(6-8) طرق الاستخراج ألمنجمي السطحي Surface Miming

الترسبات المعدنية التي يتم استخراجها بطريقة المنجم السطحي تقسم الى ثلاثة أقسام رئيسية:

1- الترسبات المعدنية الفتاتية او الترسبات الناعمة القريبة من السطح.
2- الترسبات المعدنية الطباقية او الترسبات المستوية.
3- الترسبات المعدنية الصلدة Massive، وغير المنتظمة أو التي تكون على شكل عروق معدنية مائلة أو ترسبات عدسية.

(6-9) فوائد طرق الاستخراج ألمنجمي السطحي Advantages of surface Mining

1. إنتاجية عالية في استخراج الترسبات المعدنية.
2. حجم الأعمال ألمنجميه والتشغيلية كبيرة جدا.
3. انخفاض كلف الإنتاج للطن الواحد.
4. سهولة تتبع واستكشاف الجسم المعدني.
5. عدم وجود أية تحديدات في حجم الآليات والمعدات المستخدمة.
6. كفاءة الاستخراج المعدني عالية جدا.
7. طريقة عمل آمنة وعدم وجود مخاطر تشغيلية.
8. سهولة التخطيط والتصميم للأعمال ألمنجميه.

(6-10) التخطيط للأعمال ألمنجميه السطحية

Surface Mining planning and Layout

بعد ان يتم اتخاذ القرار المناسب والانتقال الى المرحلة اللاحقة وهي القيام بالأعمال ألمنجميه السطحية والمضي قدما باستخراج الترسبات المعدنية من موقعها ونقلها الى معمل الاستخلاص، يجب التخطيط للأعمال التشغيلية ألمنجميه بكل دقة ولكافة تفاصيل العمل ألمنجمي. الهدف من التخطيط لهذه الأعمال التفصيلية هو:-

1- معرفة وتثبيت العلاقة المقبولة الى economic stripping Ratio ثم معرفة شكل عملية الاستخراج وحدود المنجم السطحي.
2- ضمان توفير كمية كافة من الترسبات المعدنية المكشوفة طوال الوقت جاهزة للاستخراج لتغطية كمية الإنتاج المطلوبة.
3- توفير وصيانة طرق مواصلات ومساحة حركة مناسبة للآليات والمعدات المستخدمة.

4- لمواجهة أي تغيير في شكل وحجم الترسبات المعدنية ضرورة وجود مرونة وحرية في تغيير شكل وحجم واتجاه المنجم السطحي بكل سهولة ليتناسب مع المتغيرات الجديدة للترسبات.

إن التخطيط لاختيار الطريقة ألمنجميه المناسبة تعتمد بصورة أساسية على نوع الترسبات المعدنية بعد ان يتم تصميم الشكل الهندسي لهذه الطريقة ومن أهم هذه التصاميم هي معرفة درجة ميل السفح للمنجم التي تؤثر كثيرا على stripping Ratio. تصميم طرق المواصلات ونقل الخام بالسيارات الخارجة المحملة بالخام والسيارات الداخلة الفارغة مع وجود مرونة للحركة، مساحة واجهة الأشغال ألمنجميه وارتفاع الواجهة الأمامية التي تعتمد على نوع المعدات والآليات المستخدمة.

في حالة الترسبات المعدنية الكبيرة واسعة الامتداد يجب التخطيط للأعمال الاستخراجية والتشغيلية لعدة عقود مسبقا وتقسيمها الى عدة مراحل للعمل، كل مرحلة يخطط لها بحدود خمس سنوات مثلاً، وهكذا لحين استخراج وقلع كل الترسبات المعدنية الهدف من التخطيط المستقبلي للعمليات الاستخراجية ألمنجميه هو:

1- زيادة وتضخيم استخراج الخام من موقعه إلى أعلى نسبة ممكنة.

2- تقليل نسبة الصخور العقيمة الواجب قلعها الى اقل كمية ممكنة.

3-ضرورة الوصول إلى موقع الترسبات المعدنية بأسرع وقت ممكن وبأقل كلفة للبدء بمرحلة الإنتاج مبكرا لغرض الحصول على المردودات المالية. لتغطية كلف الاستثمار والأموال المصروفة لانجاز المشروع.

