



جهان انرژی

دانشکده مهندسی انرژی

تفسیر هفت:

چشم انداز سرمایه‌گذاری در صنعت هیدروژن

نویسندگان این شماره:

حسن راعی و عباس ملکی

۲ تیر ۱۴۰۲

Brent Crude Oil (\$/b)		WTI Crude Oil (\$/b)	
14/06/2024 82.43	21/06/2024 85.61	14/06/2024 78.23	21/06/2024 81.19
<p>— Brent Crude</p>		<p>— WTI Crude</p>	
Henry Hub Natural Gas (\$/MMBtu)		Europe & Asia Natural Gas (\$/MMBtu)	
14/06/2024 2.93	21/06/2024 2.72	12/06/2024 10.80 12.00	19/06/2024 10.76 12.14
<p>— Natural Gas</p>		<p>— Dutch TTF Natural Gas — LNG Japan/Korea Marker</p>	

پویایی های بازار

بهای معاملات آتی نفت «برنت» روز شنبه به ۸۵,۲۴ دلار به ازای هر بشکه رسید که نسبت به هفته گذشته از افزایش چشمگیری برخوردار است، هر چند که نسبت به روز قبل کمتر شده است. افزایش قیمت می تواند ناشی از نظرات وزیر انرژی عربستان سعودی باشد که گفت «اوپک پلاس» می تواند نظر خود را در مورد کاهش و یا افزایش مقدار عرضه نفت خام به بازار تغییر دهد. بنگاه های مالی از جمله گروه «گلدمن ساکس» پیش بینی می کنند که قیمت نفت خام تقویت شود. در یک تحول ژئوپلیتیک به گزارش وزارت دفاع روسیه مناطق جنوب غربی روسیه هدف ۱۱۳ پهپاد اوکراینی قرار گرفته و چهار پالایشگاه منهدم شدند.

قیمت نفت «وست تگزاس اینترمدییت» در بازار کاشینگ امروز به هر بشکه ۸۰,۷۳ دلار رسید که نسبت به روز قبل از آن یک درصد کاهش نشان می دهد. این قیمت بالاتر از قیمت مصوب دولت ایالات متحده برای پر کردن ذخایر نفت استراتژیک (SPR) است. مقدار این ذخایر در هفته قبل ۲,۵۵ میلیون بشکه کاهش یافته و حجم ذخایر نفت گاز و بنزین کمتر شدند. به نظر می رسد که میزان تقاضا برای سوخت در آستانه ورود به فصل تابستان در آمریکای شمالی بیشتر شده است. گزارش فصلی «اداره اطلاعات انرژی» وزارت انرژی ایالات متحده نیز نشان می دهد که تقاضا برای نفت خام و فرآورده های نفتی افزایش یافته است.

گاز طبیعی در هنری هاب در آمریکای شمالی به قیمت ۲,۷۰ دلار به ازای هر میلیون واحد حرارتی انگلیسی (بی.تی.یو.) فروخته شد. این رقم نسبت به قیمت هفته گذشته ۳ درصد کاهش نشان می دهد. گاز طبیعی مایع شده (ال.ان.جی.) در ساحل کره و ژاپن به قیمت ۱۲,۱۴ دلار هر میلیون بی.تی.یو. به فروش رسید که از هفته گذشته کمی بیشتر است. قیمت همان مقدار گاز طبیعی در بندر روتردام در اروپا به ۱۰,۷۴ دلار رسید که ۴ سنت از هفته گذشته کمتر است.

➤ **اعتصاب نفتی در آرژانتین:** بزرگترین اتحادیه نفتی آرژانتین در پیگیری مطالباتش برای حقوق بالاتر، از روز سه‌شنبه به مدت ۴۸ ساعت دست به اعتصاب زد. این اقدام بر تولید نفت در منطقه نفت شیل «واکا موئرتا» تأثیر گذاشت. «واکا موئرتا» دومین منطقه بزرگ شیل جهان از نظر ذخایر گاز و چهارمین منطقه بزرگ از نظر نفت شیل است و نقش مهمی در برنامه آرژانتین برای معکوس کردن کسری مالی در تراز تجارت انرژی و تبدیل شدن به یک صادرکننده بزرگ انرژی، ایفاء می‌کند. اتحادیه کارکنان خصوصی نفت و گاز در ریو نگرو، ثوکن و لا پامپا که استان‌های محل قرارگیری «واکا موئرتا» هستند، اعلام کرد پس از شکست در مذاکرات با شرکت‌ها، خواستار برگزاری اعتصاب شده‌اند.

