practical application. Sonic Umwelttecchnik. SONIC Information No.E3. 2009. Accessed on April 2017. www.sonic-umwelttechnik.de.

[18]. Gipsou T C. Method and apparatus for downhole oil well production stimulation. 1994; US Patent No. 5297631.

Archive of SID

www.SID.ir

[19]. Jansen J R, Taylor R W, Frazier W C. Method for improved water well production, 1996; US Patent No. 5579845.

[20]. Bi-Product – Residuals – Explosives Free. Water Well Solutions. 2012. Accessed on April 2017. http://www.wwssg.com

[21]. Mefford B, Hanna L J. Model tests of air burst and hydraulic back-flush cleaning efficiency for a cook cylindrical screen. Model Test Summary Report. 1997.

[22]. Air impulse rehabilitiation results by project. Municipal Well & Pump. 2011. Accessed on April 2017. www.municipalwellandpump.co

Archive of SID

www.SID.ir