

CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU ĐÁ PHIÊN

Số 3/2015

CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA

Địa chỉ: 24, Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội. Tel: (04)38262718, Fax: (04)39349127
Ban biên tập: TS. Lê Xuân Định (*Trưởng ban*), KS. Nguyễn Mạnh Quân,
ThS. Đặng Bảo Hà, ThS. Phùng Anh Tiến.

Mục lục

GIỚI THIỆU	1
I. TỔNG QUAN CHUNG	2
1.1. Đá phiến dầu: Thành phần, tính chất và phân loại	2
1.1.1. Xác định loại đá phiến dầu	2
1.1.2. Thành phần và tính chất.....	3
1.1.3. Phân loại đá phiến dầu	5
1.2. Trữ lượng đá phiến dầu	7
1.3. Lịch sử ngành công nghiệp đá phiến dầu	9
1.4. Các thách thức môi trường	11
1.4.1. Tác động đến chất lượng không khí	12
1.4.2. Tác động đến chất lượng nước	14
1.4.3. Tác động đến chất lượng đất	15
1.5. Các thách thức kinh tế và xã hội	16
1.6. Lợi ích kinh tế-xã hội và hiệu quả từ đầu tư	16
1.6.1. Lợi ích kinh tế-xã hội	16
1.6.2. Hiệu quả từ đầu tư	17
II. XỬ LÝ VÀ KHAI THÁC ĐÁ PHIẾN DẦU	17
2.1. Xử lý đá phiến dầu	17
2.1.1. Xử lý ngoài hiện trường (<i>Ex-in Situ</i>).....	17
2.1.2. Xử lý tại hiện trường thuần túy (<i>True In Situ-TIS</i>)	18
2.1.3. Xử lý tại hiện trường cải tiến (<i>Modified In-situ</i>).....	19
2.2. Khai thác đá phiến dầu	19
2.2.1. Khai thác lộ thiên	20
2.2.2. Khai thác hầm lò (<i>dưới lòng đất</i>).....	22
2.2.3. Công nghệ nứt vỡ thủy lực	24
III. CHUNG CÁT DẦU ĐÁ PHIẾN	27
3.1. Chung cất tại hiện trường thuần túy	28
3.2. Chung cất tại hiện trường cải tiến	29
3.3. Chung cất trên mặt đất	30
3.3.1. Chung cất tầng đá phiến	30
3.3.2. Chung cất hạt đá phiến dầu	33
KẾT LUẬN	39
TÀI LIỆU THAM KHẢO	40

GIỚI THIỆU

Đá phiến dầu là một loại đá trầm tích hạt mịn giàu chất hữu cơ (thường được gọi là kerogen) có thể chiết tách một lượng lớn dầu và khí đốt khi chưng cất phá hủy. Phần lớn chất hữu cơ không hòa tan trong các dung môi hữu cơ thông thường; do đó, đá phiến phải được phân hủy bằng nhiệt để giải phóng các chất đó. Hầu hết các định nghĩa đá phiến dầu đều đề cập đến tiềm năng thu hồi năng lượng của loại đá này, bao gồm cả dầu đá phiến, khí đốt và một số sản phẩm phụ. Một mỏ đá phiến dầu có tiềm năng kinh tế nói chung là một mỏ nằm tại hoặc đủ gần bề mặt để có thể khai thác bằng phương pháp lộ thiên hoặc hầm lò thông thường hoặc bằng các phương pháp tại hiện trường.

Các mỏ đá phiến dầu được tìm thấy ở nhiều nơi trên thế giới. Chúng có niên đại từ Kỷ Cambri đến Kỷ Đệ tam và được hình thành trong các môi trường trầm tích biển, đất và hồ. Các mỏ lớn nhất được biết là ở Green River, miền Tây Hoa Kỳ, với tiềm năng sản xuất khoảng 1,5 nghìn tỷ thùng ($1,5 \times 10^{12}$ bbl) dầu đá phiến.

Trữ lượng mỏ đá phiến dầu ở các quốc gia có tiềm năng sản xuất 2,8 nghìn tỷ thùng ($2,8 \times 10^{12}$ bbl) dầu đá phiến. Những con số này là rất dè dặt vì (1) một số mỏ chưa được khảo sát một cách đầy đủ để đánh giá trữ lượng chính xác và (2) một số mỏ nhỏ hơn không được tổng hợp vào dữ liệu này.

Các tính chất của dầu đá phiến thay đổi theo nguồn gốc và quá trình mà nó được sản xuất. Vì vậy, dầu đá phiến có thể là một nguyên liệu khó xử lý. Với số lượng khác nhau các nguyên tử khác loại (nitơ, oxy, lưu huỳnh và kim loại) đưa đến một số khó khăn mà các nhà máy lọc dầu sử dụng dầu đá phiến như một phân nguyên liệu đầu vào. Ngoài ra, sự không tương thích của dầu đá phiến với nguyên liệu dầu khí điển hình cũng có thể là một vấn đề.

Tuy nhiên, tùy thuộc vào bản chất của các kỹ thuật được áp dụng, dầu đá phiến có thể là một nguồn nguyên liệu cho các nhà máy lọc dầu có chất lượng cao, có thể so sánh và tương thích với các loại dầu thô thông thường tốt nhất. Trong thực tế, dầu đá phiến được một số cơ quan khoa học và kỹ thuật xem là một nguồn nhiên liệu phân lực, nhiên liệu diesel và nhiên liệu dầu tốt hơn xăng. Mặc dù một số câu hỏi về kỹ thuật vẫn chưa được giải đáp, các quy trình đã được nâng cấp và cải tiến để sản xuất ra các sản phẩm có chất lượng cao.

Tổng luận này đề cập đến việc sản xuất dầu đá phiến từ đá phiến dầu và chuyển tải đến bạn đọc những khía cạnh khác nhau của sản xuất dầu đá phiến, với các chương đề cập đến (1) thành phần, tính chất, phân loại, trữ lượng đá phiến dầu; các thách thức đối với kinh tế-xã hội, môi trường, lợi ích kinh tế và hiệu quả từ đầu tư của ngành công nghiệp đá phiến dầu, (2) xử lý và khai thác đá phiến dầu, (3) chưng cất đá phiến dầu.

Xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc.

I. TỔNG QUAN CHUNG

1.1. Đá phiến dầu: Thành phần, tính chất và phân loại

Thuật ngữ đá phiến dầu thường dùng để chỉ bất kỳ loại đá trầm tích nào có chứa vật liệu bitum rắn (được gọi là kerogen) được giải phóng dưới dạng chất lỏng giống dầu mỏ khi đá được nung nóng trong quá trình nhiệt phân hóa học. Đá phiến dầu được hình thành từ hàng triệu năm trước do sự lắng đọng phù sa và mảnh vụn hữu cơ trong lòng hồ và đáy biển.

Trải qua thời gian dài, nhiệt độ và áp suất đã biến đổi các vật liệu này thành đá phiến dầu theo một quá trình tương tự như quá trình hình thành dầu mỏ tuy nhiệt độ và áp suất không lớn bằng. Đá phiến dầu thường chứa đủ dầu để cháy mà không cần xử lý thêm và do vậy nó được gọi là “đá cháy”.

Đá phiến dầu có thể khai thác và xử lý để tạo ra dầu giống như dầu được bơm từ giếng dầu thông thường; tuy nhiên, việc chiết xuất dầu từ đá phiến dầu phức tạp hơn so với khai thác dầu thông thường và chi phí hiện cao hơn. Dầu trong đá phiến dầu ở thể rắn và không thể bơm trực tiếp lên mặt đất. Đá phiến dầu trước tiên phải được khai thác rồi sau đó được nung đến nhiệt độ cao - một quá trình được gọi là chưng cất; chất lỏng thu được sau đó phải được tách và thu hồi.

1.1.1. Xác định loại đá phiến dầu

Các loại đá phiến dầu được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau với các kết quả được thể hiện theo các đơn vị khác nhau. Nhiệt trị của đá phiến dầu có thể được xác định bằng cách sử dụng dụng cụ đo nhiệt lượng. Các giá trị thu được bằng phương pháp này được thể hiện theo các đơn vị Anh hay mét, chẳng hạn như các đơn vị nhiệt Anh (Btu) cho mỗi pound đá phiến dầu, calo trên mỗi gram đá (cal/gm), kilocalo trên mỗi kilogram đá (kcal/kg), megajun trên mỗi kilogram đá (MJ/kg) và các đơn vị khác. Nhiệt trị có tác dụng xác định chất lượng của đá phiến dầu được đốt cháy trực tiếp trong một nhà máy điện để sản xuất điện. Mặc dù nhiệt trị của một loại đá phiến dầu là một đặc tính hữu ích và cơ bản của đá, nhưng nó không cung cấp thông tin về số lượng dầu đá phiến hay khí đốt có thể thu được từ chưng cất (chưng cất phá hủy).

Các loại đá phiến dầu còn có thể được xác định bằng cách đo sản lượng dầu của một mẫu đá phiến trong một bình chưng cất trong phòng thí nghiệm. Đây có lẽ là loại phân tích phổ biến nhất hiện đang được sử dụng để đánh giá trữ lượng đá phiến dầu. Phương pháp thường được sử dụng tại Hoa Kỳ được gọi là phương pháp “thí nghiệm Fischer sửa đổi” được phát triển đầu tiên ở Đức, sau đó được Cục Khai thác mỏ của Hoa Kỳ phát triển cho phù hợp để phân tích đá phiến dầu ở hệ tầng Green River, miền Tây Hoa Kỳ. Kỹ thuật này sau đó đã được tiêu chuẩn hóa thành Phương pháp D-3904-80 (1984) của Hiệp hội Kiểm nghiệm và Vật liệu Hoa Kỳ. Một số phòng thí nghiệm đã tiếp tục sửa đổi phương pháp thí nghiệm Fischer để có thể đánh giá tốt hơn các loại đá phiến dầu và các phương pháp xử lý đá phiến dầu khác nhau.

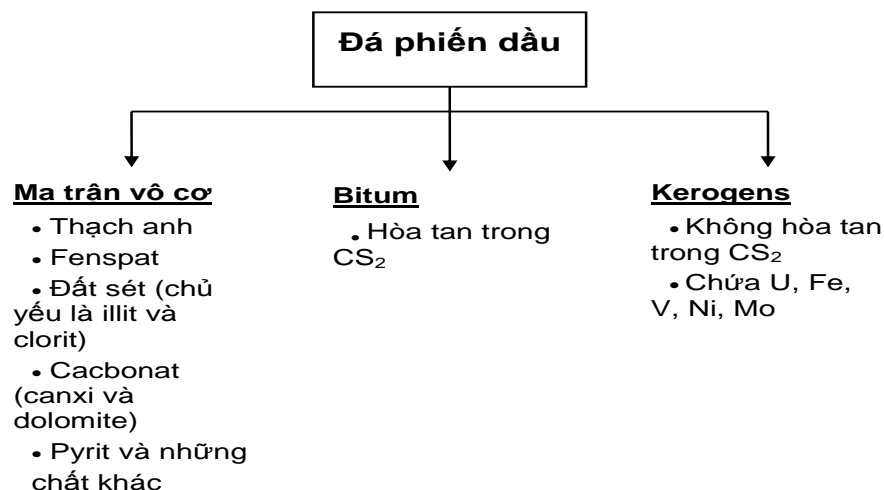
Phương pháp thí nghiệm Fischer được tiêu chuẩn hóa được sử dụng để xác định lượng sinh dầu từ đá phiến. Cho 100 gram mẫu đá phiến dầu nghiền đến kích thước hạt <2,38 mm vào một bình chưng cất cổ cong bằng nhôm nung đến nhiệt độ 500°C với tốc độ tăng nhiệt độ 12°C/phút và giữ ở nhiệt độ trên trong khoảng thời gian 40 phút. Hơi dầu, khí và hơi nước từ quá trình chưng cất được đưa qua một bình ngưng tụ và được làm lạnh bằng nước đá trong một ống nghiệm ly tâm. Dầu sinh ra từ các quá trình công nghệ khác thường được tính theo tỷ lệ so với dầu sinh ra trong thí nghiệm này.

Phương pháp thí nghiệm Fischer không xác định tổng năng lượng có trong đá phiến dầu. Khi đá phiến dầu được chưng cất, chất hữu cơ phân hủy thành dầu, khí đốt và than cacbon còn lại trong đá phiến sau chưng cất. Số lượng các loại khí - chủ yếu là hydrocacbon, hydro và cacbon dioxit - thường không được xác định nhưng được báo cáo chung là “*khí thất thoát*”, là sự chênh lệch của 100% trọng lượng trừ đi tổng trọng lượng của dầu, nước và đá phiến đã chưng cất. Một số đá phiến dầu có thể có tiềm năng năng lượng lớn hơn so với sử dụng phương pháp thí nghiệm Fischer, tùy thuộc vào các thành phần của “*khí thất thoát*” này.

Sẽ rất hữu ích nếu phát triển được một phương pháp thí nghiệm đơn giản và đáng tin cậy để xác định tiềm năng năng lượng của đá phiến dầu, bao gồm tổng năng lượng nhiệt và lượng dầu, nước, khí đốt bao gồm hydro và than trong dư lượng mẫu.

1.1.2. Thành phần và tính chất

Về mặt thạch học, đá phiến dầu bao gồm một phạm vi rộng các loại đá, từ đá phiến đến macnơ và cacbonat, tạo thành một hỗn hợp các chất hữu cơ và vô cơ có kết cấu chặt chẽ. Thành phần chung của đá phiến dầu được trình bày trong Hình 1.1. Tính chất và mức độ của chất vô cơ phụ thuộc chủ yếu vào các điều kiện trầm tích và các đặc tính của đá mẹ. Ví dụ, đá phiến chuẩn (true shale) chứa chủ yếu khoáng sét trong khi đá phiến ở vùng Green River (Hoa Kỳ) chứa chủ yếu là cacbonat, thạch anh, fenspat và illit.



Hình 1.1. Thành phần chung của đá phiến dầu

Nguồn: Yen, T. F., Introduction to Oil Shales, Amsterdam, Elsevier

Kerogen được suy đoán là có nguồn gốc từ quá trình hình thành dầu mỏ từ các chất hữu cơ trầm tích. Mặc dù điều này có thể đúng nhưng suy luận kerogen là một tiền chất của dầu mỏ chưa được chứng minh một cách thuyết phục và lý thuyết cho rằng giai đoạn đầu tiên trong chuyển đổi chất hữu cơ thành dầu mỏ chỉ là suy đoán.

Đá phiến dầu thường là đá trầm tích hạt mịn có chứa lượng tương đối lớn chất hữu cơ (kerogen) từ đó có thể chiết xuất một lượng đáng kể dầu đá phiến và khí đốt bằng phương pháp phân hủy nhiệt với sản phẩm chung cất tiếp theo từ khu vực phản ứng. Tuy nhiên, đá phiến dầu không chứa bất kỳ loại dầu nào - dầu phải được sản xuất thông qua một quy trình trong đó kerogen được phân hủy nhiệt (nứt vỡ) để sản xuất ra các sản phẩm dạng lỏng (dầu đá phiến). Vì vậy, mọi ước tính trữ lượng dầu đá phiến chỉ có thể là suy đoán, dựa trên các ước tính từ việc áp dụng phương pháp thí nghiệm Fischer (thường) cho các mẫu không đại diện được lấy từ một mỏ đá phiến dầu. Dữ liệu từ thí nghiệm này (về sản lượng dầu theo gallon/tấn) không được coi là trữ lượng đã được chứng minh.

Tỷ lệ hydro/cacbon tương đối cao (1,6) là một yếu tố quan trọng phản ánh sản lượng nhiên liệu chất lượng cao. Tuy nhiên, hàm lượng nitơ tương đối cao (1-3% trọng lượng-w/w) là một vấn đề lớn trong sản xuất nhiên liệu ổn định (dầu mỏ thường chứa dưới 0,5% nitơ), cũng như sinh ra các oxit nitơ có hại với môi trường trong quá trình cháy.

Tại Hoa Kỳ, có hai loại đá phiến dầu chủ yếu: Đá phiến từ hệ tầng Green River ở Colorado, Utah, Wyoming và đá phiến đen Devon-Mississippi ở miền Đông và Trung Tây (*Bảng 1.1*). Đá phiến ở Green River có trữ lượng dầu nhiều hơn đáng kể, tồn tại trong các vỉa dày hơn và đã nhận được sự quan tâm lớn nhất cho sản xuất nhiên liệu tổng hợp.

Bảng 1.1. Tỷ lệ thành phần (%w/w) chất hữu cơ trong đá phiến ở Hoa Kỳ

Thành phần (% w/w)	Vùng Green River, Mahogany	Vùng New Albany
Cacbon	80,5	82,0
Hydro	10,3	7,4
Nitơ	2,4	2,3
Lưu huỳnh	1,0	2,0
Oxy	5,8	6,3
Tổng cộng	100,0	100,0
Tỷ lệ nguyên tử H/C	1,54	1,08

Source: Baughman (1978).

Khoáng chất này (đá phiến) gồm silicat hạt mịn và các khoáng chất cacbonate. Tỷ lệ kerogen/đá phiến cho các loại đá phiến dầu thương mại thường trong khoảng 0,75: 5 đến 1,5:5 - so sánh với than, tỷ lệ chất hữu cơ/khoáng chất trong than thường lớn hơn 4,75:5.

Tính chất chung của hai loại đá phiến dầu này là sự hiện diện của kerogen vốn khó xác định. Thành phần hóa học của kerogen là chủ đề của nhiều nghiên cứu nhưng các dữ liệu thể hiện bản chất thật sự của kerogen chỉ mang tính suy đoán. Tuy nhiên, căn cứ vào khả

năng hòa tan/không tan trong các dung môi khác nhau, đó là một tiền đề hợp lý (sự khác biệt vùng miền và địa phương trong hệ thực vật là tiền thân cho kerogen) đã dẫn đến những khác biệt trong thành phần và tính chất của kerogen. Kerogen từ các mẫu đá phiến khác nhau sẽ có thành phần và tính chất khác nhau - tương tự như sự khác nhau về chất lượng, thành phần và tính chất của dầu mỏ từ các mỏ khác nhau.

Chất hữu cơ trong đá phiến dầu được cấu tạo chủ yếu từ cacbon, hydro và oxy cùng với số lượng nhỏ hơn lưu huỳnh và nitơ. Do trọng lượng phân tử cao và bản chất phức tạp của phân tử, kerogen trong đá phiến dầu gần như không tan trong các dung môi hữu cơ thông thường và các dung môi dựa vào dầu mỏ (chẳng hạn như cacbon disulfide). Một phần chất hữu cơ trong đá phiến dầu hòa tan gọi là bitum. Bitum, hòa tan, được phân tán khắp mạng kerogen, mặc dù ngay cả trong đá phiến được nghiền mịn, rất ít bitum có thể tiếp cận được với dung môi. Kết quả là, chỉ một phần nhỏ vật liệu hydrocacbon trong đá phiến dầu có thể lấy ra bằng các kỹ thuật chiết xuất dung môi thông thường.

Chất hữu cơ kukersite được coi là hoàn toàn có nguồn gốc từ biển và bao gồm hầu như toàn bộ những tích tụ của động thực vật (telalginit) có nguồn gốc từ một quần thể vi sinh vật gọi là G. Prisca. So với các loại đá khác có chứa telalginit, kukersite có tỷ lệ nguyên tử hydro/cacbon thấp ($H/C = 1,48$) và tỷ lệ nguyên tử oxy/cacbon cao ($O/C = 0,14$).

Các thành phần chính của kerogen này là các gốc phenol với chuỗi bên alkyl thẳng. Mặc dù các gốc phenol chiếm ưu thế, kukersite dường như là một kerogen rất béo do sự hiện diện của các chuỗi alkyl thẳng dài liên quan. Sự hình thành của kerogen kukersite được cho là đã xảy ra thông qua quá trình bảo tồn chọn lọc và các gốc phenolic tương ứng với các cấu trúc cơ bản quan trọng của vật liệu cao phân tử có sức chống chịu. Các phương pháp chiết xuất khác nhau sẽ thu được bitum từ kukersite vào khoảng 1-3% trọng lượng.