➤ **حمله پهپادی اوکراین به پایانه نفتی روسیه:** براساس گزارش «رویترز»، مقام‌های روسیه و یک منبع اطلاعاتی اوکراین اعلام کردند حمله هواپیمای بدون سرنشین اوکراین روز سه‌شنبه (۲۹ خرداد) سبب آتش‌سوزی بزرگ در یک مخزن سوخت در یک پایانه نفتی بندر آزوف در جنوب روسیه شد. براساس گزارش‌های منابع خبری این حمله به انبارهای «آزوفسکایا» و «آزوف نفت پروداکت» انجام شد است که در مجموع ۲۲ مخزن سوخت دارند. وزارت شرایط اضطراری روسیه اعلام کرد یک تیم بزرگ آتش‌نشانی در حال مهار آتش است. بندر آزوف، دو پایانه فرآورده نفتی به نام‌های «دُن ترمینال» و «آزوف پراداکت» دارد که در مجموع حدود ۲۲۰ هزار تن سوخت در بازه زمانی ژانویه تا مه ۲۰۲۴ از این دو پایانه صادر شده است.

➤ **افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت نفت و گاز جهان:** براساس یافته‌های مطالعه سرمایه‌گذاری در بخش بالادستی نفت و گاز که هفته گذشته منتشر شد، سرمایه‌گذاری سالانه در پروژه‌های نفت و گاز در سراسر جهان باید تا سال ۲۰۳۰ به ۷۳۸ میلیارد دلار برسد تا بتوان ضمن تأمین تقاضای جهانی هیدروکربن‌ها، از بحران عرضه انرژی جلوگیری کرد. مطالعه سرمایه‌گذاری موردنیاز صنعت نفت و گاز به‌طور مشترک از سوی «مجمع بین‌المللی انرژی (IEF)» و «مؤسسه پلاتس (Platts)» انجام و نتایج آن در قالب گزارش سالانه «چشم‌انداز سرمایه‌گذاری بالادستی نفت و گاز» منتشر می‌شود. طبق گزارش سال ۲۰۲۴ این مطالعه، حتی با وجود اینکه انتظار می‌رود رشد تقاضای نفت و گاز به دلیل شرایط جهانی گذار انرژی کاهش یابد، با توجه به تورم و مصرف روبه‌رشد نفت و گاز در میان‌مدت در مجموع به ۴ تریلیون و ۳۰۰ میلیارد دلار طی سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ نیاز است.

➤ **افزایش ازدحام در بنادر بین راهی:** توقف، ازدحام، و تعویض کشتی برای حمل بار، نفت خام، و سوخت در جهان افزایش یافته است. به گزارش «دروری»، حملات انصار الله یمن به کشتی‌های مظنون به تجارت با اسرائیل و متحدان آن باعث شده است که در صنعت کشتیرانی و نفتکش تغییراتی حاصل شود. به نظر این شرکت تا ماه‌های آینده ازدحام در بنادر بین راهی ادامه خواهد یافت. بنداری مانند سنگاپور که در مسیر اتصال به شاهراه‌های دریایی جهان هستند، محل توقف، تخلیه، و بارگیری به شناورهای دیگر با توجه به معادله هزینه-فایده و مدت زمان سفر هستند. با توجه به حملات حوثی‌ها استفاده از مسیرهای دیگر مانند دماغه امید نیک و همچنین سفر از مسیرهای دریایی جدید از دریاهای مجاور قطب شمال بیشتر شده است. همچنین استفاده از شناورهای با حجم بالاتر با توجه به این که دیگر محدودیت‌های عبور از کانال سوئز و تنگه جبل الطارق و تنگه باب‌المنذب در مسیر نیست افزایش یافته است.

عوامل کاهش قیمت

➤ **پیشی گرفتن روسیه از ایالات متحده در زمینه صادرات گاز طبیعی به اروپا:** روزنامه «فایننشال تایمز» با استناد به داده‌های مؤسسه مشاوره‌ای ICIS گزارش داد که واردات گاز اروپا از روسیه در ماه مه برای اولین بار در دو سال گذشته از واردات گاز این منطقه از ایالات متحده پیشی گرفته است. در ماه گذشته میلادی، محموله‌های گاز طبیعی مایع شده از ایالات متحده ۱۴ درصد از کل واردات گاز اروپا را به خود اختصاص داده است که کمترین میزان از اوت ۲۰۲۲ محسوب می‌شود. این در حالی است که صادرات گاز خط لوله و همچنین ال.ان.جی. روسیه ۱۵ درصد از کل واردات گاز قاره سبز را به خود اختصاص داد. در این گزارش منظور از اروپا، «اتحادیه اروپا»، بریتانیا، سوئیس، صربستان، بوسنی و هرزگوین، و مقدونیه شمالی است. به نوشته این روزنامه، عرضه گاز در ماه مه تحت تأثیر عوامل متعددی قرار گرفت، از جمله اختلال در عملیات یک تأسیسات اصلی صادرات ال.ان.جی. ایالات متحده و همچنین افزایش جریان گاز روسیه از طریق خط لوله گاز «ترک استریم» قبل از تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده که از ۵ تا ۱۲ ژوئن انجام شد. در عین حال، این رسانه تصریح کرد که تقاضای اروپا برای گاز نسبتاً ضعیف باقی مانده است، چرا که ذخیره‌سازی در این زمان از سال نزدیک به بالاترین رکورد خود است. براساس این گزارش، علیرغم کاهش شدید صادرات گاز روسیه به این منطقه به دلیل تحریم‌های مرتبط

با اوکراین و خرابکاری در خطوط لوله «نورد استریم»، تعدادی از کشورهای اروپایی همچنان به شدت به گاز روسیه متکی هستند.

➤ **آزادسازی ذخایر استراتژیک نفت خام ایالات متحده:** روزنامه «فایننشال تایمز» گزارش داد که «جو بایدن» رئیس جمهور ایالات متحده پیش از انتخابات نوامبر ممکن است دستور آزادسازی نفت خام بیشتری از ذخایر استراتژیک نفت (SPR) را به منظور مهار افزایش قیمت بنزین و تورم صادر کند. «آموس هوچستاین» نزدیک‌ترین مشاور بایدن در زمینه انرژی، در مصاحبه با این روزنامه تأکید کرد که قیمت‌ها در پمپ‌بنزین‌ها هنوز برای بسیاری از آمریکایی‌ها بسیار بالا است. براساس این گزارش، «جو بایدن» بیش از سایر رئیس‌جمهورهای پیشین ایالات متحده از SPR استفاده کرده است. جمهوری خواهان بایدن را به سوء استفاده سیاسی از این ذخایر متهم کرده‌اند. «فایننشال تایمز» نوشت که هرگونه تصمیم در ماه‌های آینده برای آزاد کردن شبکه‌های بیشتر از SPR، می‌تواند جمهوری خواهان را خشمگین کند. رهبران جمهوری خواه ایالات متحده در نامه‌ای که ماه گذشته میلادی برای «جنیفر گرانهولم» وزیر انرژی ایالات متحده ارسال شد، از دولت خواستند که اطمینان حاصل شود که SPR برای اهداف سیاسی مورد سوء استفاده قرار نگیرد. این نامه تصمیم «جو بایدن» برای استفاده از ذخایر نفت در سال ۲۰۲۲ را به عنوان تلاش شفاف برای تأثیرگذاری بر انتخابات میان‌دوره‌ای توصیف کرد. براساس گزارش «رویترز»، وزارت انرژی ایالات متحده در سال ۲۰۲۲ در پی حمله نظامی روسیه به اوکراین و افزایش چشمگیر قیمت نفت، ۱۸۰ میلیون بشکه نفت از ذخایر نفت استراتژیک را فروخت تا افزایش قیمت بنزین به بیش از ۵ دلار در هر گالن را مهار کند. وزارتخانه مذکور در سال جاری میلادی، ماهانه حدود سه میلیون بشکه نفت برای بازسازی این ذخایر خریداری کرده است. آزادسازی نفت از ذخایر استراتژیک، سطح این ذخایر را به پایین‌ترین میزان در ۴۰ سال اخیر رساند. «جنیفر گرانهولم» وزیر انرژی ایالات متحده، اوایل ماه میلادی جاری به «رویترز» گفت: «اگر تعمیرات در تأسیسات ذخیره‌سازی نفت تا پایان سال تکمیل شود، واشنگتن می‌تواند روند بازسازی ذخایر نفت استراتژیک را سرعت ببخشد.»