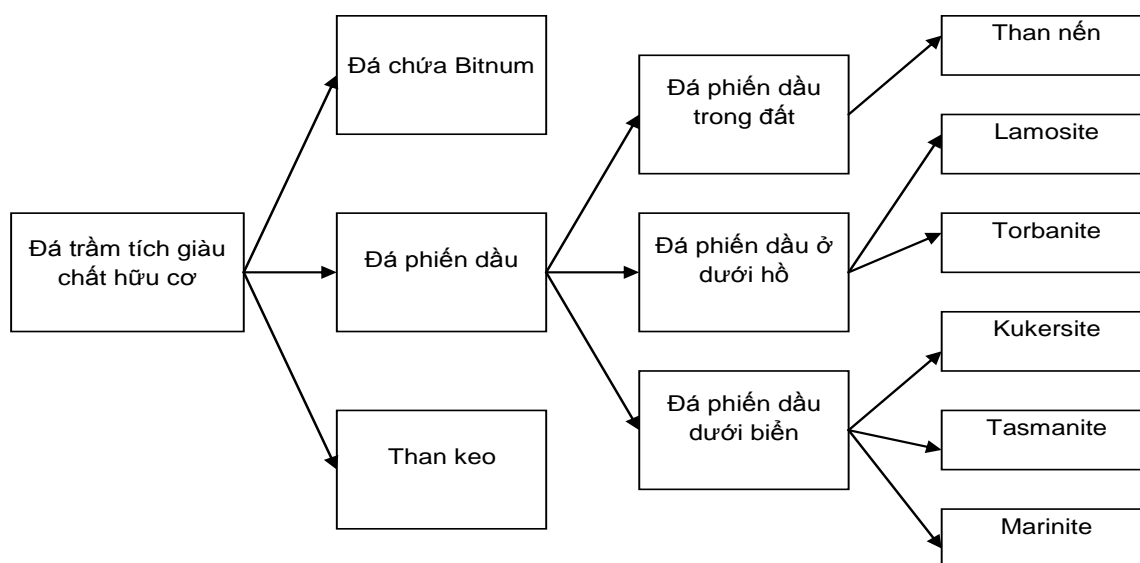
Sản lượng dầu và khí đốt trong các điều kiện chưng cất chậm không giống như phương pháp thí nghiệm Fischer. Các thành phần khí đốt được chưng cất chậm ở áp suất thấp cho thấy hàm lượng năng lượng của khí có thể lớn hơn 70% so với phương pháp đạt được bởi thí nghiệm Fischer. Sự gia tăng này có ít nhất ba nguồn không chắc chắn: (1) khả năng rò rỉ trong hệ thống thu gom khí với tốc độ tăng nhiệt thấp nhất khi áp suất cao, (2) khó khăn trong thu hồi hydrocacbon nhẹ tan trong dầu ở áp suất cao và (3) khả năng cracking dầu ở các áp suất địa chất cao hơn trong pha lỏng ít hơn trong lò phản ứng tự làm sạch, đòi hỏi sự bay hơi. Tuy nhiên, có khả năng là sản lượng khí đốt sẽ cao hơn đối với metan do các phản ứng của luyện cốc dầu, là lý do chính cho sự gia tăng 70%, do đó có khả năng chưng cất chậm sẽ tạo ra khí có hàm lượng nhiệt tốt.

Cuối cùng, tổng nhiệt trị của đá phiến dầu trên cơ sở trọng lượng khô nằm trong khoảng từ 500-4000 kcal/kg đá. Đá phiến dầu kukersite cao cấp của Estonia, được dùng để cung cấp nhiên liệu cho nhiều nhà máy điện, có nhiệt trị khoảng 2.000-2.200 kcal/kg. Để so sánh, nhiệt trị của than non nằm trong khoảng 3.500-4.600 kcal/kg trong trạng thái khô và không lẫn khoáng chất.

1.1.3. Phân loại đá phiến dầu

Qua thời gian, đá phiến dầu được gọi theo nhiều tên khác nhau, chẳng hạn như than nén, đá bitum, đá phiến phèn, stellarite, albertite, đá phiến kerosene, bituminite, than khí, than tảo, wollongite, schistes bitumineux, torbanite và kukersitee. Một số tên này vẫn còn được sử dụng cho một số loại đá phiến dầu. Tuy nhiên, gần đây đã có những nỗ lực phân loại một cách hệ thống nhiều loại đá phiến dầu khác nhau trên cơ sở môi trường trầm tích của mỏ, đặc tính thạch học của chất hữu cơ và các sinh vật tiền thân tạo nên chất hữu cơ. A.C. Hutton (1987, 1988, 1991), người đi tiên phong trong việc sử dụng kính hiển vi ánh sáng xanh/cực tím trong nghiên cứu các mỏ đá phiến dầu ở Ôxtrâyliia. Sửa đổi các thuật ngữ thạch học cho phù hợp từ thuật ngữ than, Hutton đã phát triển một bảng phân loại đá phiến dầu chủ yếu dựa vào nguồn gốc của chất hữu cơ. Phân loại của ông đã tỏ ra hữu ích cho so sánh các loại chất hữu cơ khác nhau trong đá phiến dầu với các chất hóa học của các hydrocarbon có nguồn gốc từ đá phiến dầu.

Hutton (1991) đã xem đá phiến dầu là một trong ba nhóm lớn của các loại đá trầm tích giàu hữu cơ: (1) than keo và đá phiến chứa cacbon, (2) đá chứa bitum và (3) đá phiến dầu. Sau đó ông chia đá phiến dầu thành ba nhóm dựa trên môi trường lắng đọng của chúng trong đất, hồ và biển (Hình 1.2).



Hình 1.2. Phân loại đá phiến dầu, Hutton (1987)
 Nguồn: National Oil Shale Association (NOSA) (2013)

Đá phiến dầu trong đất bao gồm các chất hữu cơ giàu lipit như bào tử nhựa, lớp biểu bì sấp, mô rễ và thân cây trên mặt đất, thường thấy trong các đầm lầy hình thành than. Đá phiến dầu ở hồ bao gồm các chất hữu cơ giàu lipit có nguồn gốc từ tảo sống trong các hồ nước ngọt, nước lợ hoặc nước muối. Đá phiến dầu ở biển được tạo thành từ các chất hữu cơ giàu lipit có nguồn gốc từ acritarch (sinh vật đơn bào chưa rõ nguồn gốc) và các loài tảo biển.

Trong 3 nhóm đá phiến dầu (dưới đất, dưới hồ, dưới biển), Hutton (1991) đã nhận diện 6 loại đá phiến dầu đặc thù là: than nâu, lamosite, marinite, torbanite, tasmanite, và kukersitee. Các mỏ đá phiến dầu lớn nhất và nhiều nhất là marinite (dưới biển) và lamosite (dưới hồ).

Than nâu là đá phiến dầu có màu từ nâu sang đen gồm các loại nhựa, bào tử, sáp và vật liệu có nguồn gốc thực vật có mao mạch trên mặt đất cùng với các loại vitrinite và inertinite khác nhau. Than nâu có nguồn gốc từ các ao hồ thiếu oxy hay hồ nước nông trong các đầm lầy hình thành than bùn và đầm lầy.

Lamosite là đá phiến dầu màu nâu nhạt, xám và xám đậm đến màu đen trong đó thành phần hữu cơ chính là lamalginite có nguồn gốc từ tảo phù du trong hồ. Các thành phần phụ khác trong lamosite gồm vitrinite, inertinite, telalginite và bitum.

Marinite là đá phiến dầu ở biển có màu từ xám đến xám đen và đen với các thành phần hữu cơ chính là lamalginite và bituminite có nguồn gốc chủ yếu từ thực vật phù du biển. Marinite cũng có thể chứa một lượng nhỏ bitum, telalginite và vitrinite. Marinite tập trung chủ yếu trong các vùng biển ven lục địa như bờ biển nông, rộng hoặc biển trong lục địa, nơi ít chịu tác động của sóng và dòng chảy.

Torbanite, tasmanite và kukersitee liên quan đến các loại tảo tạo thành các chất hữu cơ của chúng; các tên này được dựa trên đặc điểm địa lý địa phương. Torbanite, đặt theo tên Torbane Hill ở Scotland, là đá phiến dầu đen có chất hữu cơ được cấu tạo chủ yếu là telalginite có nguồn gốc từ Botryococcus và các dạng tảo liên quan giàu lipit có trong các hồ từ nước ngọt đến nước lợ. Nó cũng chứa một lượng nhỏ vitrinite và inertinite. Các mỏ thường nhỏ, nhưng chất lượng có thể đặc biệt cao. Tasmanite, được đặt tên từ mỏ dầu đá phiến ở Tasmania, là đá phiến dầu màu từ nâu sang đen. Chất hữu cơ bao gồm telalginite có nguồn gốc chủ yếu từ tảo đơn bào tasmanitid và số lượng ít vitrinite, lamalginite và inertinite. Kukersite, được đặt tên từ Kukruse Manor gần thị trấn Kohtla-Järve, Estonia, là đá phiến dầu biển màu nâu sáng. Thành phần hữu cơ chủ yếu của nó là telalginite có nguồn gốc từ loại tảo xanh, Gloeocapsomorpha Prisca.

Các sản phẩm phụ có thể bổ sung giá trị đáng kể cho một số mỏ đá phiến dầu. Uranium, vanadi, kẽm, nhôm, phosphate, khoáng chất sodium carbonate, ammonium sulfate và lưu huỳnh là một số sản phẩm phụ tiềm năng. Đá phiến sau khi chưng cất được sử dụng để sản xuất xi măng, đặc biệt là ở Đức và Trung Quốc. Nhiệt năng thu được từ quá trình đốt cháy chất hữu cơ trong đá phiến dầu có thể được sử dụng trong quá trình sản xuất xi măng. Các sản phẩm khác có thể được làm từ đá phiến dầu bao gồm sợi cacbon đặc biệt, cacbon hấp thụ, cacbon đen, gạch xây dựng và trang trí, phụ gia đất, phân bón, vật liệu cách điện và thủy tinh. Hầu hết các ứng dụng vẫn còn nhỏ hoặc trong giai đoạn thử nghiệm, nhưng có tiềm năng kinh tế lớn.

1.2. Trữ lượng đá phiến dầu

Đá phiến dầu được phân bố rộng rãi trên toàn thế giới với nhiều mỏ được biết đến ở khắp các châu lục. Đá phiến dầu có niên đại từ Kỷ Cambri đến Kỷ Đệ Tam xuất hiện ở nhiều nơi

trên thế giới (Bảng 1.2).

Bảng 1.2. Ước tính trữ lượng đá phiến dầu (triệu tấn)

Khu vực	Trữ lượng đá phiến	Trữ lượng Kerogen	Kerogen tại hiện trường
Châu Phi	12.373	500	5.900
Châu Á	20.570	1.100	-
Châu Úc	32.400	1.700	37.000
Châu Âu	54.180	600	12.000
Trung Đông	35.360	4.600	24.000
Bắc Mỹ	3.340.000	80.000	140.000
Nam Mỹ	-	400	10.000

Nguồn: World Energy Council, WEC Survey of Energy Resources

Đối với các mỏ đá phiến dầu địa phương (Hoa Kỳ), các mỏ xuất hiện ở miền Tây Hoa Kỳ có thành phần hóa học và lịch sử địa chất khác với các mỏ ở miền Đông Hoa Kỳ. Ngoài ra, các mỏ đá phiến dầu được tìm thấy ở các quốc gia khác như Ôxtrâyliya, Brazil, Estonia, Trung Quốc, Nga, Scotland và Tây Ban Nha cũng khác về mặt hóa học và địa chất so với các mỏ ở Hoa Kỳ. Tuy nhiên, các quốc gia này trước đây từng có các ngành công nghiệp đá phiến dầu quy mô nhỏ và các cấp chính quyền và công ty tư nhân đã nhận ra tiềm năng của đá phiến dầu như là một nguồn nhiên liệu lỏng và tiếp tục những nỗ lực để xây dựng ngành công nghiệp đá phiến dầu hay đang xem xét nghiêm túc ý tưởng này.

Về mặt này, đá phiến dầu rất khác với dầu mỏ, vốn tập trung nhiều hơn ở một số vùng nhất định trên thế giới. Tùy thuộc vào nguồn dữ liệu và năm báo cáo, các số liệu thống kê có thể thay đổi. Trong thực tế, trước khi tiến hành đánh giá tài nguyên và trữ lượng của các quốc gia khác nhau, cần phải hiểu rằng tài nguyên tại hiện trường (in-place) và trữ lượng được chứng minh có nghĩa khác nhau rõ rệt.

Tài nguyên tại hiện trường liên quan đến dự trữ tiềm năng, trong khi trữ lượng được chứng minh chỉ ra sự tồn tại của các nguồn nhiên liệu hóa thạch có thể khai thác. Ví dụ, một mỏ đá phiến dầu có tiềm năng kinh tế thường là một mỏ trên hoặc gần mặt đất và do đó có thể được khai thác lộ thiên hoặc hầm lò thông thường hoặc bằng các phương pháp tại hiện trường.

Tiềm năng của nguồn tài nguyên đá phiến dầu trên thế giới là rất lớn, nhưng việc đánh giá chính xác, như dầu mỏ, là khó khăn vì các nguồn tài nguyên này được đánh giá theo nhiều cách khác nhau và sử dụng nhiều đơn vị phân tích khác nhau. Loại mỏ cũng được thể hiện khác nhau như gallon dầu đá phiến của Hoa Kỳ hay Anh trên mỗi tấn đá (gpt), lít dầu đá phiến trên mỗi tấn đá (l/t), thùng, tấn dầu đá phiến, kilocalo trên mỗi kilogram đá phiến dầu (kcal/kg), hay gigajun (GJ) trên một đơn vị trọng lượng đá phiến dầu. Hầu hết đá phiến dầu sản xuất dầu đá phiến dao động ở mật độ từ khoảng 0,85-0,97 theo phương pháp thí nghiệm Fischer sửa đổi. Trong trường hợp không rõ mật độ dầu đá phiến, giá trị 0,9¹⁰ được giả định để đánh giá trữ lượng.

Mặc dù nhiều mỏ đá phiến dầu mới chỉ được khám phá trên phạm vi nhỏ, nhưng một số

mỏ đã được xác định khá tốt bằng cách khoan và phân tích. Chúng bao gồm các mỏ đá phiến dầu Green River ở miền Tây Hoa Kỳ, các mỏ đệ tam ở Queensland, Ôxtrâyliya, các mỏ ở Thụy Điển và Estonia, mỏ El-Lajjun ở Jordan và một số mỏ tại Brazil, Pháp, Đức và Nga. Các mỏ khác chưa được xác định rõ và cần tiếp tục khảo sát và phân tích để xác định đầy đủ tiềm năng tài nguyên của chúng.

Mỏ lớn nhất được biết là mỏ Green River ở miền Tây Hoa Kỳ, ước tính tổng trữ lượng tại hiện trường có thể có tiềm năng sản xuất khoảng 3 nghìn tỷ thùng dầu đá phiến (3×10^{12} bbl). Còn riêng ở Colorado, tổng trữ lượng tại hiện trường ước tính vào khoảng 1,5 nghìn tỷ thùng dầu ($1,5 \times 10^{12}$ bbl). Đá phiến đen Devon của miền Đông Hoa Kỳ ước tính có tiềm năng sản xuất 189 tỷ thùng dầu (189×10^9 bbl).

Trữ lượng đá phiến dầu tại hiện trường trên toàn thế giới có thể có tiềm năng sản xuất 4,8 nghìn tỷ thùng dầu đá phiến ($4,8 \times 10^{12}$ bbl). Các dữ liệu thực tế có thể cao hơn nhiều (hoặc thậm chí thấp hơn nhiều) do các nguồn tài nguyên đá phiến dầu của một số quốc gia không được báo cáo và nhiều mỏ đã biết chưa được nghiên cứu đầy đủ. Mặt khác, một số mỏ đã bị thoái hóa do nhiệt địa nhiệt, chẳng hạn như các mỏ Heath, Phosphoria và một phần dầu đá phiến phèn ở Thụy Điển.

Do đó, các trữ lượng được báo cáo cho những mỏ này có thể là quá cao và phần nào gây hiểu nhầm. Lượng dầu đá phiến có thể thu hồi từ một mỏ đá phiến dầu (các nguồn có thể khai thác) phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có (1) đặc tính của mỏ và (2) phương pháp được sử dụng để đánh giá.

Yêu cầu rõ ràng hiện nay là các phương pháp mới và cải tiến để khai thác kinh tế dầu đá phiến và các sản phẩm giá trị gia tăng, nhưng các yếu tố quyết định cho sự phát triển dầu đá phiến luôn bị chi phối bởi giá xăng dầu. Sự dao động giá xăng dầu (thường dao động ở phạm vi giá cao) và địa chính trị trong những thập niên gần đây đã nhắc nhở các chính phủ trên khắp thế giới xem xét lại các nguồn cung cấp năng lượng quốc gia và cân nhắc các vấn đề an ninh quốc gia. Tất cả dường như đã đi đến cùng một kết luận: An ninh năng lượng có thể được thực hiện chỉ bằng cách phát triển các nguồn tài nguyên thiên nhiên bản địa (chẳng hạn như đá phiến dầu).

Hiện nay, đá phiến dầu đã được khai thác thương mại ở một số quốc gia như: Hoa Kỳ, Brazil, Trung Quốc, Estonia và Ôxtrâyliya. Brazil có một lịch sử lâu dài về phát triển dầu đá phiến, dầu đá phiến ở Brazil được biết là đã được khai thác từ cuối thế kỷ XIX. Ở Trung Quốc, 80 trạm chưng cất mới (Fushun) được sử dụng để sản xuất dầu đá phiến. Trung Quốc cũng được cho là có các mỏ đá phiến dầu lớn thứ tư trên thế giới sau Hoa Kỳ, Brazil và Nga.

1.3. Lịch sử ngành công nghiệp đá phiến dầu

Đá phiến dầu đã được sử dụng từ thời cổ đại và được khai thác ở một số quốc gia từ thế kỷ 17. Một trong những loại đá phiến dầu được chú ý là đá phiến phèn của Thụy Điển có niên đại từ Kỷ Cambri và Kỷ Ordovic do hàm lượng phèn và nồng độ kim loại cao, bao

gồm cả urani và vanadi. Ngay từ năm 1637, đá phiến phèn đã được nung trên lửa củi để chiết xuất kali nhôm sunfat và muối để sử dụng trong thuốc da và nhuộm vải. Cuối những năm 1800, đá phiến phèn được chưng cất ở quy mô nhỏ để thu hydrocacbon. Việc sản xuất được tiếp tục ở Thụy Điển cho đến Thế chiến II và bị ngừng vào năm 1966 do các nguồn cung cấp dầu thô từ dầu mỏ rẻ hơn. Ngoài hydrocacbon, hàng trăm tấn urani và một lượng nhỏ vanadi đã được chiết xuất từ đá phiến phèn của Thụy Điển trong những năm 1960.