➤ **اجرای طرح محدودیت انتشار کربن در کانادا:** براساس گزارش «رویترز»، شرکت مشاوره «دیلویت» در گزارش اخیر که از سوی دولت ایالت آلبرتا منتشر شد، اعلام کرد طرح پیشنهادی کانادا برای محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید نفت و گاز، شرکت‌ها را بر آن می‌دارد تا به جای سرمایه‌گذاری در فناوری پرهزینه جذب و ذخیره کربن،

تولید خود را کاهش دهند. «جاستین ترودو» نخست‌وزیر کانادا، در حال تدوین مقرراتی است تا آلاینده‌ترین صنعت کانادا را مجبور کند انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا سال ۲۰۳۰ به ۱۳۷ میلیون تن برساند که ۳۷ درصد کمتر از سال ۲۰۲۲ است. ایالت آلبرتا، ایالت مهم تولیدکننده نفت کانادا، به همراه صنعت نفت این کشور با این استدلال که این طرح سبب کاهش تولید می‌شود، مخالفت خود را با اجرای آن اعلام کرده‌اند. تولیدکنندگان بزرگ نفت کانادا برای کاهش بخش زیادی از انتشار گازهای گلخانه‌ای خود در دهه آینده توجه‌شان را به طرح جذب و ذخیره کربن معطوف کرده‌اند. اما «پت‌وی الاینس»، ائتلاف متشکل از ۶ شرکت بزرگ ماسه‌های نفتی، هنوز تصمیمی برای سرمایه‌گذاری در پروژه خود به ارزش ۱۲ میلیارد و ۳۰ میلیون دلار نگرفته است و می‌گوید به حمایت مالی بیشتری از طرف دولت نیاز دارد. گزارش شرکت «دیلویت» نشان داد که اجرای طرح جذب و ذخیره کربن، تولید نفت غیرمتعارف را از نظر اقتصادی غیرقابل اجرا می‌کند. براساس این گزارش، کاهش تولید نفت در میدین دارای نفت شیل همچنان مقرون‌به‌صرفه‌تر از سرمایه‌گذاری در طرح جذب و ذخیره کربن خواهد بود. کانادا با تولید حدود ۵ میلیون بشکه نفت در روز، چهارمین تولیدکننده بزرگ نفت جهان به‌شمار می‌رود. «دیلویت» پیش‌بینی کرد که طرح محدودیت انتشار گازهای گلخانه‌ای ممکن است تولید نفت کانادا را در سال ۲۰۳۰ به روزانه ۵ میلیون و ۶۰۰ هزار بشکه برساند که حدود ۱۰ درصد کمتر از تولید بدون محدودیت آن خواهد بود. در این گزارش آمده است که این موضوع سبب حذف ۹۰ هزار فرصت شغلی و کاهش ۲۸۲ میلیارد دلار کانادا از درآمد این کشور از تولید ناخالص داخلی آن بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰ خواهد شد.

➤ **ارتقاء ظرفیت پالایشی نفت خام ایالات متحده:** براساس گزارش «اداره اطلاعات انرژی»، زیرمجموعه وزارت انرژی ایالات متحده، ظرفیت پالایش نفت خام این کشور در سال جاری میلادی، به دنبال بهره‌برداری از یک طرح توسعه‌ای بزرگ در صنعت پالایش واقع در ایالت تگزاس، با ۱٫۵ درصد افزایش به روزانه ۱۸ میلیون و ۳۸۰ هزار بشکه رسیده است. این افزایش برای دومین سال پیاپی رخ می‌دهد، با این حال ظرفیت پالایش در ابتدای سال ۲۰۲۴، ۵۰۰ هزار بشکه از رقم اوج سال ۲۰۱۹ (روزانه ۱۸ میلیون و ۹۸۰ هزار بشکه)، پیش از آغاز بحران شیوع کووید-۱۹، کمتر بوده است. گزارش این اداره نشان می‌دهد که شرکت «ماراتن پترولیوم» همچنان بزرگ‌ترین پالایشگاه در ایالات متحده است که می‌تواند با داشتن ۱۳ پالایشگاه، روزانه ۲ میلیون و ۹۵۰ هزار بشکه نفت را پالایش کند که معادل ۱۶ درصد کل ظرفیت پالایش این کشور است. شرکت «والرو انرژی»، دومین پالایشگاه

بزرگ ایالات متحده از نظر حجم با ظرفیت پالایش روزانه ۲ میلیون و ۲۱۰ هزار بشکه است که حدود ۱۲ درصد از کل ظرفیت پالایشی این کشور را شامل می‌شود. شرکت آمریکایی «اکسون‌موبیل» با حدود روزانه یک میلیون و ۹۵۰ هزار بشکه ظرفیت پالایش در رتبه بعدی قرار دارد. شرکت «فیلپس ۶۶»، چهارمین پالایشگر بزرگ ایالات متحده روزانه یک میلیون و ۳۹۰ هزار بشکه ظرفیت پالایشی دارد، درحالی‌که پنجمین و ششمین پالایشگران بزرگ ایالات متحده، به ترتیب «پی.بی.اف. انرژی» و «شورون»، هرکدام ظرفیت پالایش روزانه یک میلیون بشکه نفت خام را دارند.

➤ **افزایش تولید نفت خام روسیه:** وزارت انرژی روسیه در بیانیه‌ای اعلام کرد تولید نفت خام این کشور در ماه مه از سهمیه تعیین‌شده توسط ائتلاف «اوپک پلاس» فراتر رفته است و متعهد شد به تعهدهای خود عمل کند. این وزارتخانه با انتشار بیانیه‌ای اعلام کرد موضوع مازاد تولید در ماه ژوئن حل‌وفصل خواهد شد و به مقدار هدفگذاری شده تولید خواهیم کرد. براساس توافق اوپک پلاس، سهمیه تولید روسیه در ماه مه روزانه حدود ۹ میلیون و ۱۰۰ هزار بشکه بود که شامل کاهش مازاد داوطلبانه این کشور هم می‌شود.

چشم انداز سرمایه‌گذاری در صنعت هیدروژن

براساس گزارش «اداره کل امور اوپک، مجامع و سازمان‌های بین‌المللی وزارت نفت»، «آژانس بین‌المللی انرژی» طی گزارش «سرمایه‌گذاری انرژی جهان» که هفته گذشته منتشر شد اعلام کرد که سرمایه‌گذاری در بخش‌های نوظهور جذب و ذخیره‌سازی کربن و هیدروژن کم‌کربن در سال ۲۰۲۴ افزایش می‌یابد، اگرچه چشم‌انداز اجرای پروژه‌ها نامشخص است. انتظار می‌رود سرمایه‌گذاری در دستگاه‌های الکترولیز برای تولید هیدروژن سبز در سال ۲۰۲۴ بیش از دو برابر شود و به ۵ میلیارد دلار برسد که از استقرار ظرفیت جدید و افزایش هزینه‌ها ناشی می‌شود و در سال‌های اخیر به توسعه این بخش ضربه زده است. در ادامه به ذکر نکاتی در خصوص سرمایه‌گذاری در صنعت هیدروژن خواهیم پرداخت.

۱- قطعیت نداشتن سیاست‌ها، تورم هزینه‌ها و دشواری تأمین توافق‌نامه‌های رقابتی موانع رایجی است که سبب تأخیر در اجرای پروژه‌های هیدروژن کم‌کربن و تجدیدپذیر شده است.

طبق داده‌های مؤسسه «پلاتس»، اقلیت کوچکی حدود ۷ درصد از پروژه‌های اعلام‌شده جهانی هیدروژن پاک به مرحله تصمیم نهایی سرمایه‌گذاری رسیده است. به گفته تحلیلگران این مؤسسه، هزینه‌های الکترولیز از سال ۲۰۲۱ تاکنون بین ۲۰ تا ۴۵ درصد افزایش یافته است، در حالیکه انتظار می‌رفت این هزینه‌ها به واسطه توسعه فناوری‌ها تا سال ۲۰۳۰ بین ۱۵ تا ۳۰ درصد کاهش یابد. «آژانس بین‌المللی انرژی» اعلام کرد که بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها در سال جاری از سوی مصرف‌کنندگان فعلی هیدروژن در بخش‌های پالایش و مواد شیمیایی و نه صنایع جدید با ریسک بالاتر برای هیدروژن مانند حمل‌ونقل انجام می‌شود.