Một mỏ đá phiến dầu ở Autun, Pháp, đã được khai thác thương mại vào năm 1839. Ngành công nghiệp đá phiến dầu được bắt đầu ở Scotland vào năm 1859. Tương truyền rằng một thùng dầu được xác định bằng 42 gallon là vì các thùng whiskey cùng kích thước đã được sử dụng ở Scotland để vận chuyển dầu đá phiến. Kể từ những ngày đầu, các nhà phát triển đá phiến dầu đã trải qua các giai đoạn thăng trầm do sự biến thiên về khả năng cung cấp và giá xăng dầu từ những nguồn thông thường. Khi giá dầu tăng, lợi nhuận trong đá phiến dầu tăng lên và chúng giảm thì các nhà phát triển thường mất lợi nhuận. Tương tự như vậy, trong thời gian chiến tranh và thiếu dầu, sự quan tâm đến đá phiến dầu đạt đỉnh điểm và sau đó yếu đi khi khủng hoảng chấm dứt. Hai mươi vỉa đá phiến dầu đã được khai thác tại các thời điểm khác nhau ở Scotland. Việc khai thác mỏ tiếp tục được thực hiện trong suốt những năm 1800 và vào năm 1881, sản lượng đá phiến dầu đạt 1 triệu tấn mỗi năm. Ngoài những năm diễn ra Thế chiến II, khoảng 1 đến 4 triệu tấn đá phiến dầu đã được khai thác mỗi năm ở Scotland, từ năm 1881 cho đến năm 1955, khi việc sản xuất bắt đầu giảm trước khi ngừng hẳn vào năm 1962. Canada sản xuất một số dầu đá phiến từ các mỏ tại New Brunswick và Ontario vào giữa những năm 1800.

Các sản phẩm thông thường được làm từ đá phiến dầu từ những hoạt động ban đầu là kerosine và đèn dầu, sáp paraffin, dầu nhiên liệu, dầu và mỡ bôi trơn, naphtha nhòn, khí phát sáng, hóa chất phân bón và sunfat amoni. Giếng dầu đầu tiên được khoan ở Pennsylvania, miền Đông Hoa Kỳ, vào năm 1859. Với việc sản xuất hàng loạt xe ô tô và xe tải trong đầu những năm 1900, tình trạng thiếu xăng đã khuyến khích việc khai thác mỏ đá phiến dầu để làm nhiên liệu vận tải. Nhiều công ty đã được thành lập để phát triển các mỏ đá phiến của hệ tầng Green River ở miền Tây Hoa Kỳ, đặc biệt là ở Colorado.

Đá phiến dầu ở miền Tây Hoa Kỳ lần đầu tiên được quan tâm thật sự cùng với cơn sốt đất sau Thế chiến I. Thế chiến II chứng kiến sự hồi sinh trong hoạt động khai thác dầu đá phiến khi chính phủ Hoa Kỳ quan tâm đến các nguồn cung cấp xăng dầu cho quân đội. Một cơ sở nghiên cứu được thành lập tại Anvil Points, Colorado vào năm 1944. Một mỏ đã được khai thác và các nghiên cứu về một số công nghệ chế biến được tiến hành. Quy trình chưng cất khí đốt ở Nevada-Texas-Utah (NTU) đã được chọn thử nghiệm ở quy mô trình diễn công suất 300 tấn mỗi ngày. Các thử nghiệm thành công cũng đã được thực hiện cho sản xuất nhiên liệu động cơ từ dầu đá phiến.

Chế biến đá phiến dầu tại hiện trường (in-situ) không phải là một khái niệm mới. Giữa năm 1941 và 1960, phương pháp in-situ Ljungstrom đã được thử nghiệm và sau đó thương mại tại Thụy Điển. Người ta ước tính rằng trong khoảng thời gian ba năm, hơn 100.000

thùng dầu đá phiến được sản xuất. Công nghệ này sử dụng gia nhiệt bằng điện trong các lỗ khoan đứng ở các góc của một mẫu khoan hình lục giác. Dầu đá phiến được sản xuất qua một lỗ khoan ở giữa mẫu này. Dầu đá phiến sản xuất theo phương pháp này được biết có chất lượng cao và sản xuất được nhiều xăng hơn dầu đá phiến được sản xuất từ các thiết bị chung cất bên ngoài hiện trường (ex-situ) tại cùng một địa điểm ở Thụy Điển.

Từ năm 1950 đến 1990 một số công ty tư nhân đã nghiên cứu và thử nghiệm các công nghệ chung cất dầu đá phiến, trong số đó có Union Oil của California, The Oil Shale Corporation (TOSCO), Shell Oil Company, Paraho Corporation, Occidental Petroleum, Superior Oil Co., Equity Oil Co. và Geokinetics, Inc. Năm 1974, khi giá xăng dầu tăng đáng kể, triển vọng đối với đá phiến dầu thương mại hóa cao và các công ty tin rằng họ có thể phát triển và sản xuất thương mại trong tương lai gần. Nhưng, giống như trong các chu kỳ trước đó, giá dầu giảm và chính phủ liên bang không còn quan tâm nữa, và các công ty cuối cùng đã rút lui.

Trong suốt thập kỷ 1970 và đầu 1980 các nhà phát triển đổ xô đến Colorado và Utah để xúc tiến các dự án đá phiến dầu thương mại. Hàng tỷ đô la đã được các công ty dầu mỏ lớn nhỏ chi ra. Chính phủ liên bang thành lập Công ty Nhiên liệu tổng hợp trong năm 1980 và phân bổ hàng tỷ đô la để phát triển các nguồn năng lượng trong nước. Tuy nhiên, vào năm 1982 sự bùng nổ dầu đá phiến kết thúc. Hậu quả của nó vẫn ám ảnh nhiều người dân trong khu vực vì mất việc làm, tài sản mất giá và chính quyền địa phương thất thu thuế.

Sau cuộc khủng hoảng dầu năm 1973, sản lượng dầu đá phiến trên thế giới đạt đến đỉnh là 46 triệu tấn trong năm 1980 và sau đó giảm xuống còn 16 triệu tấn năm 2000, do sự cạnh tranh của chương trình dầu mỏ truyền thống giá rẻ thập niên 1980.

Công nghiệp dầu đá phiến “phục sinh” trở lại vào những năm đầu thế kỷ XXI. Với công nghệ nứt vỡ thủy lực (hydraulic fracturing hay fracking), Hoa Kỳ đã tạo nên một cuộc cách mạng trong ngành công nghiệp dầu đá phiến khi việc khai thác loại dầu này trở nên dễ dàng với chi phí và thời gian ngắn hơn.

1.4. Các tác động đến môi trường

Những ảnh hưởng của việc khai thác và xử lý đá phiến dầu đến môi trường bao gồm những hiện tượng như mưa axit, hiệu ứng nhà kính và được cho là nguyên nhân gây nóng lên toàn cầu (biến đổi khí hậu toàn cầu). Mặc dù vậy, bất cứ hiệu ứng, rủi ro nào liên quan đến chu trình nhiên liệu đá phiến dầu đều có thể được giảm thiểu bằng cách áp dụng những công nghệ thích hợp để bảo vệ môi trường.

Bản thân đá phiến dầu được coi là vô hại và không có rủi ro khi nó vẫn nằm tại nơi nó được hình thành và lắng đọng hàng triệu năm trước đây. Tuy nhiên, hoạt động thu hồi và chuyển đổi đá phiến dầu có các tác động không tốt tới môi trường nếu đá phiến dầu được sử dụng không đúng lúc tại một địa điểm không thích hợp và với lượng không phù hợp. Như vậy, những lo ngại về các tác động của đá phiến dầu đối với môi trường và sức khỏe con người không phải là mới.

Đá phiến dầu dưới lòng đất thường không đặt ra một mối đe dọa nào đối với môi trường, mặc dù các khoáng vật có thể ảnh hưởng đến các tính chất của nước ngầm. Tuy nhiên, việc sản xuất và sử dụng đá phiến dầu có những tác động nhất định đối với môi trường. Bất kể cách nó được chiết xuất trong các hầm mỏ và được sử dụng trong các ngành công nghiệp như thế nào, ngành công nghiệp đá phiến dầu sản sinh ra ba loại chất gây ô nhiễm môi trường đó là: Chất gây ô nhiễm (1) dạng khí, (2) dạng lỏng và (3) dạng rắn. Chúng thường đòi hỏi các biện pháp phòng ngừa hoặc xử lý khá đặc biệt. Trong bối cảnh này, các tác động khác như tiếng ồn, sụt lún và xử lý chất thải được xếp vào loại gây ô nhiễm phát sinh từ việc sử dụng đá phiến dầu. Nhiều phương pháp đã được đưa ra để đáp ứng các tiêu chuẩn về môi trường ở các ngưỡng giới hạn và do đó đã giảm thiểu thiệt hại do ô nhiễm gây ra, đồng thời nâng cao năng suất lao động, chất lượng dầu đá phiến và hiệu quả của các chương trình phòng chống tai nạn.

1.4.1. Tác động đến chất lượng không khí

Đá phiến dầu là một loại đá cacbonat khi nung đến nhiệt độ 450-500°C tạo ra dầu kerogen và hydrocarbon cùng với các loại khí khác, có thể bao gồm: (1) oxit lưu huỳnh và nitơ, (2) cacbon dioxit, (3) vật chất dạng hạt và (4) hơi nước. Các công nghệ loại bỏ khí ống xả thương mại có sẵn hiện đang được sử dụng tại các cơ sở sản xuất điện và lọc dầu mỏ đã được cải thiện trong những năm qua và có hiệu quả trong việc kiểm soát các phát thải oxit và các hạt phân tán từ các dự án đá phiến dầu.

Phát thải bụi và vật chất dạng hạt

Việc tạo ra các hạt bụi trong không khí là một vấn đề lớn trong các mỏ dưới lòng đất, nơi các vụ nổ bụi, có hoặc không có các phát thải khí, là mối quan tâm chính. Ngoài ra, bụi không chỉ là vấn đề của một địa phương vì các hạt mịn có thể bay đến các khu vực xa địa điểm khai thác và gây ô nhiễm cho các khu vực này.

Bụi là sản phẩm phụ của các vụ nổ mìn và các hoạt động vận chuyển đất (tại các mỏ lộ thiên). Mức độ rủi ro của nó phụ thuộc vào kích thước vật lý của vật chất dạng hạt, độ ẩm của không khí xung quanh, vận tốc và hướng gió. Kích thước hạt và thời gian tiếp xúc xác định mức độ bụi thâm nhập vào đường hô hấp. Bụi mịn khi bị hít phải vẫn nằm trong các phế nang, nhưng tất cả các hạt có kích thước lớn hơn được loại bỏ bởi cơ chế lọc của hệ hô hấp. Thành phần cấu tạo của vật chất dạng hạt (các hạt) có đường kính nhỏ hơn 10 micron (đặc biệt là những hạt trong khoảng 0,25-7 micromet) có thể dẫn đến các bệnh về đường hô hấp như viêm phế quản mãn tính và bệnh bụi phổi. Nếu bụi có chứa các hạt silica, các bệnh như bụi phổi silic trở thành một mối đe dọa lớn đối với sức khỏe con người.

Các hoạt động như nghiền, sàng lọc theo kích cỡ, vận chuyển bằng băng tải, xe cộ lưu thông và sự thổi mòn là các nguồn đặc trưng của bụi huyền phù trong không khí. Kiểm soát vật chất dạng hạt (PM) trong không khí có thể là một thách thức, do đó việc tuân thủ các quy định về kiểm soát PM phải được quan tâm trong khi lập kế hoạch hoạt động.

Ngoài những mối nguy hiểm đối với sức khỏe, bụi trong các hầm mỏ có thể góp phần vào nguy cơ gây ra các vụ nổ nghiêm trọng. Lắp đặt các hệ thống thông gió hiệu quả cho

các hầm mỏ và hạn chế các nguồn điện hoặc nhiệt đánh lừa cần được nghiêm túc thực hiện.

Xử lý chất thải mỏ

Tương tự như khai thác than, một khối lượng lớn đất đá phải được di dời để khai thác đá phiến dầu và đất đá thải có thể phá vỡ môi trường.

Khối lượng lớn các vật liệu chất thải là sản phẩm phụ của cả hai hoạt động khai thác hầm lò và lộ thiên đều là một vấn đề ô nhiễm nghiêm trọng và việc xử lý những chất thải rắn này là khía cạnh gây tranh cãi nhất của khai thác mỏ đá phiến dầu. Các thiệt hại về môi trường chính của đồng chất thải này (các bãi thải hầm mỏ) không chỉ là tiếng ồn và bụi từ các phương tiện đi lại mà còn làm ô nhiễm nước ngầm, thấm thấu các chất gây ô nhiễm độc hại và axit và giảm diện tích đất sử dụng. Việc cải tạo sẽ khôi phục lại đất, nhưng sự suy giảm độ màu mỡ của đất và môi trường sinh thái sẽ phục hồi chậm. Trong thực tế, các bãi đất đá thải từ các mỏ than cũ, là kết quả của việc thải bỏ chất thải không được kiểm soát trước đây, là mối nguy hiểm tiềm tàng cho hệ thống thoát nước tại địa phương và có thể có các ảnh hưởng độc hại đến sức khỏe của con người.

Một vấn đề khác liên quan đến xử lý chất thải là quá trình oxy hóa pirit tạo ra các hợp chất có tính axit, trong đó, cùng với các vật liệu độc hại khác, có thể thấm vào nguồn cấp nước của địa phương. Mặc dù không phải pirit rất dồi dào trong đá phiến dầu như trong than, nhưng sự hiện diện của nó vẫn còn nguy hiểm. Đồng thời, nhiệt được sản xuất từ các phản ứng hóa học như vậy có thể dẫn đến các hiện tượng tự cháy của các hạt hữu cơ trong các bãi đổ rác thải. Các mối nguy hiểm tiềm năng của các quá trình này trong đồng đất đá thải có thể được giảm đáng kể bằng cách kiểm soát việc đổ rác thải, lựa chọn địa điểm, cũng như nén chất thải.

Khai thác lộ thiên có một ảnh hưởng bất lợi lớn hơn đối với môi trường xung quanh so với các hoạt động khai thác hầm lò. Ví dụ, trong các hoạt động khai thác lộ thiên, lớp đất đá phủ bên trên được di chuyển đi và khối lượng lớp đất phủ được đào lên có thể gấp nhiều lần so với khối lượng đá phiến dầu được khai thác. Ngoài ra, các hoạt động khai thác mỏ (sử dụng các loại máy xúc) làm thay đổi địa hình bề mặt, tiêu diệt tất cả các thảm thực vật ban đầu trong khu vực và thường dẫn đến ô nhiễm nguồn nước mặt và các nguồn nước ngầm. Tuy nhiên, khai thác lộ thiên không bị coi là một đóng góp chính cho ô nhiễm không khí.

Đá thải được đổ bừa bãi trong quá trình khai thác lộ thiên và hầm lò bị phong hóa nhanh chóng và có nguy cơ sản sinh ra dòng thải axit, là một nguồn chứa các hợp chất oxy và lưu huỳnh kết hợp với nước để tạo thành các hợp chất có tính axit. Trước đây, lớp đất đá phủ bên trên các mỏ thường được đem đổ ở các khu vực trũng thấp, thường là các vùng đầm lầy hay các vị trí khác có nguồn nước. Điều này dẫn đến sự phân rã của các kim loại nặng, thấm vào cả nước ngầm và nước mặt, gây ra sự gián đoạn của sinh cảnh nước và sự suy giảm nguồn nước uống. Ngoài ra, pirit (FeS_2) có thể tạo thành axit sunfuric (H_2SO_4) và hydroxit sắt $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ khi tiếp xúc với không khí và nước. Khi trời mưa, nước từ các đồng đất đá này có thể bị axit hóa, làm ảnh hưởng đến môi trường đất, sông, suối (dòng thải axit của các mỏ) của địa phương. Mức độ và độc tính của dòng chất thải đó phụ thuộc vào đặc điểm đá

phiến dầu, lượng mưa của địa phương, địa hình địa phương và các tính chất của hệ thống thoát nước tại hiện trường. Việc rò rỉ chất thải như vậy có thể dẫn đến mức độ ô nhiễm nước mặt và nước ngầm nghiêm trọng.

Chất gây ô nhiễm không khí độc hại

Các phát thải khí như hydro sunfua (H_2S), amoniac (NH_3), cacbon monoxit (CO), sunfua dioxit (SO_2), oxit nitơ (NO_x), cacbon dioxit và các kim loại vi lượng khác là nguồn gây ô nhiễm không khí. Các khí phát thải như vậy được phát sinh trong các hoạt động xử lý dầu đá phiến, tuy nhiên, mức độ nghiêm trọng trong trường hợp này là ít hơn nhiều so với các hoạt động xử lý các loại nhiên liệu hóa thạch khác.

1.4.2. Tác động đến chất lượng nước

Chất lượng nước

Các chất rắn huyền phù xuất hiện chủ yếu trong nước từ các hệ thống kiểm soát bụi được sử dụng trong khai thác đá phiến và các hoạt động nghiền đá. Nước thải từ các khu mỏ cũng sẽ chứa các chất rắn huyền phù. Trong các lò chưng cất trên mặt đất, một số đá phiến mịn có thể bị cuốn theo trong khí chưng cất và bị giữ lại trong khí ngưng, nhưng ở các mức độ thấp, do đó không phải là một vấn đề cần xử lý. Nước lạnh sẽ cuốn theo bụi trong không khí, đặc biệt là nếu tháp làm lạnh gần nơi nghiền đá phiến hoặc địa điểm xử lý đá phiến. Muối kết tủa và các chất sinh học cũng có thể hiện diện trong quá trình xả nước tháp làm lạnh.

Khoáng chất và các chất độc hại phơi nhiễm trong quá trình loại bỏ lớp đất đá phủ bên trên mỏ bao gồm các vật liệu có tính axit, vật liệu có tính kiềm cao và các kim loại nặng nồng độ loãng. Những vật liệu này có thể có ảnh hưởng xấu đến động vật hoang dã bản địa do tạo ra một môi trường thù địch (thường là gây nhiễm độc các dòng sông) và trong một số trường hợp, gây ra sự tiêu diệt các loài. Vì vậy, thiết kế mỏ phải bao gồm các kế hoạch xử lý các chất có hại được tạo ra bởi sự phong hóa các đồng đất đá.

Sử dụng nước

Nước rất cần cho sản xuất dầu đá phiến. Một cuộc khảo sát gần đây của các nhà phát triển đá phiến dầu được Hiệp hội Đá phiến Dầu quốc gia thực hiện chỉ ra rằng trung bình cần khoảng 1,7 thùng nước cho mỗi thùng dầu đá phiến được sản xuất và một số nhà phát triển tin rằng công nghệ của họ sử dụng ít hơn. Các chuyên gia thực địa tin rằng các công nghệ hiện nay cần từ 0-4 thùng nước/thùng dầu đá phiến sản xuất.

Căn cứ trên ước tính là 1,7 thùng nước/thùng dầu, thì ngành công nghiệp dầu đá phiến với sản lượng 1,5 triệu thùng mỗi ngày sẽ cần 120.000 acre-feet (acre-feet = 1.233,48 m³) nước mỗi năm.

Tất cả các quy trình sản xuất năng lượng đều cần đến nước ở một mức độ nào đó. Những thông tin dưới đây tóm tắt mức tiêu thụ nước của một số nhà sản xuất được lựa chọn dựa trên việc sản xuất 10.000 BTU năng lượng sử dụng được từ mỗi nguồn. Việc sản xuất dầu đá phiến đòi hỏi ít nước nhất trong số các nhà sản xuất năng lượng được lựa chọn.

Dầu đá phiến thô: 70.000 BTU/gallon nước; 0,14 gallon nước cho 10.000 BTU

Sản xuất điện đốt than: 7.000 BTU/gallon nước; 1,4 gallon nước cho 10.000 BTU

Ethanol từ ngô: 4.200 BTU/gallon nước; 2,3 gallon nước cho 10.000 BTU

(BTU là đơn vị đo năng lượng thường được sử dụng cho lò sưởi và điều hòa không khí. Ví dụ một lò 70.000 BTU đủ sưởi cho một ngôi nhà nhỏ.)

Nước cho các dự án đá phiến dầu có thể được lấy từ nhiều nguồn khác nhau: Giếng nước ngầm, suối và sông, nước được sản xuất từ quá trình chế biến đá phiến dầu, nước thải từ các ngành công nghiệp khác hoặc các thành phố, hồ chứa, và/hoặc nước từ các con sông khác vận chuyển đến bằng đường ống.