۲- چین با ۴۰ درصد از سرمایه‌گذاری جهانی الکترولیز بیشترین سهم را به خود اختصاص داده، در حالیکه سهم اروپا کمتر از یک‌سوم و سهم ایالات متحده حدود ۱۵ درصد است. انتظار می‌رود یک کارخانه هیدروژن سبز با ظرفیت سالانه ۳۲ هزار تن در سال ۲۰۲۴ برای تولید آمونیاک در چین آغاز به کار کند. علاوه بر این، بیش از ۲۰ پروژه با ظرفیت کل ۶,۹ گیگاوات تا سال ۲۰۲۶ به بهره‌برداری خواهند رسید. همچنین شرکت پرتغالی «گالپ انرژی» در اروپا ۲۷۰ میلیون دلار در پروژه الکترولیزکننده ۱۰۰ مگاواتی خود با نام Sines (با ظرفیت تولید سالانه ۱۵ هزار تن هیدروژن) سرمایه‌گذاری می‌کند، همچنین ۷ میلیارد دلار در کارخانه ۷۰۰ مگاواتی فولاد سبز در سوئد سرمایه‌گذاری انجام خواهد شد.

۳- اعطاء اعتبارات مالیاتی تحت قانون کاهش تورم در ایالات متحده سرمایه‌گذاری سبز را تقویت کرده و اکنون تعدادی پروژه توسعه هیدروژن در مقیاس بزرگ در حال اجرا است. «آژانس بین‌المللی انرژی» در گزارش خود اشاره کرده که برای نمونه شرکت «فورتسکیو» در حال توسعه یک کارخانه تولید هیدروژن مایع با ظرفیت سالانه ۱۱ هزار تن در آریزونا است که سال ۲۰۲۶ آغاز به کار خواهد کرد. طبق داده‌های «پلاتس»، هزینه‌های تولید هیدروژن در ایالات متحده از طریق الکترولیز قلیایی، مبتنی بر شبکه کمترین قیمت در سطح جهان است. متوسط قیمت آن در آوریل ۲۰۲۴ در ساحل خلیج مکزیک ۲۰۶۰ دلار به ازای هر کیلوگرم بود.

۴- «آژانس بین‌المللی انرژی» اعلام کرد اگر تصمیم‌های سرمایه‌گذاری نهایی برنامه‌ریزی شده در سال جاری اتخاذ شود، سرمایه‌گذاری در بخش جذب، استفاده و ذخیره‌سازی کربن

می‌تواند تا سال ۲۰۲۵، ۱۰ برابر شود و به ۲۶ میلیارد دلار افزایش یابد. این آژانس گفت که بیش از ۱۱۰ تأسیسات جذب و پروژه‌های حمل و ذخیره‌سازی کربن ممکن است در سال ۲۰۲۴ به مرحله تصمیم نهایی سرمایه‌گذاری برسد. در سال گذشته میلادی، ۲۰ پروژه در مقیاس تجاری در این حوزه به مرحله تصمیم نهایی سرمایه‌گذاری رسیده بود. طبق پروژه‌های برنامه‌ریزی‌شده، تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت سالانه تأسیسات جذب دی‌اکسیدکربن جهان به ۴۳۰ میلیون تن و ظرفیت ذخیره‌سازی به ۶۲۰ میلیون تن خواهد رسید. با این حال، «آژانس بین‌المللی انرژی» اعلام کرد هنوز این سؤال بدون جواب وجود دارد که آیا تمام پروژه‌های برنامه‌ریزی‌شده تا سال ۲۰۳۰ محقق می‌شوند یا خیر.

۵- شرکت‌های نفت و گاز پیشرو توسعه پروژه‌های جذب، استفاده و ذخیره‌سازی کربن (CCUS) در جهان هستند. «شرکت ملی نفت ابوظبی» در سپتامبر ۲۰۲۳ یک پروژه با ظرفیت جذب سالانه یک میلیون و ۵۰۰ هزار تن را در مرحله تصمیم‌گیری نهایی سرمایه‌گذاری قرار داده است. «آژانس بین‌المللی انرژی» همچنین در گزارش خود با اشاره به پیشرفت‌ها در بسیاری از پروژه‌های فناوری جذب مستقیم کربن از هوا (DAC) اعلام کرده است که سرمایه‌گذاری سالانه در این فناوری بیش از دو برابر شده و در سال ۲۰۲۴ به ۶۶۰ میلیون دلار خواهد رسید. بزرگ‌ترین کارخانه جذب مستقیم کربن از هوا در جهان، تأسیسات «ماموت» در شرکت «کلایم ورکس» طی ماه مه در ایسلند با ظرفیت جذب سالانه ۳۶ هزار تن وارد عملیات بهره‌برداری شد، همچنین پروژه «استراتوس» با ظرفیت سالانه ۵۰۰ هزار تن در تگزاس، با هزینه یک میلیارد و ۳۰۰ هزار دلار، طبق برنامه در اواسط سال ۲۰۲۵ عملیات خود را آغاز خواهد کرد. یک شرکت سوئسی فناوری تازه‌ای را برای جذب مستقیم کربن از هوا (DAC) توسعه داده است که با نصف هزینه، می‌تواند دو برابر بیشتر کربن جذب و ذخیره کند. با استفاده از فناوری جدید هزینه‌های کل فرایند حذف مستقیم کربن از هوا به ۴۰۰ تا ۶۰۰ دلار در هر تن تا سال ۲۰۳۰ کاهش خواهد یافت. این فناوری نسل سوم به‌صورت تجاری در تأسیسات مجموعه پروژه «سایپرس» در لوئیزیانا، ایالات متحده، استفاده خواهد شد و ساخت آن قرار است در سال ۲۰۲۶ آغاز شود.