Do đó cần có các đường ống dẫn nước, hồ chứa và các cơ sở xử lý để cung cấp nước một cách ổn định và tin cậy cho các dự án đá phiến dầu thương mại. Nhiều chuyên gia tin rằng cần có hồ chứa nước cho các mục đích sử dụng khác nhau, đặc biệt là trong viễn cảnh một số dự báo biến đổi khí hậu hiện nay.

1.4.3. Tác động đến chất lượng đất

Sụt lún

Sụt lún là một tác động gây tổn kém về mặt kinh tế trong khai thác hầm lò bởi vì nó tạo ra độ dịch chuyển theo chiều ngang và chiều dọc bề mặt, thường làm hư hại đến cấu trúc của các tòa nhà, đường xá và đường sắt, cũng như vỡ đường ống.

Các yếu tố góp phần vào sự dịch chuyển của đất đá và gây hư hại bề mặt là độ dày, độ nghiêng và độ sâu của vỉa đá phiến dầu, góc sập đổ, tính chất và độ dày của lớp đất đá phủ bên trên và lượng trụ đỡ còn lại trong các mỏ đã khai thác (mỏ trong đó các khoáng vật đã được di chuyển một phần hoặc hoàn toàn). Ngoài ra, rò rỉ khí mêtan qua các vết nứt trong các ngôi nhà dẫn đến tích tụ khí mêtan và nổ khí gây thiệt hại rất lớn đến tài sản.

Các khía cạnh môi trường của khai thác hầm lò khác với khai thác lộ thiên. Chúng đã được coi là khác nhau, thậm chí đến mức được coi (một cách sai lầm) là ít quan trọng hơn. Nhưng không thể phủ nhận rằng việc khai thác hầm lò có thể làm ảnh hưởng đến các tầng chứa nước thông qua việc xây dựng hầm lò hoặc là kết quả của những ảnh hưởng khác như sự xáo trộn vỉa do sụt lún. Thật ra chỉ trong ba thập kỷ qua, sụt lún mới trở thành một vấn đề môi trường quan trọng.

Khai thác mỏ có thể và thật sự gây ra một số tổn hại kéo dài cho môi trường sống của động vật hoang dã hoặc những thay đổi môi trường sống. Một số loài động vật hoang dã có thể không thể thích nghi với những thay đổi này và chúng không trở về những vùng đất đã được cải tạo mà sống ở những vùng lân cận. Các tác động dài hạn của việc khai thác mỏ lộ thiên đối với động vật hoang dã có thể được giảm thiểu bằng cách xem xét cẩn trọng sự hiện diện của động vật hoang dã khi lập kế hoạch khai thác mỏ.

Tiếng ồn, độ rung và cảnh quan

Tiếng ồn từ các hoạt động khai thác khoáng sản dưới lòng đất không có tác động môi trường đáng kể đến dân cư, nhưng nó có thể gây hại cho các thợ mỏ làm việc trong các

hang ngằm dưới lòng đất. Tuy nhiên, cộng đồng dân cư trên địa bàn các mỏ lộ thiên thường thấy chất lượng cuộc sống giảm do ảnh hưởng của tiếng ồn từ các hoạt động khai thác khoáng sản, rung động từ nổ mìn và giao thông mật độ cao liên tục. Hơn nữa, những đám mây bụi có thể làm giảm tầm nhìn và tăng mây mù, gây ra tai nạn và sự phiền toái nghiêm trọng.

1.5. Các thách thức kinh tế và xã hội

Thách thức đối với ngành công nghiệp đá phiến dầu là chứng minh và sử dụng các công nghệ có thể bền vững về mặt kinh tế và hoạt động liên tục mặc cho những thăng trầm của giá năng lượng. Câu hỏi thường được đặt ra là “*giá dầu ở ngưỡng bao nhiêu thì dầu đá phiến sẽ có lợi nhuận?*” Câu trả lời là chưa rõ bởi vì hầu hết các dự án đang trong giai đoạn nghiên cứu, phát triển hay trình diễn, nhưng ước tính gần đây dao động từ 40-80 USD mỗi thùng. Phạm vi lớn như vậy là vì các công nghệ đang được phát triển vẫn chưa đạt được quy mô sản xuất để xác định chính xác hiệu quả các chi phí đầu tư và vận hành một nhà máy thương mại và vẫn có những rào cản công nghệ cần khắc phục trước khi có thể ước lượng chính xác hơn.

Quá trình sản xuất dầu đá phiến đòi hỏi chi phí cao và thách thức là làm sao để nó cạnh tranh được với xăng dầu thông thường.

Những tác động xã hội của ngành công nghiệp đá phiến dầu có thể lớn hoặc không, tùy thuộc vào quy mô phát triển, thời điểm của nó và các ngành công nghiệp khác trong khu vực vào thời gian dầu đá phiến được thương mại hóa.

Các tác động tiềm năng quan trọng được liệt kê dưới đây:

- Thiếu hụt cơ sở vật chất và dịch vụ công để đáp ứng cho công nhân dầu đá phiến, gia đình của họ và các hoạt động kinh doanh hỗ trợ;
- Thiếu kinh phí trả trước cho nâng cấp cơ sở hạ tầng vì các khoản thu chỉ có sau khi việc sản xuất dầu đá phiến bắt đầu;
- Sự xuống cấp của chất lượng cuộc sống cho người không tham gia vào các lĩnh vực năng lượng;
- Ảnh hưởng đến giá bất động sản có thể là tích cực hoặc tiêu cực tùy thuộc vào vị trí.

1.6. Lợi ích kinh tế-xã hội và hiệu quả từ đầu tư

1.6.1. Lợi ích kinh tế-xã hội

Theo Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (2004), những lợi ích quốc gia và cộng đồng có được từ thương mại hóa ngành công nghiệp đá phiến dầu bao gồm:

- Giảm tác động GDP của giá dầu cao;
- Giảm thâm hụt cán cân thanh toán, do tăng sản lượng nhiên liệu trong nước, giảm nhập khẩu và giá dầu thô thế giới thấp hơn;

- Tăng doanh thu;
 - Tạo ra hàng chục nghìn việc làm mới và tăng trưởng kinh tế.
- Các lợi ích xã hội của ngành công nghiệp đá phiến dầu có thể rất lớn, bao gồm:*
- Mở rộng và đa dạng hóa kinh tế cho khu vực;
 - Tăng trưởng giáo dục, phát triển kỹ năng và cơ hội đào tạo nguồn nhân lực bền vững;
 - Tăng cơ hội cho các doanh nghiệp địa phương hiện tại và phát triển các cơ hội phát triển kinh doanh mới;
 - Hỗ trợ tài chính cho phát triển cơ sở hạ tầng khu vực công;
 - Các cơ hội việc làm dài hạn bao gồm cả việc được trả lương cao trong ngành đá phiến dầu và các ngành công nghiệp hỗ trợ.

1.6.2. Hiệu quả từ đầu tư

Các công ty đầu tư vào sản xuất dầu đá phiến tạo ra công ăn việc làm, cung cấp nguồn thu, cải thiện an ninh quốc gia và nâng cao phúc lợi kinh tế của quốc gia nói chung. Những lợi ích này là hiện thực khi việc thu hồi năng lượng đạt hiệu quả trong đầu tư. Quan trọng hơn các công ty không đầu tư vào các dự án không có hiệu quả thu hồi năng lượng từ đầu tư (trừ khi có một số hình thức khuyến khích của chính phủ).

Mức thu hồi Năng lượng từ Đầu tư (EROI) là tỷ lệ năng lượng thu được so với năng lượng sử dụng trực tiếp và gián tiếp trong quá trình đó. Nhiều nghiên cứu được tiến hành trong những năm qua khẳng định rằng chế biến dầu đá phiến tạo ra nhiều năng lượng hơn.

Các quy trình chế biến đá phiến dầu khác nhau sẽ sử dụng năng lượng theo những cách hơi khác nhau. Tuy nhiên, EROI cho sản xuất dầu đá phiến là dương và thay đổi trong khoảng từ 3:1 đến 6: 1 tùy thuộc vào công nghệ đang sử dụng và chất lượng của tài nguyên. Tóm lại, hầu như tất cả các phương pháp sản xuất dầu đá phiến từ mỏ dầu đá phiến ở miền Tây Hoa Kỳ đều mang lại kết quả tích cực.

II. XỬ LÝ VÀ KHAI THÁC ĐÁ PHIẾN DẦU

2.1. Xử lý đá phiến dầu

Không giống như dầu mỏ thông thường, dầu trong đá phiến không thể bơm trực tiếp lên mặt đất. Nó phải được xử lý bằng chưng cất, trong quá trình đó đá được nung nóng để giải phóng dầu đá phiến thô, khí đá phiến và nước. Việc xử lý có thể được thực hiện bằng phương pháp xử lý bên ngoài hiện trường (ex-situ); xử lý thuần túy tại hiện trường (true in-situ); hay bằng cách kết hợp hai phương pháp trên-xử lý tại hiện trường cải tiến (modified in situ). Dầu đá phiến thô được nâng cấp để loại bỏ các tạp chất nhất định, chẳng hạn như lưu huỳnh và nitơ, sau đó tiếp tục được xử lý trong một nhà máy lọc dầu để sản xuất xăng, nhiên liệu diesel sạch, nhiên liệu phản lực và các sản phẩm dựa trên dầu mỏ khác.

2.1.1. Xử lý ngoài hiện trường (Ex-in Situ)

Xử lý đá phiến dầu ngoài hiện trường đã được triển khai trong hơn một thế kỷ qua ở

nhiều quốc gia trên thế giới. Các dự án dựa trên công nghệ này đã hoạt động trong nhiều thập kỷ ở Trung Quốc, Estonia và Brazil. Các cơ sở xử lý này giống như bất kỳ khu liên hợp công nghiệp hiện đại nào. Đầu tiên, đá phiến dầu được khai thác bằng phương pháp hầm lò hay lộ thiên, sau đó được đưa lên mặt đất để chưng cất.

Tại Colorado và Utah (Hoa Kỳ), các mỏ được khai thác theo kiểu buồng và trụ chống được mở cách đây hàng thập kỷ vẫn đang trong tình trạng ổn định. Do độ bền của các tầng đá phiến dầu, các buồng ổn định có diện tích lớn, được hỗ trợ chỉ bằng những trụ đá phiến dầu và các bu lông đá được chốt trên mái mỏ. Điều này góp phần làm cho các mỏ này có hồ sơ an toàn tuyệt vời. Trong khi đó, nhiều mỏ than dưới lòng đất có thời gian mở ngắn do được mở trong các khu vực đá tương đối yếu. Các mỏ đá phiến dầu dưới lòng đất giống các mỏ đá ngầm hơn và do đó các xe tải lớn, máy xúc và thiết bị khoan có thể được sử dụng để giảm chi phí.

Sau khi đá phiến dầu được khai thác, nó được giảm kích thước bằng máy nghiền rồi được chuyển đến các nhà máy chưng cất và chuyển đổi thành dầu đá phiến thô, nước và khí đá phiến. Một số công nghệ chưng cất bên ngoài hiện trường đã được kiểm tra chặt chẽ là ứng cử viên cho các dự án thương mại, nhưng không có kỹ thuật nào đang được sử dụng ở quy mô thương mại tại Hoa Kỳ.

Đá thải thu được từ quá trình chưng cất được gọi là đá phiến đã chưng cất, chiếm khoảng 70-80% trọng lượng của đá phiến dầu được khai thác và chiếm thể tích lớn hơn phần nào là kết quả của việc giảm kích thước trong khai thác và nghiền đá để xử lý. Sau khi được làm lạnh, đá phiến đã chưng cất được chuyển tới khu vực xử lý trên mặt đất hoặc đưa trở lại mỏ. Tại các khu vực xử lý, đá phiến đã chưng cất được đằm chặt để đảm bảo độ ổn định của nó và được phủ bằng lớp đất mặt và canh tác bên trên. Các kè lớn bằng đá phiến đã chưng cất được xây dựng ở Hoa Kỳ hơn hai thập kỷ trước vẫn ổn định, hỗ trợ thảm thực vật và không làm ô nhiễm nguồn nước. Một số lượng đá phiến đã chưng cất được sử dụng để làm vật liệu xây dựng như gạch và xi măng.

2.1.2. Xử lý tại hiện trường thuần túy (True In Situ-TIS)

Xử lý tại hiện trường thuần túy sử dụng các kỹ thuật tương tự kỹ thuật khoan và sản xuất dầu mỏ thông thường. Ở phương pháp tiếp cận này, các giếng được khoan vào tầng đá phiến dầu và việc chưng cất được tiến hành trong lòng đất mà không cần khai thác. Các giếng khác được khoan ở cùng một khu vực để sản xuất dầu đá phiến thô bằng cách nung nóng đá dưới lòng đất để giải phóng dầu. Các phương pháp gia nhiệt cho đá phiến dầu dưới lòng đất khác nhau do sử dụng các công nghệ khác nhau. Một số dự án nghiên cứu và phát triển đã được thực hiện bằng cách sử dụng các kỹ thuật tại hiện trường khác nhau, nhưng chưa có dự án nào đạt đến mức độ sản xuất thương mại tại Hoa Kỳ. Kỹ thuật xử lý tại hiện trường đã được thực hiện thành công tại Thụy Điển từ năm 1941, 1960 và các thí nghiệm đã được tiến hành tại Hoa Kỳ bắt đầu từ những năm 1970 (ví dụ như dự án Equity Oil Shale ở Colorado).

Các công nghệ tại hiện trường thích hợp nhất với các mỏ đá phiến dầu dày, nơi việc khai

thác mỏ gặp khó khăn hơn, chẳng hạn như trung tâm của lưu vực Piceance của Colorado (Hoa Kỳ) nơi mỏ đá phiến dầu dày khoảng 1.000 feet và bị chôn sâu 1.000 feet dưới tầng đất đá. Dầu đá phiến thô, khí đá phiến và nước được sản xuất từ các thiết bị chung cất tại hiện trường. Dầu đá phiến thô được sản xuất tại hiện trường đòi hỏi sự nâng cấp ít hơn so với hầu hết các sản phẩm dầu từ quá trình xử lý ngoài hiện trường. Các nghiên cứu chỉ ra rằng khí đá phiến được sản xuất đủ để cung cấp phần lớn nhiệt cần thiết cho quá trình chung cất đá phiến dầu. Ngoài ra, khí đá phiến có thể được xử lý và bán như khí tự nhiên. Nước được sản xuất trong quá trình này có thể được sử dụng trong mỏ hoặc làm sạch và đưa lại lòng đất. Đá phiến đã chung cất thu được sau quá trình xử lý tại chỗ được để lại dưới lòng đất và không cần phải phục hồi theo nghĩa thông thường. Tuy nhiên, nước ngầm trong khu vực xử lý có thể bị ảnh hưởng bởi đá phiến đã chung cất và hydrocacbon bị bỏ lại nếu các biện pháp giảm thiểu không được thực hiện.

2.1.3. Xử lý tại hiện trường cải tiến (Modified In-situ)

Xử lý tại hiện trường cải tiến là phương pháp kết hợp các kỹ thuật xử lý tại hiện trường và ngoài hiện trường. Trong một cách tiếp cận, một số đá phiến dầu được khai thác để tạo ra một khoang cho việc chung cất tại chỗ sau đó. Trong cách tiếp cận này, một khoảng trống được tạo ra dưới lòng đất, bên trong đó một khối đá phiến dầu cạnh đó bị phá vỡ thông qua làm nứt vỡ bằng thuốc nổ để chuẩn bị cho chung cất dưới mặt đất. Trong cách tiếp cận khác sử dụng công nghệ EcoShale, đá phiến dầu được khai thác, nghiền và đưa vào một hầm có mái che và ống dẫn để chung cất tại chỗ. Cả hai phương pháp trên đã được chứng minh ở quy mô thí điểm trong lĩnh vực này. Trong Thế chiến II, Đức đã sử dụng công nghệ xử lý tại hiện trường cải tiến.

Hàng ngàn bằng sáng chế đã được cấp cho các công nghệ chiết xuất đá phiến dầu. Đó là bao gồm các phương pháp chung cất được mô tả như trên và các khái niệm khác không sử dụng nhiệt như phương pháp chiết xuất cơ bản (ví dụ như chiết xuất kerogen bằng các phương pháp tuyến nổi, tách trọng lực, hoặc các phương pháp hóa học như phân tán ma trận của đá phiến dầu). Việc sử dụng kích thích điện từ, dẫn điện, pin nhiên liệu, bơm cacbon dioxid và tiêu hóa sinh học cũng đã được khám phá, nhưng chưa phương pháp nào được thử nghiệm ở quy mô lớn.

2.2. Khai thác đá phiến dầu

Cả hai phương pháp xử lý tại hiện trường cải tiến và xử lý ngoài hiện trường đều cần khai thác mỏ. Trong trường hợp xử lý ngoài hiện trường, đá phiến khai thác được vận chuyển đến thiết bị chung cất, ở đó nó được xử lý để thu hồi dầu đá phiến. Trong trường hợp xử lý tại hiện trường cải tiến, đá phiến cũng có thể được chung cất trên mặt đất, hoặc có thể được thải bỏ trên mặt đất như chất thải rắn.

Mỏ đá phiến dầu ở Green River có đặc trưng độ dày cực kỳ lớn và diện tích rộng. Ví dụ, các mỏ đá phiến giàu ở lưu vực Piceance có những chỗ dày hơn một ngàn feet, và trải rộng liên tục trên diện tích 1.200 triệu mét vuông. Các mỏ đá này có thể được khai thác bằng các

phương pháp khai thác lộ thiên hay các phương pháp khai thác hầm lò (như phương pháp buông và trụ chống), tùy thuộc vào đặc điểm địa hình, khả năng tiếp cận, độ dày lớp đất đá phủ, sự hiện diện của nước ngầm trong khu vực khai thác mỏ và nhiều yếu tố khác. Khai thác lộ thiên có thể khả thi đối với các mỏ đá phiến dầu rất dày và không nằm sâu, đặc biệt là nếu sản lượng dầu trung bình của chúng không lớn. Do độ dày của lớp đất đá phủ, chỉ một phần lưu vực Piceance và một phần lớn hơn lưu vực Uinta và các lưu vực Wyoming là có thể khai thác lộ thiên. Ở các khu vực khác, các dòng suối đã xói mòn các vực và hẻm núi qua các vỉa đá phiến, làm lộ ra một số khu vực đá phiến. Đá phiến trôi lên ở các khu vực này, cộng với đá phiến ở tất cả các tầng chôn sâu, có thể được khai thác bằng phương pháp hầm lò.

Mặc dù giá dầu thô cao, đá phiến dầu là quặng nghèo so với nhiều loại quặng có chứa các kim loại có giá trị. Hiệu quả kinh tế quy mô lớn thúc đẩy các công trình khai thác mỏ khổng lồ, bất kể phương thức khai thác nào được lựa chọn. Một nhà phát triển tiềm năng đã có lần mô tả đặc trưng của các mỏ đá phiến dầu quy mô thương mại là “*phi thường*”, bởi vì mỏ có kích thước lớn hơn mức “*khổng lồ*”. Đặc trưng này có thể được chuyển tải bằng cách so sánh dung lượng của chúng với dung lượng của các mỏ thông thường. Hiện nay, mỏ lộ thiên lớn nhất ở Hoa Kỳ là mỏ Bingham Canyon ở Utah, sản xuất khoảng 110.000 tấn quặng đồng/ngày. Mỏ ngầm lớn nhất là mỏ đồng San Manuel ở Arizona, với sản lượng khoảng 50.000 tấn quặng/ngày. Khoảng 70.000 tấn đá phiến dầu/ngày sản xuất ra 30 gal/tấn đá phiến dầu sẽ cần được khai thác để cung cấp cho một thiết bị công suất 50.000 thùng/ngày, sử dụng các thiết bị chum cất trên mặt đất. Một tổ hợp các thiết bị chum cất trên mặt đất công suất 400.000 thùng/ngày sẽ khai thác khoảng 560.000 tấn/ngày - tương đương với 5 mỏ Bingham Canyon hoặc 11 mỏ San Manuel. Nếu tổ hợp thiết bị này chỉ sử dụng phương pháp xử lý tại hiện trường cải tiến, thì sẽ khai thác khoảng 230.000 đến 460.000 tấn/ngày, tương đương với 4-7 mỏ San Manuel. Một số kỹ thuật khai mỏ có thể được sử dụng được mô tả dưới đây.

2.2.1. Khai thác lộ thiên

Có hai phương pháp khai thác lộ thiên chính là khai thác theo dạng mở (open pit) và khai thác theo dải (strip pit). Cả hai phương pháp khai thác này đã được sử dụng rộng rãi để khai thác vỉa và mỏ than và các mỏ khoáng sản khác. Các khía cạnh kỹ thuật của chúng đã được biết rõ đối với các khoáng chất này tuy nhiên tính khả thi và hiệu quả của chúng khác nhau tùy thuộc vào bản chất của thân quặng. Cho đến nay, cả hai kỹ thuật này vẫn chưa được áp dụng cho khai thác đá phiến dầu ở hệ tầng Green River.

Khai thác lộ thiên hấp dẫn về mặt kinh tế đối với các mỏ quặng chất lượng thấp, có diện tích lớn, vì có hiệu suất khai thác tài nguyên cao và có không gian đủ lớn cho các thiết bị khai thác mỏ rất lớn và hiệu quả.

Khai thác theo dải (*Hình 2.1*) là một loại của khai thác lộ thiên bao gồm việc bóc một lớp mỏng đất đá phủ bên trên khoáng sản để tiếp cận các mỏ khoáng sản hữu ích được chôn bên dưới. Phương pháp khai thác này chỉ hiệu quả ở các khu vực nơi thân quặng rất gần mặt đất

làm cho việc di chuyển lớp đất đá nhanh chóng và dễ dàng để thu hồi khoáng sản [<http://www.wisegeek.com/>].



Hình 2.1. Khai thác theo dải tại mỏ Garzweiler, Đức

Nguồn: http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_mining

Khai thác theo dạng mở (Hình 2.2) là phương pháp khai thác trong đó các mỏ khoáng sản được thu hồi bằng cách tạo bậc trên các vách của một địa điểm khai thác rộng, sâu, hình phổ [<http://dictionary.reference.com/>].



Hình 2.1. Mỏ đồng khai thác theo dạng mở gần Winkelman, Arizona

Nguồn: http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/Open-pit_Mine

Khai thác mỏ lộ thiên theo dạng mở có thể thu hồi gần 90% đá phiến dầu trong các mỏ rất dày. Khai thác mở theo dải có thể có hiệu suất thậm chí cao hơn. Ngược lại, khai thác hầm lò chỉ có hiệu suất dưới 60%. Khai thác bằng phương pháp mở có thể thu được lượng đá phiến (có thể khai thác toàn bộ mỏ) nhiều gấp khoảng 5 lần so với khai thác bằng

phương pháp hầm lò theo kiểu buồng và trụ chống (phương pháp này chỉ áp dụng cho vỉa tương đối mỏng).

Khai thác lộ thiên ở hầu hết các mỏ đá phiến dầu sẽ khó bởi độ dày rất lớn của lớp đất đá phủ trên đó. Ví dụ, ở trung tâm lưu vực Piceance, các mỏ đá phiến dầu dày 2.000 ft nằm sâu dưới khoảng 1.000 ft đá trơ và đá phiến dầu có hàm lượng dầu rất thấp. Điều này không nhất thiết phải loại trừ việc khai thác lộ thiên vì các lớp quặng thường có hệ số bóc đất đá thuận lợi. Hệ số này là tỷ số giữa độ dày của lớp đất đá phải bóc và độ dày thân quặng. Các vỉa dày ở trung tâm lưu vực Piceance có tỷ lệ 1 ft lớp đất đá phủ trên 2 ft đá phiến dầu, tức là hệ số bóc là 1:2. Đối với than, hệ số bóc 10:1 thường được chấp nhận về mặt kinh tế. Một nghiên cứu của Hội đồng Dầu khí quốc gia cho thấy việc khai thác mỏ lộ thiên theo dạng mở sẽ được ưu tiên khi hệ số bóc là 2:1 đến 5:1, khai thác theo dải phù hợp với các hệ số bóc nhỏ hơn và khai thác hầm lò phù hợp với các hệ số bóc lớn hơn 5:1.

Tuy nhiên, các nguyên tắc kinh tế trong khai thác mỏ than cần được áp dụng một cách cân trọng đối với đá phiến dầu. Việc bóc 1.000 ft lớp đất đá phủ để thu hồi được 2.000 ft đá phiến có thể khả thi về lý thuyết, tuy nhiên ranh giới mỏ sẽ rất rộng đến mức cần một khu vực khai thác rất lớn. Hơn nữa, khoản đầu tư ban đầu lớn cho giai đoạn bóc lớp phủ trong nhiều năm trước khi chung cất đá phiến có thể làm cho việc khai thác các mỏ nằm sâu theo phương pháp mở không kinh tế. Ngoài ra, khai thác theo dải sẽ không khả thi ở nhiều mỏ đá phiến dầu, thậm chí ở những khu vực có hệ số bóc thuận lợi, vì thiết bị gầu xúc sẽ phải vươn tới đáy của lớp phủ và đá phiến dày 3.000 ft. Không rõ là có thể chế tạo một thiết bị như vậy không.

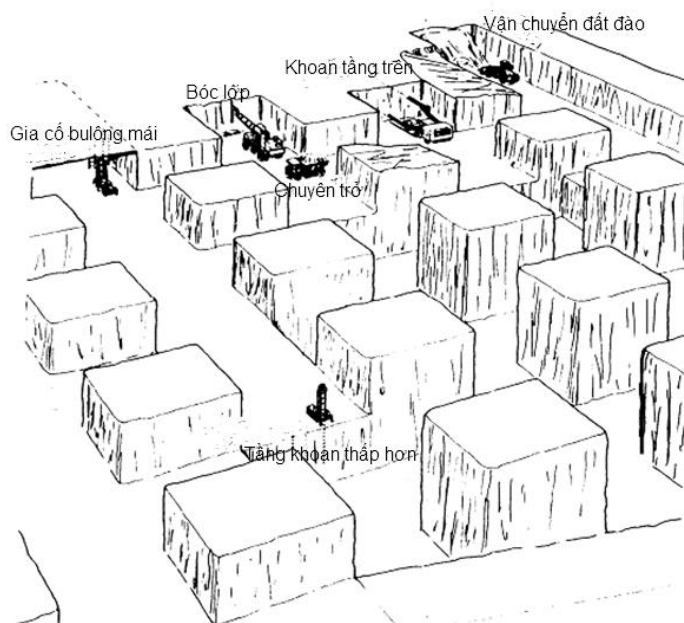
2.2.2. Khai thác hầm lò (dưới lòng đất)

Nhiều quy trình khai thác hầm lò đã được đề xuất cho mỏ đá phiến dầu nhưng đến nay chỉ có phương pháp khai thác buồng và trụ chống và phương pháp khai thác với sự hỗ trợ của phương pháp chung cất tại hiện trường cải tiến là được thử nghiệm ở quy mô đáng kể. Trong phương pháp khai thác mỏ kiểu buồng và trụ chống, một số đá phiến được lấy ra để tạo thành các buồng lớn và một số được để nguyên tại hiện trường làm các trụ chống, để đỡ mái mỏ. Kích thước tương đối của các buồng và trụ chống được xác định bởi các tính chất vật lý của đá phiến, độ dày của lớp phủ và chiều cao của mái mỏ. Hầu hết các quặng có lợi ích thương mại rất dày và có tương đối ít khe nứt và khiếm khuyết tự nhiên. Bản thân quặng có khả năng chịu nén và ứng suất cắt dọc. Các tính chất này cho phép sử dụng các buồng lớn và cần tương đối ít đá phiến để dành lại làm trụ chống mà không được khai thác.

Cục Khai thác mỏ Hoa Kỳ (U.S. Bureau of Mines-USBM) đã nghiên cứu phương pháp khai thác hầm lò đá phiến dầu tại trạm thí điểm Anvil Points vào cuối những năm 1940 và đầu những năm 1950. Mục đích chính của chương trình khai thác là cung cấp đá phiến thô cho các thí nghiệm chung cất của Cục, tuy nhiên chương trình này cũng được thiết kế để phát triển một phương pháp khai thác an toàn với chi phí thấp. Kỹ thuật buồng và trụ chống được thông qua sau khi được thử nghiệm ở quy mô rộng. Từ những nghiên cứu này, trong đó bao gồm cả việc mở rộng các buồng cho tới mái bị thất bại, các nhà nghiên cứu kết luận

rằng để khai thác an toàn các buồng nên rộng 60 ft với trụ chống là 60 ft mỗi cạnh.

Nhiều trong số các thiết kế mở hiện đại đã được cấp bằng sáng chế là dựa trên kiểu mở thực nghiệm của USBM. Thiết kế được mô tả trong *Hình 2.3* là kế hoạch khai thác được đề xuất cho cơ sở khai thác có công suất 46.000 thùng/ngày của Hãng Colony Development ở lưu vực Piceance. Các buồng đều rộng 60 ft; các trụ chống có tiết diện 60 ft vuông; và mái mở cao 60 ft. Quy trình khai thác mở được tiến hành ở hai tầng cao 30 ft. Tầng trên được khai thác trước tiên bằng cách khoan các lỗ mìn vào vách buồng khai thác và phá vỡ đá phiến bằng chất nổ. Đá phiến vỡ được vận chuyển bằng xe tải vào máy nghiền, ở đó đá được nghiền theo kích thước phù hợp với thiết bị chưng cất TOSCO II trên mặt đất. Vách và mái của buồng mới sau đó được “nạo” để chuyển đá phiến vỡ do nổ mìn nhưng không rơi ra. Các lỗ được khoan vào mái và được chốt bằng các bu lông chốt mái để đảm bảo độ ổn định, như vậy bảo vệ các thợ mỏ không bị đá rơi từ mái xuống. Các nghiên cứu của USBM cho thấy các bu lông chốt mái cần được lắp theo các đường vào khai mỏ nhưng không nằm ở khu vực đang khai thác. Các buồng khai thác này sẽ bị bỏ không rất lâu trước khi có bất kỳ sự cố sụp mái nghiêm trọng nào.



Hình 2.3. Phương pháp khai thác buồng và trụ chống của Colony

Nguồn: An Assessment of oil Shale Technologies

Tiếp đó sẽ khai thác đến tầng dưới. Quy trình này tương tự, ngoại trừ các lỗ mìn được khoan vào sàn tầng trên và không cần đóng thêm các chốt ở mái nữa. Chu trình khoan, nổ mìn, bóc, nạo và đóng chốt ở mái được thiết kế để sản xuất khoảng 66.000 tấn đá phiến/ngày. Khoảng 60% đá phiến ở mỏ đã được khai thác để xử lý trong các thiết bị chưng cất trên mặt đất. Phần còn lại ở lại trong các trụ chống. Colony ước tính có đủ đá phiến

trong via 60 ft để cung cấp cho các thiết bị chung cất ít nhất là trong 20 năm.

Các ưu điểm chính của phương pháp buồng và trụ chống được xác định là:

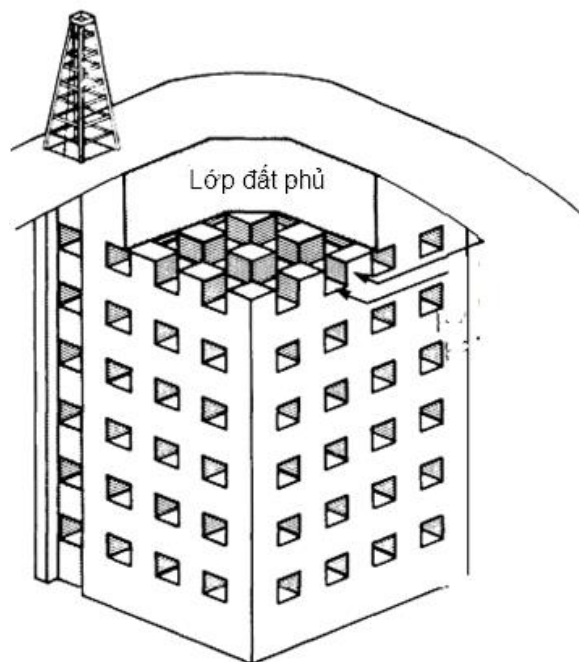
- Phương pháp rất linh hoạt và có thể dễ dàng sửa đổi để thích ứng với điều kiện mới, thiết bị mới, hoặc các tiến bộ công nghệ;
- Phương pháp có thể được cơ giới hóa cao và đạt tổng hiệu suất khai thác cao do có thể khai thác nhiều khu vực cùng một lúc;
- Các lỗ mìn tương đối dễ thông gió;
- Việc mở đường vào khai thác cũng là một hoạt động sản xuất vì đá phiến cũng được lấy ra; và
- Mỏ có thể được thiết kế để giảm thiểu sự lún bề mặt.

Những nhược điểm là chi phí cho hệ thống đỡ mái lớn và hiệu suất khai thác tương đối thấp. Về khía cạnh này, người ta ước tính chỉ có thể khai thác được 30 đến 50% đá phiến ở độ dày 75 ft. Có thể đạt hiệu suất khai thác cao nếu sau đó các trụ chống được khai thác tiếp hoặc nếu quá trình khai thác được thực hiện ở nhiều mức (Hình 2.4).

2.2.3. Công nghệ nứt vỡ thủy lực

Thực tế thì không phải tới đầu thế kỷ XXI, con người mới biết tới công nghệ nứt vỡ thủy lực. Những mũi khoan thí nghiệm theo công nghệ này đã được thực hiện vào năm 1947 và tới năm 1949 thì nó mới được áp dụng thương mại lần đầu tiên.

Tuy nhiên, việc phát triển công nghệ nứt vỡ thủy lực vào việc khai thác dầu đá phiến thì mới được phát triển vào những năm 70 của thế kỷ trước với George Mitchell, người sau này được mệnh danh là “cha đẻ kỹ thuật khai thác dầu khí đá phiến”.



Hình 2.4. Khai thác buồng và trụ chống theo nhiều mức

Source: An Assessment of oil Shale Technologies

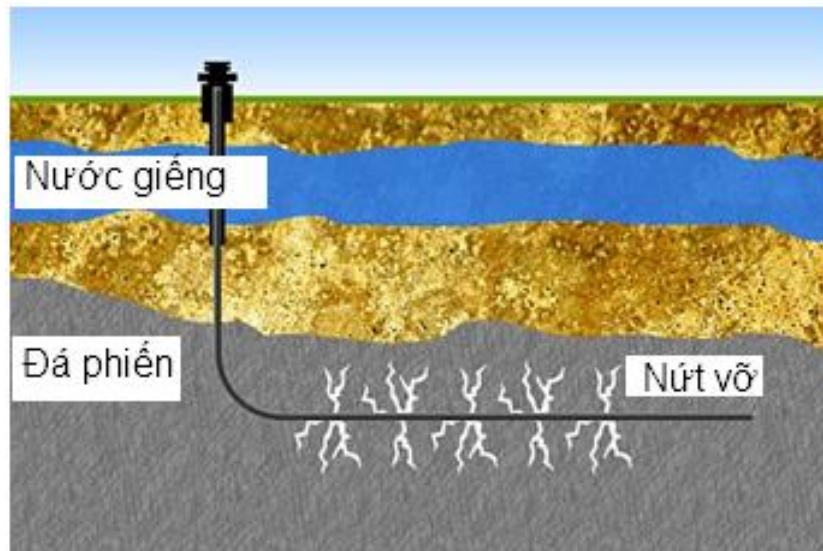
Về cơ bản, công nghệ nứt vỡ thủy lực (*Hình 2.5*) là kỹ thuật bơm chất lỏng gồm hỗn hợp nước, cát và hóa chất vào lỗ khoan với áp lực cực mạnh, làm nứt gãy các vỉa đá phiến, từ đó tạo ra các lỗ hổng để tập trung dầu và khí trong đá vào các giếng khoan để khai thác.

Trong thời gian dài sau đó, bất chấp những nghi ngờ, thậm chí chế giễu, Mitchell vẫn kiên nhẫn phát triển công nghệ nứt vỡ thủy lực dùng cho khai thác dầu khí đá phiến. Mitchell tin rằng, với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, việc khai thác dầu khí đá phiến bằng phương pháp này là hoàn toàn có thể.

Tới năm 2002, thấy được tiềm năng của công nghệ nứt vỡ thủy lực, hãng Devon Energy của Hoa Kỳ đã mua lại công ty của Mitchell với giá lên đến 3,5 tỷ đô la. Devon đã kết hợp kỹ thuật nứt vỡ thủy lực với kỹ thuật “*khoan ngang*” (horizontal drilling) để hoàn thiện công nghệ khai thác dầu khí đá phiến hiệu quả với chi phí thấp vào năm 2005.

Quy trình khai thác dầu đá phiến bằng công nghệ nứt vỡ thủy lực gồm các công đoạn chính sau:

- Đầu tiên người ta khoan thẳng xuống từ 1-3 km tùy theo độ sâu của các vỉa đá phiến có chứa dầu khí. Tiếp đó, kỹ thuật khoan ngang sẽ giúp mũi khoan bẻ của một góc 90 độ và tiếp tục khoan ngang vào vỉa đá với độ sâu từ 1-2km.
- Sau khi đã có giếng khoan rồi, người ta dùng một thiết bị đặc biệt để cách ly từng vùng một trong giếng khoan ngang và tạo ra các lỗ nhỏ trên thành giếng lẫn đá phiến bằng việc kích nổ các chất nổ chứa trong thiết bị đó.
- Một hỗn hợp dung dịch gồm nước, cát và hóa chất (trong đó, nước và cát chiếm đến 99,5%) được bơm thẳng xuống giếng ngang với áp lực cao.



Hình 2.5. Khai thác dầu đá phiến theo công nghệ nứt vỡ thủy lực
Nguồn: Lê Văn (2014)

- Dưới áp lực cao, hỗn hợp dung dịch bị đẩy mạnh vào các lỗ nhỏ trên thành giếng tiếp xúc trực tiếp với đá phiến và khiến cấu trúc đá phiến bị phá vỡ tạo thành nhiều khe nứt li ti về mọi hướng.

- Tiếp đó, nước được bơm ngược lên trên, chuyển đi xử lý. Dầu và khí sẽ theo những khe nứt này di chuyển ngược lên và được tách lọc trên mặt đất bằng những phương pháp tương tự như đã áp dụng với dầu khí truyền thống.

Việc hoàn thiện kỹ thuật nứt vỡ thủy lực trong khai thác dầu đá phiến và khí đã khiến sản lượng dầu và khí của Hoa Kỳ tăng vọt trong gần một thập kỷ qua.

Từ năm 2005-2013, sản lượng khai thác dầu và khí đá phiến ở Hoa Kỳ tăng từ 5% lên đến 35% tổng lượng dầu khí khai thác ở quốc gia này. Hiện Hoa Kỳ đã vượt Nga, trở thành quốc gia sản xuất khí đốt lớn nhất thế giới. Tuy vậy, vũ khí bí mật tạo nên cuộc cách mạng dầu khí đá phiến của Hoa Kỳ cũng đang gây ra nhiều tranh cãi.

Đầu tiên là việc công nghệ nứt vỡ thủy lực tiêu tốn một lượng nước rất lớn.

Vào năm 2009, Hội đồng Bảo vệ Nguồn nước ngầm Hoa Kỳ đã công bố lượng nước trung bình cần sử dụng để khoan và hút một giếng dầu khí đá phiến là từ khoảng 8.000-15.000 m³ để thu về 300 xe tải dầu.