۶- فناوری‌های جذب مستقیم، دی‌اکسیدکربن را به‌طور مستقیم از جو استخراج می‌کنند. دی‌اکسیدکربن جذب شده را می‌توان به‌طور دائم در سازندهای عمیق زمین‌شناسی ذخیره کرد و در نتیجه به حذف دی‌اکسیدکربن دست یافت. این فناوری که هنوز در مرحله

ابتدایی است، حوزه رشد کلیدی برای بازار حذف کربن خواهد بود؛ زیرا این پروژه‌ها می‌توانند میلیون‌ها اعتبار کربن باکیفیت و قیمت بالا ایجاد کنند. شرکت «کلایم ورکس» اعلام کرد این فناوری در طول پنج سال گذشته توسعه‌یافته و تأیید شده است و برای نخستین بار در مقیاس صنعتی در ژوئن ۲۰۲۴ در مرکز آزمایشی جذب مستقیم از هوای این شرکت در بازل، سوئیس، پیاده‌سازی می‌شود. این شرکت اعلام کرد نسل سوم فناوری جذب مستقیم از هوا مبتنی بر مواد جاذب ساختاری نو است که در مکعب‌های مدولار قرار گرفته است و این روش ظرفیت جذب دی‌اکسیدکربن را دو برابر می‌کند، مصرف انرژی را به نصف کاهش، طول عمر مواد را افزایش و هزینه‌ها را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. این فناوری با هدف دستیابی به هزینه‌های ۲۵۰ تا ۳۵۰ دلار در هر تن دی‌اکسیدکربن جذب شده و هزینه‌های کل فرایند حذف خالص دی‌اکسیدکربن بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ دلار به ازای هر تن تا سال ۲۰۳۰ است که از کاهش هزینه کل جذب مستقیم کربن از هوا تا ۵۰ درصد حکایت دارد.

۷- تقریباً ۳۰ کارخانه جذب مستقیم کربن از هوا در جهان راه‌اندازی شده است، اما بیشتر این تأسیسات در مراحل اولیه توسعه تجاری قرار دارند. بسیاری از منتقدان می‌گویند این فناوری هنوز به ارائه در مقیاس نیمه‌صنعتی نیاز دارد و بسیار گران است، اما طرفداران آن ماندگاری، انعطاف‌پذیری مکانی و سهولت نظارت را ویژگی‌های جذاب آن می‌دانند. مؤسسه «پلاتس»، قیمت اعتبار کربن تولیدشده از رقابتی‌ترین اعتبار کربن مبتنی بر فناوری را ارزیابی می‌کند که فناوری جذب مستقیم کربن از هوا، گران‌ترین آن‌ها است. این مؤسسه قیمت اعتبارات ایجادشده توسط پروژه‌های جذب کربن مبتنی بر فناوری تجارت در بازار داوطلبانه کربن برای سال ۲۰۲۴ را ۱۲۰ دلار برای هر تن معادل دی‌اکسیدکربن در ۴ ژوئن ۲۰۲۴ ارزیابی کرد، اما داده‌های «پلاتس» نشان می‌دهد اعتبار کربن پروژه‌های جذب مستقیم کربن از هوا بسیار بالا بوده و در محدوده ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار در هر تن معادل دی‌اکسیدکربن، بسته به فناوری و مقیاس تولید، تخمین زده می‌شود.