Trong khi đó, theo một báo cáo được đưa ra năm 2011 của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA), lượng nước sử dụng cho khai thác đá phiến tại Hoa Kỳ có thể lên đến 530 triệu m³, tương đương 1/5 tổng lượng nước tiêu thụ của Thụy Điển năm 2010.

Đây là một vấn đề rất lớn khi 38% trữ lượng dầu khí đá phiến trên thế giới phải đối mặt với tình trạng thiếu nước tại các địa phương, trong khi việc khai thác lại đòi hỏi một lượng nước lớn.

Điều đáng nói là lượng nước hàng ngàn m³ này sau khi được trộn với hóa chất và bơm xuống các giếng dầu đá phiến sẽ được hút ngược trở lên và trở thành nước thải với rất nhiều chất nguy hại đối với môi trường.

Việc xử lý khối lượng nước thải khổng lồ đang trở thành vấn đề rất lớn đối với các doanh nghiệp khai thác dầu khí đá phiến bằng công nghệ nứt vỡ thủy lực. Các biện pháp tái sử dụng lượng nước thải trong khai thác dầu đá phiến cũng đang được tích cực triển khai nhưng chưa khả thi.

Nhiều nhà hoạt động môi trường cũng lo lắng rằng, các hóa chất được sử dụng để trộn với nước trong công nghệ nứt vỡ thủy lực có thể ảnh hưởng tới nguồn nước ngầm cũng như sức khỏe con người.

Theo một nghiên cứu của Đại học Missouri, trong khoảng 700 - 800 loại hóa chất sử dụng trong quá trình phân rã thủy lực, nhiều loại bị liệt vào danh sách các hóa chất gây rối loạn học-môn. Những hóa chất này tác động đến hệ nội tiết, ảnh hưởng đến quá trình tăng trưởng, sinh dục và quá trình trao đổi chất của cơ thể, có thể dẫn đến những dị tật bẩm sinh ở trẻ hoặc gây bệnh ung thư.

Một vấn đề khác của công nghệ khai thác dầu đá phiến chính là việc sử dụng cát.

Theo một nghiên cứu được Viện Vệ sinh Lao động Quốc gia của Hoa Kỳ (NIOSH) công bố hồi tháng 8/2013 cho thấy, những người công nhân làm việc tại các giếng khoan dầu đá phiến có nguy cơ tiếp xúc với không khí có nồng độ bụi vượt ngưỡng cho phép. Trong đó, nghiêm trọng nhất chính là cát, loại chất có thể gây ra bệnh bụi phổi silic.

Nghiên cứu được tiến hành với hơn 100 mẫu không khí được lấy từ 11 điểm khai thác dầu khí đá phiến trên toàn Hoa Kỳ.

Cát silic diôxit được sử dụng để trộn với nước tạo thành dung dịch hỗn hợp cho quá trình nứt vỡ thủy lực. Các nhà nghiên cứu cho rằng, người công nhân có thể hít phải bụi cát trong quá trình vận chuyển cũng như phối trộn hỗn hợp fracking.

Theo các nhà khoa học, bệnh bụi phổi silic có thể phát tác trong vòng từ 5-20 năm với các triệu chứng như khó thở và thậm chí có thể dẫn tới tử vong.

Một hậu quả tai hại được cho bắt nguồn từ công nghệ nứt vỡ thủy lực chính là động đất.

Tháng 9 năm 2014, Cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) đã công bố những bằng chứng cho thấy, có mối liên quan chặt chẽ giữa công nghệ nứt vỡ thủy lực dùng trong khai thác dầu khí đá phiến với hiện tượng động đất gia tăng tại Hoa Kỳ trong những năm gần đây.

Nghiên cứu của USGS chỉ ra rằng, tỉ lệ các trận động đất dọc tại khu vực dọc theo ranh giới tiểu bang Colorado và New Mexico từ năm 2001 tới nay tăng lên gấp 6 lần kể từ đầu thế kỷ XX. Sự gia tăng này trùng với thời gian con người bắt đầu khai thác dầu khí từ đá phiến tại khu vực này.

Hiện, các nhà nghiên cứu chưa tính toán chính xác được mối quan hệ nhân quả trực tiếp từ hoạt động khai thác dầu khí tới những trận động đất. Tuy nhiên, họ khẳng định rằng, “nó là một phần gây ra hiện tượng động đất ngày càng gia tăng”.

Thực tế, nghiên cứu của USGS không phải là nghiên cứu đầu tiên về hiện tượng này. Trước đó đã từng có nhiều nghiên cứu độc lập ở một số nước trên thế giới đã khẳng định quá trình nứt vỡ thủy lực có mối liên hệ với động đất như ở Anh.

Những tranh cãi quanh tác động của công nghệ nứt vỡ thủy lực đến sức khỏe và môi trường cũng khiến nhiều quốc gia “quay lưng” với công nghệ này dù nó rất thành công ở Hoa Kỳ. Pháp là một trong những quốc gia tiên phong và kiên quyết trong việc cấm sử dụng công nghệ nứt vỡ thủy lực. Vào cuối năm 2011, Bắc Ireland cũng đã cấm sử dụng phương pháp này. Một số quốc gia như Bulgaria, Romania, Cộng hòa Séc,... đều đã cấm hoặc có kế hoạch cấm sử dụng phương pháp này trong vài năm tới.

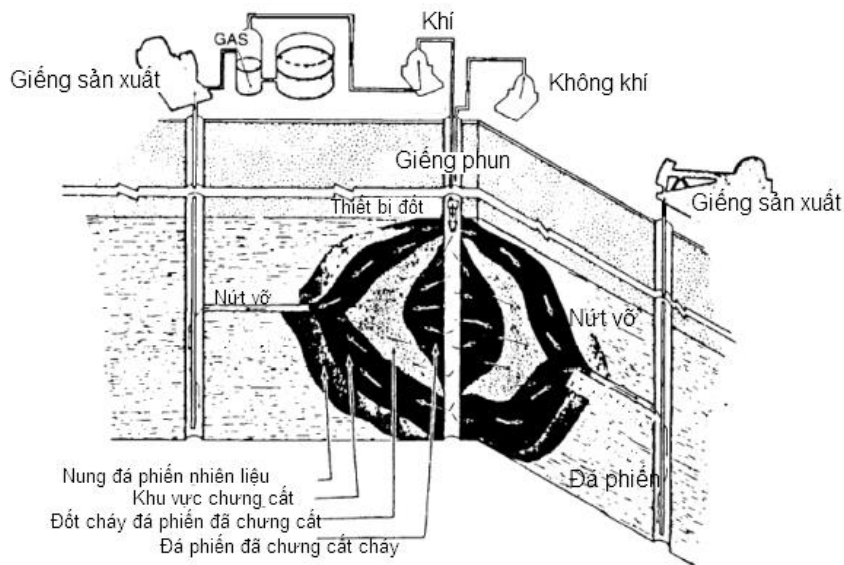
III. CHUNG CÁT DẦU ĐÁ PHIẾN

Các công nghệ chung cát dầu đá phiến gồm: chung cát trên mặt đất, chung cát tại hiện trường thuần túy và chung cát tại hiện trường cải tiến. Quy trình công nghệ chung cát trên mặt đất bao gồm chuyển đá phiến dầu lên mặt đất bằng phương pháp khai thác lộ thiên hay hầm lò sau đó nghiền, sàng theo kích thước yêu cầu rồi chuyển đến thiết bị chung cát để sản

xuất dầu đá phiến, khí đá phiến và than đá phiến bằng cách nung nóng và cho đi qua thiết bị chưng cất nhiệt độ thấp. Công nghệ chưng cất tại hiện trường trực tiếp nung đá phiến dầu ở dưới lòng đất và chuyển đổi nó thành dầu đá phiến hoặc khí đá phiến, các sản phẩm này sau đó được vận chuyển và đưa lên mặt đất. Cho đến nay, chưng cất là phương pháp chính để sản xuất dầu đá phiến từ đá phiến dầu.

3.1. Chưng cất tại hiện trường thuần túy

Chưng cất tại hiện trường thuần túy là công nghệ xử lý đá phiến dầu dưới lòng đất. Quy trình này thường được thực hiện bằng cách đốt khí và nhiệt phân các lớp đá phiến dầu dưới lòng đất để thu dầu đá phiến. Quy trình này tránh được các vấn đề về khai thác, xử lý và chôn lấp số lượng lớn vật liệu phế thải, là các vấn đề xảy ra khi chưng cất trên mặt đất. Chưng cất tại hiện trường đưa đến khả năng khai thác các vỉa đá phiến dầu nằm sâu dưới đất. Phương pháp chưng cất tại hiện trường thuần túy có những hạn chế nhất định do đá phiến dầu không có khả năng thấm, do đó cản trở luồng khí đi vào và dòng chảy ra của dầu và khí được sản xuất, ngoài ra nó cũng làm giảm hiệu suất truyền nhiệt vào mỏ đá phiến dầu.



Hình 3.1. Chưng cất tại hiện trường thuần túy

Source: An Assessment of oil Shale Technologies

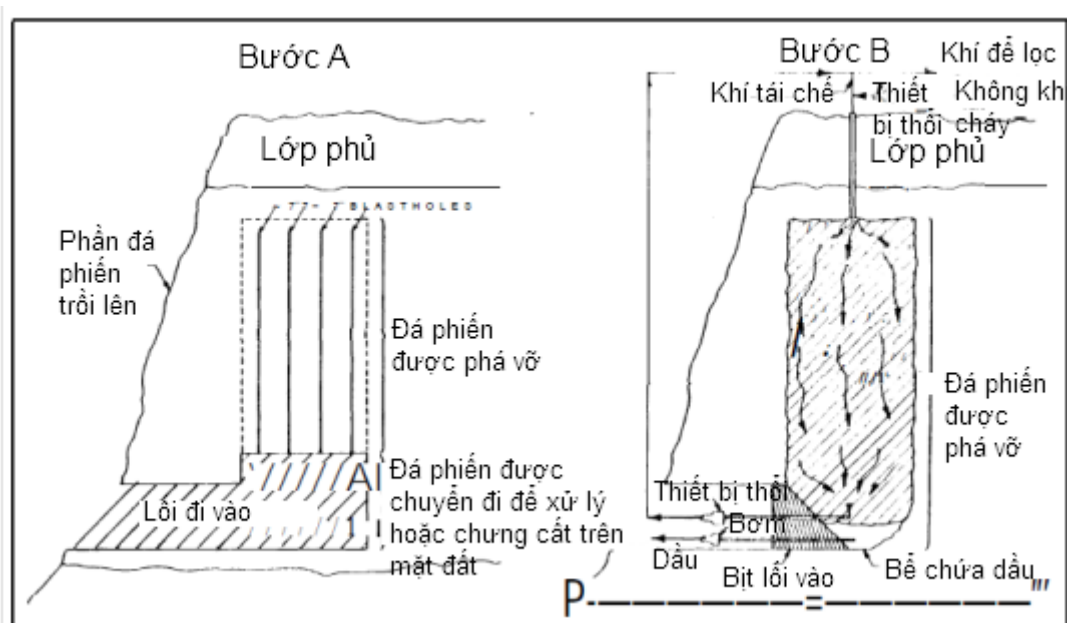
Các bước xử lý tại hiện trường thuần túy được tiến hành như sau:

1. Tháo khô mỏ, nếu quặng nằm ở khu vực nước ngầm;
2. Làm nứt vỡ hoặc làm vỡ nếu quặng không có khả năng thấm dòng chất lỏng;
3. Bơm chất lỏng nóng hoặc môi lửa vào một phần của vỉa để cấp nhiệt cho quá trình nhiệt phân; và
4. Thu hồi dầu và khí qua giếng.

Các nguyên lý chung cất tại hiện trường được minh họa trong *Hình 3.1*. Một số phương pháp đã được đề xuất, các phương pháp này khác nhau về cách thức chuẩn bị và nung nóng quặng. Tất cả các phương pháp đều sử dụng hệ thống phun và các giếng khai thác được khoan theo mô hình định trước. Một trong các mô hình thường được sử dụng là mô hình “năm điểm”, trong đó bốn giếng khai thác được khoan ở các góc của một hình vuông và một giếng phun được khoan ở trung tâm của hình vuông này. Quặng được nung qua giếng phun và các sản phẩm được thu hồi qua các giếng khai thác.

Để quy trình chung cất thuần túy tại hiện trường hiệu quả, quặng cần có khả năng thấm dòng chất lỏng cao. Một ví dụ điển hình là khu Leached Zone ở lưu vực Piceance, nước ngầm đã hòa tan muối mỏ lắng đọng tại các khu vực đá vôi có diện tích lớn. Người ta ước tính có khoảng 550 tỷ thùng dầu đá phiến tại chỗ. Có các khe nứt và các khoảng trống được nối với nhau ở các khu vực khác của mỏ, tuy nhiên nói chung, các quặng này chỉ có khả năng thấm rất hạn chế. Độ thấm của hầu hết khu mỏ dường như có khả năng thương mại về cơ bản là không. Quặng nằm gần bề mặt đất có thể được nứt vỡ bằng cách phun nước hoặc thuốc nổ dạng sệt, nhưng cũng có thể cần tăng độ thấm của các lớp quặng nằm sâu dưới đất. Các quy trình chung cất tại hiện trường cải tiến hay chung cất trên mặt đất thích hợp hơn đối với các nguồn tài nguyên nằm sâu hơn.

3.2. Chung cất tại hiện trường cải tiến



Hình 3.2. Chung cất tại hiện trường cải tiến
Source: An Assessment of oil Shale Technologies

Trong quy trình chung cất tại hiện trường cải tiến, tính thấm của các mỏ đá phiến dầu được tăng lên bằng cách khai thác một số đá phiến từ mỏ này và sau đó nổ phần mỏ còn lại

để tạo ra khoảng trống. Quy trình gồm hai bước được mô tả trong *Hình 3.2*. Ở bước đầu tiên, một đường hầm được đào đến đáy của vỉa đá phiến dầu và đá phiến được chuyển đi đủ để tạo ra một buồng có diện tích mặt cắt ngang tương đương thiết bị chung cất để sử dụng sau này. Các lỗ được khoan xuyên qua mái buồng đến chiều cao mong muốn của thiết bị chung cất. Chúng được nạp chất nổ và sẽ được kích nổ ở bước thứ hai. Một thiết bị chung cất ngầm hình ống khói được nạp đầy bằng đá phiến vỡ, sau đó hầm đi vào sẽ được bịt kín, một lỗ được khoan từ mặt đất (hoặc từ mức khai thác cao hơn) đến đỉnh của đồng đá vỡ để phun khí và đốt cháy khí nhiên liệu để đốt đồng đá vỡ này. Nhiệt của quá trình đốt các lớp trên được chuyển xuống theo dòng khí. Các lớp dưới bị phân hủy bởi nhiệt và hơi dầu tràn ra khỏi thiết bị chung xuống thiết bị hứng dầu ở đáy, từ đó chúng được bơm lên mặt đất. Vùng cháy di chuyển từ từ xuống thiết bị chung cất, được cấp nhiên liệu bởi cacbon còn sót lại trong các lớp đã chung cất. Khi vùng này đến đáy của thiết bị chung cất, dòng khí bị chặn lại, quá trình cháy chấm dứt.

3.3. Chung cất trên mặt đất

Tùy thuộc vào kích thước hạt, việc chung cất đá phiến dầu trên mặt đất có thể được chia thành hai loại là chung cất tầng đá phiến và chung cất hạt đá phiến. Theo những cách truyền nhiệt khác nhau, chung cất tầng đá phiến được áp dụng đối với các hạt có kích thước trong phạm vi khoảng 25~125mm. Chung cất hạt đá phiến được áp dụng đối với các hạt có kích thước dao động từ 0~25mm sử dụng phương pháp chung cất khô bằng chất mang nhiệt rắn. Sự khác biệt chính của hai phương pháp này là các phương pháp sấy khô đá phiến, chất mang nhiệt, quy trình xử lý và sử dụng than bán cốc (Semi coke) khác nhau. Các công nghệ chung cất đá phiến dầu với quy trình xử lý tầng đá phiến đang được sử dụng trên khắp thế giới, bao gồm công nghệ chung cất Fushun của Trung Quốc, công nghệ Kiviter của Estonia, công nghệ Petrosix của Brazil,...; Các công nghệ xử lý hạt đá phiến đang được sử dụng bao gồm công nghệ Gloter của Estonia, công nghệ chung cất LR của Đức, công nghệ chung cất Tosco- II của Hoa Kỳ, công nghệ chung cất ATP của Canada, công nghệ chung cất Eneifit-280 của Estonia và Đức...

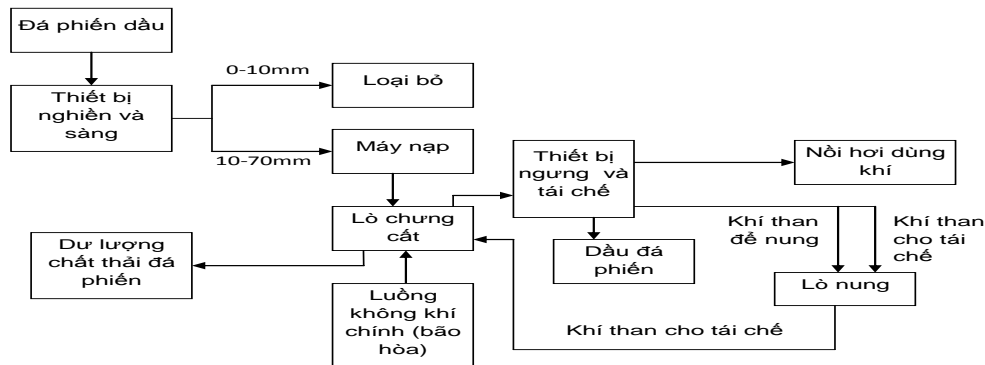
3.3.1. Chung cất tầng đá phiến dầu

a) Công nghệ chung cất Fushun

Công nghệ chung cất Fushun là công nghệ được sử dụng tại nhà máy lọc dầu của tập đoàn khai thác mỏ Fushun. Quy trình chung cất được trình bày trong *Hình 3.3*.

Sau khi được nghiền và sàng, đá phiến dầu có kích thước hạt dưới 10 mm được loại ra, trong khi hạt có kích thước trong khoảng 10~75 mm được đưa vào lò chung cất. Đá phiến dầu được sấy khô, nung sơ bộ và chung cất trong khu vực chung cất, sau đó dầu đá phiến phần lớn được giải phóng thông qua nhiệt phân. Phần còn lại của đá phiến là than cacbon sẽ được đưa vào khu vực khí hóa để thực hiện quá trình oxy hóa và phản ứng khử với việc tăng dần không khí bão hòa. Than đá phiến được thải ra bên ngoài lò và được chuyển đến kho chứa chất thải, một phần được tái sử dụng. Tại lối ra của lò chung cất, sản phẩm chung

cát được xử lý qua hệ thống ngưng, có thể sản xuất dầu đá phiến và khí chung cất khô. Khí chung cất khô được chia thành ba phần: một phần được đưa đến lò tái sinh để nung; một phần khác được dùng làm nhiên liệu cho lò tái chế; và phần còn lại cung cấp cho nồi hơi dùng khí.



Hình 3.3. Sơ đồ quy trình công nghệ chưng cất Fushun

Nguồn: YI PAN (2012)

Công nghệ chưng cất Fushun có những ưu điểm là vận hành đơn giản và thời gian làm việc dài nhưng công suất của một lò chỉ là 100t/ngày. Tỷ lệ sử dụng tài nguyên là 80%, sản lượng dầu dưới 70%, hiệu suất vẫn còn thấp và không gây hại cho môi trường. Vì vậy, công nghệ chưng cất Fushun thích hợp cho các nhà máy xử lý đá phiến dầu nhỏ với sản xuất hàm lượng dầu và khí thấp.

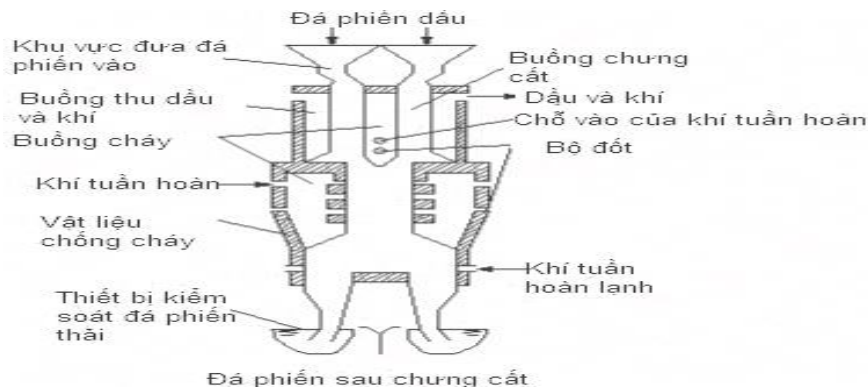
b) Công nghệ chưng cất Kiviter

Lò chưng cất Kiviter, được Estonia phát triển, là lò đốt khí loại thẳng đứng và hình trụ. Sơ đồ cấu trúc của lò chưng cất Kiviter được trình bày trong *Hình 3.4*.

Không khí và không khí tuần hoàn đi vào buồng thổi gió từ một phía của lò, sau khi nung, nhiệt độ của khí xả từ 760°C đến 800°C. Khí xả đi vào lò từ hai mặt cắt ngang hình chữ nhật song song ở hai bên của buồng cacbon hóa, nung đá phiến dầu từ trên xuống. Trong lò chưng cất, nhiệt được cung cấp bằng cách đốt cháy khí chưng cất khô và than. Dầu và khí được sản sinh ra từ buồng thu dầu và khí, sau đó được đưa vào hệ thống ngưng để thu dầu đá phiến. Than cacbon của đá phiến được làm lạnh bằng khí chưng cất khô tuần hoàn lạnh từ đáy lò sau đó được thải ra sau khi nước được đưa vào. Công nghệ này không sử dụng toàn bộ nhiệt ẩn của than bán cốc.

Công nghệ chưng cất Kiviter có những ưu điểm là cấu trúc đơn giản, bảo trì thuận tiện, thông lượng lớn khoảng 1000~3000 t /ngày, mức đầu tư trung bình. Nhưng trong quá trình xử lý, lượng đá phiến dầu bị thất thoát trong quá trình sàng và các chi phí lớn và sẽ sản xuất ra khí có nhiệt trị thấp và lượng lớn chất thải rắn than cacbon với tỷ lệ khoảng 480kg/t. Vì vậy, công nghệ chưng cất Kiviter thích hợp cho các nhà máy dầu đá phiến quy mô trung

binh.



Hình 3.4. Sơ đồ cấu trúc lò chưng cất Kiviter

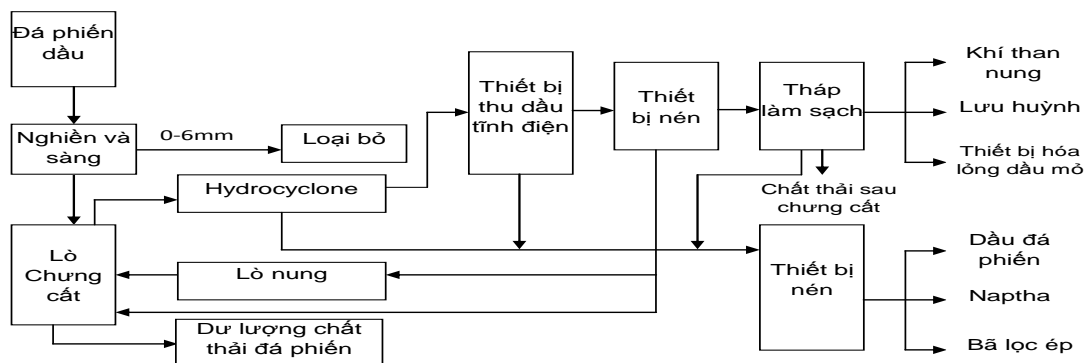
Nguồn: YI PAN (2012)

c) Công nghệ chưng cất Petrosix

Công nghệ Petrosix, được Công ty Dầu khí Brazil phát triển, là phương pháp chưng cất đá phiến dầu sử dụng phương pháp chất mang nhiệt khí. Quy trình này được trình bày trong Hình 3.5.

Sau khi được nghiền và sàng, đá phiến dầu, với kích thước hạt dao động trong khoảng 6,4~76 mm, được đưa vào khu vực chưng cất của lò chưng cất phân hủy nhiệt hữu cơ. Lò này sử dụng nhiệt từ khí nóng và khí than tuần hoàn từ sự thu hồi nhiệt thải của đá phiến. Khí than nóng đi vào từ giữa lò chưng cất và các loại khí than tuần hoàn đi vào từ đáy lò chưng cất. Cả hai dòng khí than được tạo ra từ quá trình này. Trong khu vực sấy khô và nung, sau khi truyền nhiệt của nó sang đá phiến dầu, khí than được làm lạnh và chuyển thành dầu ngưng tụ, dầu đá phiến và các sản phẩm phụ của nó được thu hồi bởi thiết bị thu dầu tĩnh điện và hydrocyclone. Đá phiến thải và dư lượng chất thải được đưa trở lại lò khai thác.

Công nghệ Petrosix có những ưu điểm là thông lượng lớn 2.200 t/ngày, sản lượng cao 110t /ngày, công suất sử dụng đá phiến dầu và sản lượng dầu đều trên 90%, thân thiện với môi trường hơn và có thể tự túc về nhiệt. Nhưng công nghệ này không thể tận dụng toàn bộ đá phiến dầu có kích thước nhỏ hơn 6,4 mm, lò chưng cất rất lớn, khó sửa chữa và vận hành. Vì vậy, công nghệ Petrosix thích hợp cho các nhà máy dầu đá phiến quy mô lớn.



Hình 3.5. Sơ đồ quy trình công nghệ Petrosix

Nguồn: YI PAN (2012)

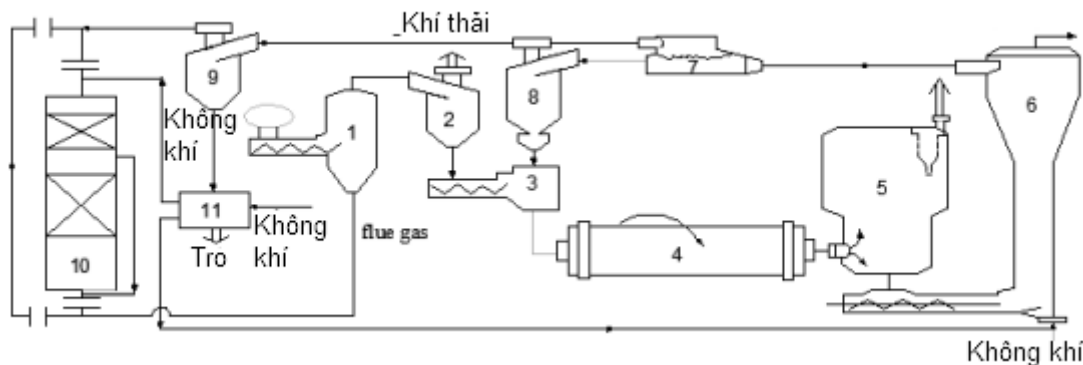
3.3.2. Chung cất hạt đá phiến dầu

a) Công nghệ chung cất Galoter

Công nghệ Galoter, được Estonia phát triển, sử dụng lò chung cất quay dạng bồn, tự sản xuất chất mang nhiệt bằng than đá phiến. Quy trình này được trình bày trong Hình 3.6.

Đá phiến dầu, có kích thước hạt từ 0~25 mm, được sấy khô bằng khí xả, được nung đến nhiệt độ 180°C, sau khi trộn, nó được đưa vào thiết bị chung cất xoay với nhiệt độ chung cất là 500°C. Lốp lót lò được làm bằng gạch chịu lửa, tốc độ chung cất là 1 vòng quay/phút (r/min), thời gian chung cất khoảng 20 phút. Sau giai đoạn 2 loại bỏ bụi bằng hút lọc xoáy, khí dầu đi vào hệ thống ngưng tụ. Thông qua rửa dầu, nhiệt độ giảm xuống đến 300°C, dầu nặng có thể thu được. Sau đó, thông qua giai đoạn thứ 3 làm lạnh không khí, nhiệt độ giảm xuống đến 250°C, dầu thô nặng có thể thu hồi. Dầu thô nặng đi vào tháp cất phân đoạn. Cuối cùng có thể thu được 15% dầu nhẹ, 35% dầu trung bình và khoảng 55% dầu nặng. Ngoài chế biến đá phiến dầu, lò nung cũng được sử dụng để xử lý tổng hợp cao su phế thải.

Công nghệ Galoter có nhiều lợi thế, chẳng hạn như công suất xử lý của một lò đơn là 3330 t/ngày, công suất sử dụng đá phiến dầu cao, sản lượng cao khoảng 86%, hiệu suất năng lượng cao, chất thải ít hơn, dễ quản lý và không có hại đối với môi trường.



1. Thiết bị sấy, nung nóng khí xả; 2. Thiết bị phân tách khí-chất rắn bằng hút lọc xoáy; 3. Thiết bị cấp hỗn hợp tro; 4. Lò chung cất quay dạng bồn; 5. Phòng chứa bụi; 6. Buồng đốt cháy dòng không khí; 7. Đường rẽ; 8, 9. Thiết bị phân tách bằng hút lọc xoáy; 10. Nồi hơi dùng nhiệt thải; 11. Bộ trao đổi nhiệt.

Hình 3.6. Sơ đồ quy trình Galoter

Nguồn: YI PAN (2012)

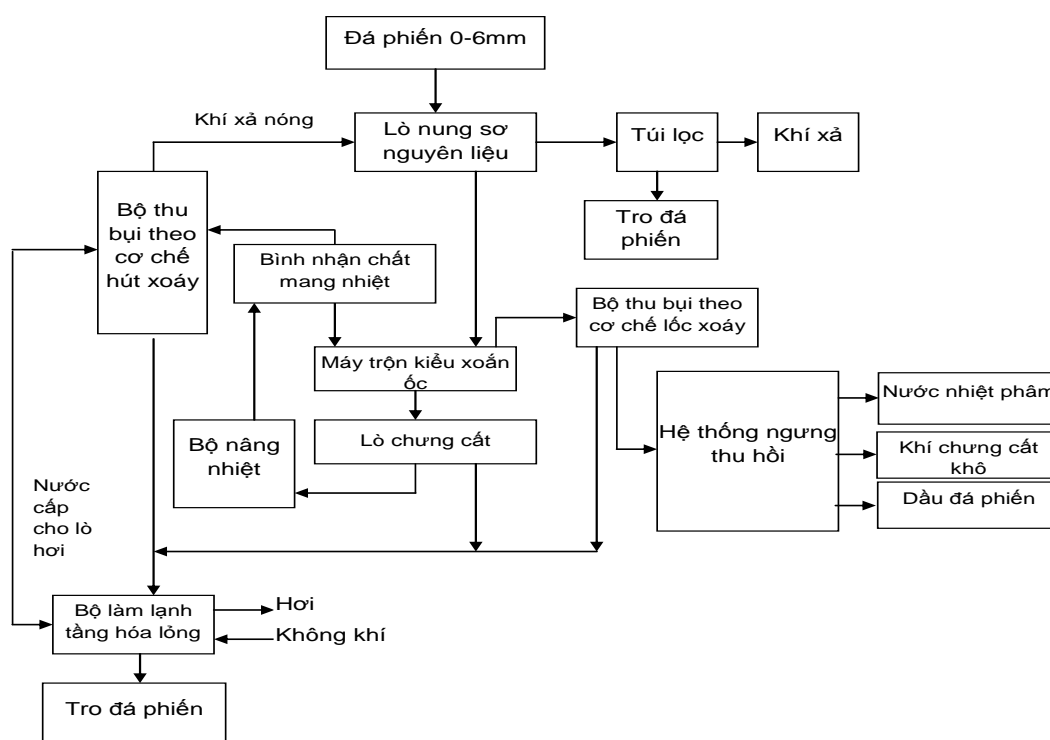
b) Công nghệ LR

Công nghệ LR do Lurgi và Ruhrgas của Đức hợp tác phát triển sử dụng quy trình chất mang nhiệt rắn toàn diện (chất mang nhiệt là tro đá phiến). Nguyên liệu của công nghệ này bao gồm than đá, đá phiến dầu, cát dầu và hydrocacbon lỏng. Quy trình công nghệ được trình bày trong Hình 3.7.

Sau khi được nung nóng sơ bộ đến nhiệt độ 150~210°C, đá phiến dầu, với các hạt kích

thước dưới 6 mm, được đưa vào máy trộn kiểu xoắn ốc, hỗn hợp tro đá phiến từ chất tải nhiệt vào bể chứa ở nhiệt độ 650~750°C. Sau khi vật liệu được trộn trong thiết bị trộn rơi vào các lò phản ứng chung cát để chung cát, vật liệu này rơi xuống đáy của bộ tăng nhiệt (heating riser). Nhưng vật liệu dư thừa được thải vào bộ làm lạnh tầng hóa lỏng từ các lò chung cát, trao đổi nhiệt với không khí nâng (lifting air). Sau khi được nung đến nhiệt độ khoảng 450°C, các vật liệu trên được đưa vào bộ tăng nhiệt từ phía dưới, không khí nâng nâng tro đá phiến nóng sang bể nhận chất mang nhiệt. Thông qua quy trình này, bộ nâng nhiệt nâng tro đá phiến nóng, than cacbon của đá phiến tiếp tục giải phóng nhiệt và chất mang nhiệt được nóng lại, sau đó được chuyển đến các bể nhận chất mang nhiệt nóng. Đồng thời, các khí xả tách ra từ chất mang nhiệt và chất mang nhiệt đi vào máy trộn kiểu xoắn ốc, hoàn thành quá trình xử lý tuần hoàn.

Các công nghệ chung cát LR có các ưu điểm là cấu trúc đơn giản, đầu tư thấp, sử dụng đá phiến đầu cao, sản lượng dầu cao trên 90%, hiệu suất năng lượng cao và tiêu thụ điện năng thấp. Nhưng thông lượng của lò nung đơn là khoảng 24 t/ngày và quy trình chung cát không tiên tiến. Vì vậy, nó thích hợp cho các nhà máy dầu đá phiến quy mô nhỏ.



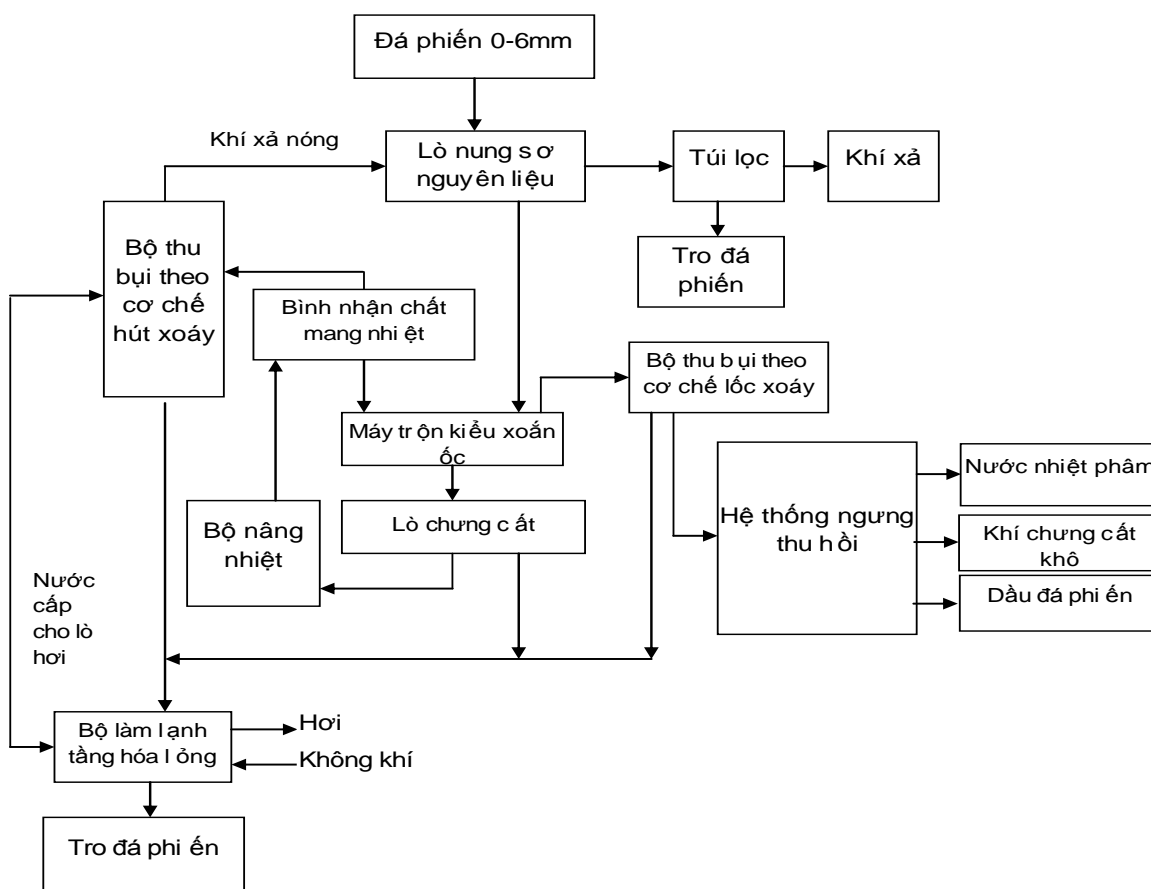
Hình 3.7. Sơ đồ quy trình công nghệ LR

Nguồn: YI PAN (2012)

c) Công nghệ Tosco-II

Công nghệ Tosco-II, được Công ty Tosco của Hoa Kỳ phát triển. Công nghệ này sử

dụng chất mang nhiệt khí (các chất mang nhiệt là các hạt gốm) và được sử dụng để xử lý đá phiến dạng hạt. Quy trình công nghệ được trình bày trong Hình. 3.8.



Hình 3.8. Sơ đồ quy trình công nghệ Tosco-II
 Nguồn: YI PAN (2012)

Trong quá trình này, đá phiến dầu được nghiền thành các hạt có kích thước nhỏ hơn 12,7 mm và sau đó được sấy khô và nung nóng sơ bộ ở nhiệt độ tới 260°C. Sau đó, nó được đưa đến lò chưng cất quay dạng bồn cùng với các quả bóng sứ. Những quả bóng này có đường kính 12,7 mm và được nung trong lò nung ở nhiệt độ 680°C. Khi lò chưng cất quay, nhiệt được truyền giữa các quả bóng và đá phiến dầu. Và quá trình chưng cất phân hủy sẽ bắt đầu khi đá phiến dầu được nung đến 480°C. Bụi lẫn trong dầu và khí sẽ được loại bỏ bằng thiết bị phân tách. Và dầu và khí sau đó sẽ được chuyển vào tháp phân tách, được tách ra thành khí than đá, dầu mỏ, sản phẩm chưng cất và các thành phần khác. Tỷ lệ thu hồi trên 90% tỷ lệ sản lượng dầu đá phiến theo phương pháp thí nghiệm Fisher.

Công nghệ Tosco-II có những ưu điểm sau: Sản lượng dầu 100%, sử dụng 100% đá phiến dầu và hiệu suất năng lượng cao. Thiết bị phức tạp và rất khó sửa chữa; chi phí đầu tư và bảo dưỡng cao vì việc sử dụng các quả bóng gốm; công nghệ này không sử dụng ản

nhệt của than bán cốc. Vì vậy, công nghệ Tosco-II phù hợp cho các nhà máy dầu đá phiến quy mô trung bình.

d) Công nghệ ATP

Công nghệ chưng cất ATP của Canada sử dụng chất mang nhiệt khí rắn (sử dụng chất tải nhiệt tro đá phiến). Quy trình công nghệ ATP được trình bày trong Hình 3.9.

Sau khi được sấy khô bằng thiết bị sấy quay, các hạt đá phiến dầu có kích thước dưới 25 mm đi qua khu vực nung sơ bộ, khu vực chưng cất và khu vực đốt cháy. Dòng chảy ngược của các dư lượng chất thải đá phiến dầu nóng bên ngoài ống trụ bên trong chuyển nhiệt sang đá phiến dầu trong ống trụ bên trong qua vách của ống trụ. Trong khu vực nung sơ bộ, đá phiến được đun nóng đến khoảng 2500C và nước tự nhiên trong đá phiến dầu được tách ra dưới dạng hơi nước. Trong khu vực chưng cất, đá phiến dầu và đá phiến bị đốt cháy một phần từ hỗn hợp cháy và nhiệt độ của hỗn hợp này tăng lên đến 500oC, sau quá trình phân hủy nhiệt, kerogen trở thành khí hydrocacbon và sau đó theo các đường ống đi vào các nhà máy thu hồi dầu. Sau khi chưng cất, các dư lượng chất thải của đá phiến dầu đi vào khu vực đốt cháy, tiếp xúc với không khí, đốt cháy dư lượng carbon và nhiệt độ nên được kiểm soát ở mức 500oC. Sau khi đốt, đá phiến dầu được chia thành hai phần. Một phần được đưa trở lại khu vực chưng cất và cung cấp nhiệt cho carbon hóa đá phiến dầu và nhiệt phân; một phần khác được đưa vào ống trụ bên ngoài, chảy ngược dòng với đá phiến dầu trong ống trụ bên trong và chuyển nhiệt sang đá phiến trong vùng nung sơ bộ.

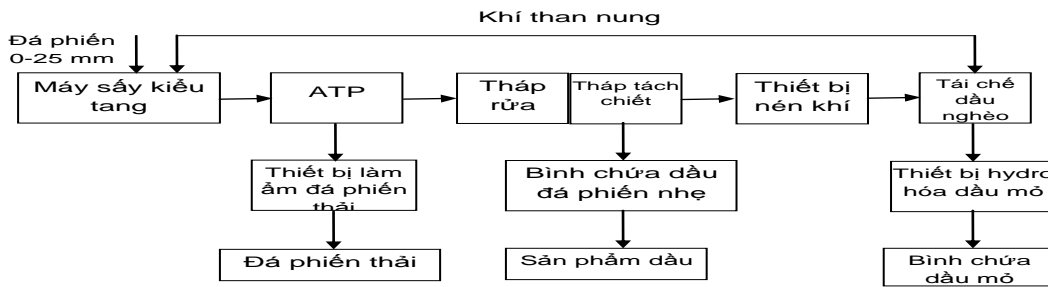
Công nghệ ATP có những ưu điểm là thông lượng lớn 600 t/ngày, sản lượng 600 t/ngày, sử dụng 100% đá phiến dầu, sản lượng dầu 95%, tự cấp nhiệt và thân thiện môi trường. Nhưng các thiết bị sử dụng trong công nghệ này rất phức tạp và khó sửa chữa. Ngoài ra thời gian làm việc ngắn. Vì vậy, công nghệ ATP thích hợp cho các nhà máy dầu đá phiến quy mô lớn và trung bình.

e) Công nghệ Enefit-280

Công nghệ Enefit-280 do Eesti Energia AS và Outotec hợp tác phát triển trong năm 2008. Công nghệ này là một bản nâng cấp dựa trên công nghệ Gloter. Nó kết hợp công nghệ Gloter với công nghệ tầng sôi tuần hoàn. Quy trình công nghệ được thể hiện trong Hình 3.10.

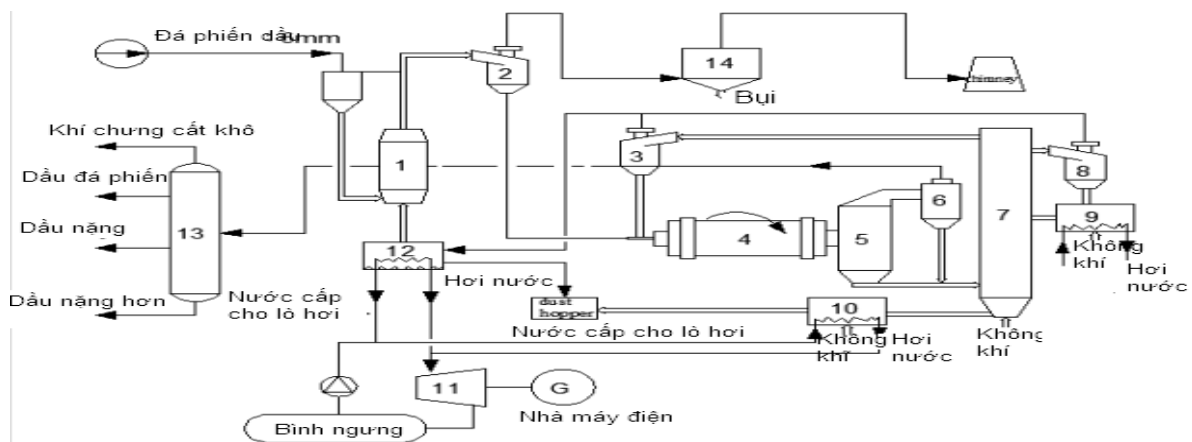
Hạt đá phiến dầu trộn với tro đá phiến dầu theo công nghệ Gloter truyền thống. Hỗn hợp này được hóa lỏng bằng khí tuần hoàn. Phân hủy nhiệt đá phiến được tiến hành trong lò chưng cất quay dạng bồn sau đó được đưa vào buồng tách than. Than và khí chưng cất khô cháy trong tầng sôi tuần hoàn. So với các công nghệ truyền thống, công nghệ này có nhiều ưu điểm, cụ thể là: Than được đốt cháy hoàn toàn hơn; sản lượng dầu Fisher Assay cao; thông lượng lớn; không sử dụng các thành phần động trong khu vực chưng cất làm tăng khả năng hoạt động liên tục; kết hợp công nghệ Gloter và công nghệ tầng sôi tuần hoàn Outotec, công suất xử lý đá phiến dầu đã được cải thiện gấp đôi và quy trình này có những đặc điểm đốt cháy hoàn toàn đá phiến và hiệu suất nhiệt cao; nhiệt sinh ra được sử dụng để tạo ra hơi nước cho nhà máy điện; tro đá phiến không bao gồm các hợp chất hữu cơ, cho phép chôn

lắp và tái sử dụng; các phát thải khí tạo ra đáp ứng các tiêu chuẩn của châu Âu.



Hình 3.9. Sơ đồ quy trình công nghệ Petrosix

Nguồn: YI PAN (2012)



1. Lò sấy có ống khuếch tán; 2. Thiết bị tách đá phiến dầu kiểu lốc xoáy; 3. Thiết bị tách chất tải nhiệt kiểu lốc xoáy; 4. Lò chưng cất quay dạng bồn; 5. Buồng hút bụi; 6. Thiết bị tách bụi kiểu lốc xoáy; 7. Nồi hơi tầng sôi tuần hoàn; 8. Thiết bị tách tro đá phiến kiểu cyclon; 9. Thiết bị ngưng đối lưu; 10. Thiết bị làm lạnh tầng sôi; 11. Tuabin hơi nước; 12. Nồi hơi nhiệt phế thải; 13. Hệ thống thu hồi ngưng tụ; 14. Thiết bị lọc bằng điện.

Hình 3.10. Sơ đồ quy trình công nghệ Enefit-280

Nguồn: YI PAN (2012)

So sánh các công nghệ chưng cất đá phiến dầu trên mặt đất

So sánh chi tiết các công nghệ chưng cất đá phiến dầu trên mặt đất được trình bày trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. So sánh các công nghệ chưng cất đá phiến dầu trên mặt đất

Kích thước hạt	Công nghệ	Quốc gia phát triển	Thiết bị chưng cất	Kích thước hạt/mm	Chất mang nhiệt	Thông lượng/(t·d ⁻¹)	Sản lượng dầu/%	Cấu trúc thiết bị và hoạt động bảo trì	Đầu tư và chi phí sản xuất
Chưng cất khối đá phiến	Công nghệ chưng cất Fushun	Trung Quốc	Trụ đứng	10~75	Khí than đá tuần hoàn	100	70~75	Cấu trúc đơn giản, sửa chữa thuận tiện, vận hành đơn giản	Thấp
	Kiviter	Estonia	Trụ đứng	25~125	Khí than đá theo chu kỳ	1000~3000	75~80	Cấu trúc đơn giản, sửa chữa thuận tiện	Trung bình
	Petrosix	Brazil	Ống thẳng	6~76	Khí than đá theo chu kỳ	2200~8000	90	Cấu trúc phức tạp, bảo trì và vận hành	Tương đối cao

					chu kỳ			tương đối khó	
Chung cát hạt đá phiến	Galoter	Estonia	Trụ quay	Dưới 25	Tro đá phiến	3000	85~90	Cấu trúc phức tạp, bảo trì và vận hành tương đối khó	Tương đối cao
	LR	Đức	Tang trống kép	Dưới 6	Tro đá phiến	24	Gần 100	Cấu trúc đơn giản	Thấp
	Tosco-II	Hoa Kỳ	Tang trống quay	Dưới 12,7	Hạt sứ đặc biệt	900	Gần 100	Cấu trúc phức tạp, bảo trì và vận hành tương đối khó	Tương đối cao
	ATP	Canada	Trụ quay ngang	Dưới 12,7	Tro đá phiến	6000	95	Cấu trúc đơn giản, sửa chữa thuận tiện, vận hành đơn giản	Trung bình
	Enefit-280	Estonia và Đức	Trụ ngang	Dưới 6	Tro đá phiến	6700	~90	Cấu trúc phức tạp, bảo trì và vận hành tương đối khó	Tương đối cao

Các công nghệ chung cát trên mặt đất có các đặc điểm và điểm chung giống nhau được tóm tắt như sau:

1. Sản lượng dầu của quá trình chung cát đá phiến hạt là khoảng 100%, cao hơn so với chung cát đá phiến khối.

2. Công nghệ chung cát Fushun và công nghệ chung cát LR có một số điểm giống nhau như công suất xử lý thấp, đầu tư thấp hơn, cấu trúc và vận hành đơn giản và bảo trì thuận tiện. Các công nghệ này rất thích hợp cho nhà máy dầu đá phiến quy mô nhỏ.

3. Công nghệ Kiviter có những đặc điểm sau: Thông lượng lớn, sản lượng dầu thấp, đầu tư thấp, thích hợp với các nhà máy dầu đá phiến quy mô trung bình; công nghệ Tosco-II cho sản lượng dầu cao, thiết bị phức tạp, đầu tư cao hơn, thích hợp cho các nhà máy dầu đá phiến quy mô trung bình.

4. Công nghệ Petrosix có những đặc điểm sau: Thông lượng lớn, sản lượng dầu cao, thân thiện môi trường hơn, sản phẩm phụ là khí có nhiệt trị cao, kiểu lò trưởng thành, thích hợp cho nhà máy đá phiến dầu quy mô lớn.

5. Công nghệ ATP có những đặc điểm sau đây: Thông lượng lớn, có khả năng xử lý đá phiến dầu dạng hạt, sản lượng dầu cao, sản phẩm phụ là khí có nhiệt trị cao, thiết bị phức tạp, đầu tư cao, thích hợp cho nhà máy đá phiến dầu quy mô lớn và trung bình.

6. Công nghệ Gloter và công nghệ Enefit-280 cùng có quy trình chung cát sử dụng chất mang nhiệt rắn. Hai công nghệ này có các đặc điểm sau: Thông lượng hay lưu lượng lớn, sản lượng dầu cao, việc xây dựng tương đối phức tạp, chi phí bảo dưỡng cao, rất thích hợp cho nhà máy đá phiến dầu quy mô lớn. Điện năng tiêu thụ để xử lý đá phiến dầu của công nghệ Enefit-280 gấp hai lần công nghệ Gloter và công nghệ Enefit-280 thân thiện môi trường hơn và hiệu quả hơn. Hiện nay, công nghệ này là một trong những công nghệ chung cát tốt nhất thế giới.

Kết luận

1. So với quy trình chung cát khối đá phiến, quy trình chung cát hạt đá phiến có những ưu điểm như kích thước hạt chung cát nhỏ, sử dụng đá phiến dầu tốt hơn, sản lượng dầu cao

hơn và thân thiện môi trường hơn. Thay vào đó, quy trình chung cất khối đá phiến đã được phát triển trong một thời gian dài và có một số lợi thế, như công nghệ trưởng thành, quy trình tương đối đơn giản, đầu tư thấp. Vì vậy, quy trình chung cất khối đá phiến không thể bị thay thế trong thời gian ngắn.

2. Xu hướng công nghệ chung cất đá phiến dầu:

- Liên tục tối ưu hóa lưu lượng xử lý, tăng thông lượng của lò đơn, giảm chi phí và nâng cao lợi ích kinh tế.

- Phát triển kết hợp các quy trình công nghệ chung cất trên mặt đất hay các công nghệ sản xuất dầu khác, chẳng hạn như kết hợp các quy trình sử dụng chất tải nhiệt của khí rắn với quy trình sử dụng chất tải nhiệt của khí, kết hợp quy trình chung cất sử dụng chất tải nhiệt rắn với quy trình tầng sôi tuần hoàn.

- Việc phát triển công nghệ chung cất dầu đá phiến trên mặt đất cần được kết hợp với phương pháp sử dụng tối ưu hóa và toàn diện đá phiến dầu. Thông qua các phương pháp sử dụng toàn diện và tối ưu hóa đá phiến dầu, cần phát triển nền kinh tế tuần hoàn. Sau khi nghiên cứu, than của đá phiến dầu được tạo ra trong lò chung cất, được trộn với xỉ được tạo ra trong quá trình lọc dầu. Nhiệt sinh ra từ quá trình đốt cháy chuyển thành hơi nước, được chia thành hai phần: Một phần được sử dụng như chất làm lạnh bên ngoài và phần khác được sử dụng để chạy turbine hơi nước để phát điện. Tro được tạo ra từ quá trình đốt cháy có thể được sử dụng làm nguyên liệu cho sản xuất xi măng, đất sét xộp và các khối xây dựng. Điều này có thể nâng cao giá trị gia tăng của đá phiến dầu và tăng khả năng cạnh tranh thị trường.

- Do môi trường xung quanh bị ảnh hưởng trong quá trình chung cất, xử lý và sử dụng đá phiến dầu, trong quá trình phát triển các công nghệ chung cất dầu đá phiến cần đồng thời chú trọng đến bảo vệ môi trường. Công nghệ chung cất đá phiến dầu hoàn chỉnh phải bao gồm cả công nghệ xử lý nước thải đá phiến và công nghệ sử dụng hiệu quả dư lượng tro đá phiến.

KẾT LUẬN

Lần đầu tiên trong vòng 5 năm qua, giá dầu thô thế giới đã chọc thủng đáy 60 USD/thùng và dự kiến vẫn còn tiếp tục giảm.

Giá dầu liên tục giảm mạnh là do nguồn cung dầu thô đang vượt cầu khi sản lượng của Hoa Kỳ tăng lên mức cao nhất trong hơn 3 thập kỷ trong khi OPEC vẫn giữ sản lượng ở mức cao. Dầu đá phiến và những tiến bộ công nghệ của Hoa Kỳ trong khai thác loại dầu này được cho là nguyên nhân dẫn đến sự tuột dốc của giá dầu thế giới những ngày qua.

Câu hỏi đặt ra là, điều gì đã khiến một quốc gia nhập khẩu dầu khí như Hoa Kỳ lại vượt cả Nga và Ả rập Xê út để trở thành nước sản xuất dầu thô lớn nhất thế giới? Câu trả lời chính là cuộc cách mạng dầu khí đá phiến tại Hoa Kỳ, những tiến bộ công nghệ đã giúp họ có thể khai thác dầu đá phiến hiệu quả cao, chi phí thấp trong một thời gian ngắn, điều mà

trước đây còn là một khó khăn đối với ngành công nghiệp này.

Trong khi đó tại Việt Nam, nghiên cứu của các nhà khoa học Viện Khoa học năng lượng đã chỉ ra rằng Việt Nam sẽ phải đối mặt với nguy cơ thiếu hụt nguồn năng lượng trong tương lai không xa. Chúng ta sẽ trở thành nước nhập khẩu năng lượng trước năm 2020. Nếu không đảm bảo được kế hoạch khai thác các nguồn năng lượng nội địa hợp lý, tình huống phải nhập khẩu năng lượng sẽ xuất hiện vào khoảng năm 2015. Điều đó cho thấy vấn đề năng lượng của Việt Nam sẽ chuyển từ giới hạn trong phạm vi một quốc gia thành một phần của thị trường quốc tế và chịu sự tác động thay đổi của nó.

Việc nghiên cứu tiềm năng phát triển các nguồn năng lượng khác bên cạnh các nguồn năng lượng cơ bản ngày càng trở nên quan trọng trong cơ cấu nguồn năng lượng Việt Nam trong tương lai, đặc biệt là dầu đá phiến. Việt Nam cần có các nghiên cứu khảo sát, đánh giá trữ lượng dầu đá phiến cũng như khả năng sản xuất dầu đá phiến để bổ sung vào nguồn năng lượng có nguy cơ thiếu hụt trong tương lai.

*Biên soạn: Nguyễn Mạnh Quân
Nguyễn Lê Hằng
Nguyễn Khánh Linh*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Văn (28/12/2014), Bí mật công nghệ của “vũ khí” dầu đá phiến Hoa Kỳ, <http://vietnamnet.vn/vn/khoa-hoc/213902/bi-mat-cong-nghe-cua-vu-khi-dau-da-phien-my.html>
2. Viện Khoa học năng lượng (2011), Hiện trạng và triển vọng năng lượng Việt Nam, <http://www.vast.ac.vn/khoa-hoc-va-phat-trien/dieu-tra-co-ban/1055-hi-n-tr-ng-va-tri-n-v-ng-nang-lu-ng-vi-t-nam>
3. John R. Dyni (2005), Geology and Resources of Some World Oil-Shale Deposits, Scientific Investigations Report , U.S. Department of the Interior; U.S. Geological Survey
4. National Oil Shale Association (NOSA) (2013), OIL SHALE, ENERGY TO FUEL OUR FUTURE
5. Southern States Energy Board Norcross, Georgia (2006), AMERICAN ENERGY SECURITY BUILDING A BRIDGE TO ENERGY INDEPENDENCE AND TO A SUSTAINABLE ENERGY FUTURE
6. RAND (2006), INFRASTRUCTURE, SAFETY, AND ENVIRONMENT
7. World Energy Council, 2010 Survey of Energy Resources
8. James G. Speight (2012), Shale Oil Production Processes
9. YI PAN (2012), XIAOMING ZHANG, SHOUHUI LIU, SHUANGCHUN YANG AND NAN REN Liaoning Shihua University, A Review on Technologies for Oil Shale Surface Retort, J.Chem.Soc.Pak., Vol. 34, No.6, 2012

10. N. E. ALTUN, C. HIÇYILMAZ, J.-Y. HWANG, A. SUAT BAĞCI, M. V. KÖK, OIL SHALES IN THE WORLD AND TURKEY; RESERVES, CURRENT SITUATION AND FUTURE PROSPECTS: A REVIEW, *Oil Shale*, 2006, Vol. 23, No. 3 pp. 211–227
11. Oil Shale Advisory Committee (1979), *An assessment of oil shale technologies*.