في بعض الأحيان يتم استخراج كامل الترسبات المعدنية بمردود اقتصادي جيد وبدون حصول أي فقدان أو ضائعات، ولكن في بعض الأحيان يتم قلع واستخراج الجزء الأكبر من الترسبات المعدنية ويتم ترك الجزء المتبقي في موقعه بدون استخراج اعتمادا على مبدأ حد القطع للتركيز أو السمك الذي يحدد الجزء الذي يجب أن يبقى في موقعه لضرورات اقتصادية أو فنية أو تقنية. يعتبر حد القطع دالةً أو تعريفاً إلى أقصى درجة economic stripping Ratio مع الوقت مع تغير كلف انتاج الطن الواحد من الترسبات وسعر البيع ممكن أن يزداد وأحيانا من الممكن أيجاد او استخدام طرق معالجات او تقنية متطورة تؤدي الى زيادة الإنتاج مع خفض كلف الاستخراج المعدني.

(6-11) المعدات المستخدمة في المنجم السطحي

هناك مرونة عالية في اختيار نوع المعدات والآليات المستخدمة في عمليات الاستخراج ألمنجمي السطحي بسبب عدم وجود أية محددات في المساحة المطلوبة، لحركة الآليات والمعدات، وجود فضاء واسع مع وجود حرية تامة في إنشاء وتصميم الطرق والمنحدرات لتسهيل حركة مرور هذه الآليات، من الممكن عمل وإنشاء أكثر من واجهة للأشغال ألمنجميه لغرض زيادة الإنتاج واختيار المعدات الكبيرة او العملاقة التي تتمتع بالكفاءة وإنتاجية عالية في قلع ونقل كميات كبيرة من الخام لتحقيق إنتاجية عالية لتقليل كلف التشغيل مع إمكانية إنهاء العمل ألمنجمي بأقصر وقت ممكن مع زيادة المردود المالي.

(6-12) طرق الاستخراج ألمنجمي السطحية Surface Mining methods

(6-12-1) المنجم المفتوح ذو المدرجات Open Pit Bench Mining

يستخدم هذا النوع من طرق الاستخراج ألمنجمي للترسبات الطباقية الأفقية أو المائلة، العروق المعدنية، الترسبات الأنبوبية، الترسبات المعدنية غير النظامية والصلدة. وعند قلع واستخراج الخام من موقعه لا يمكن إعادة ردم الفضلات والصخور العقيمة داخل الحفرة ألمنجميه بل يجب أن تنقل إلى مكان خارج حدود المنجم، تبقى في محلها لحين الانتهاء من الاستخراج كامل الترسبات المعدنية ثم تعاد هذه الفضلات إلى الحفرة ألمنجميه لردمها والتخلص منها بعدها تعاد التربة السطحية فوقها ويعاد ترتيب سطح الأرض لتتلائم مع الاستخدامات البشرية والحياتية والحفاظ على البيئة.

إن تصميم وتطوير المنجم مع مرور الوقت يعتبر من الأعمال السهلة والبسيطة بعد إزالة ورفع التربة السطحية ثم إزالة الغطاء الصخري لكشف الترسبات المعدنية للسطح تبدأ مباشرة الأشغال ألمنجميه في قلع واستخراج الخامات وبدأ الإنتاج لغرض الحصول على مردودات مالية تعطي تكاليف الإنتاج، تبدأ أعمال إنشاء طرق المواصلات التي تصل من الخام الى سطح الأرض وعمل شبكة من طرق الوصول او الخروج للحفاظ على حرية حركة الآليات والمعدات في نقل واستخراج الخام تتم أعمال قلع واستخراج الخام على مراحل نحو العمق على شكل سلسلة متعاقبة من المدرجات والمنحدرات او ما يسمى أحيانا (المصاطب) يتم تحديد ارتفاع كل مدرج وعرضه على ضوء نوع الآليات المستخدمة وغالبا ما يتراوح ارتفاع مدرج من (15-20) متر والعرض من (5-8) متر. يزداد عدد المدرجات كلما زاد العمق نحو الأسفل مع وجود زيادة في سعة أو قطر الحفرة ألمنجميه في الأعلى شكل رقم (6-18).

شكل (18-6) المنجم المفتوح ذو المدرجات Open pit bench mine

أكثر الترسبات المعدنية تمتلك أحجام وأشكال غير نظامية ومعقدة وعادة يتم قلع واستخراج الخام والصخور العقيمة والفضلات في وقت واحد ويجري، العمل ألمنجمي والأعمال التشغيلية على عدة مراحل ومستويات وعلى شكل مدرجات ومنحدرات ذو ميل يقع ضمن زاوية الرقاد مع تقدم سير اعمل نحو العمق في قلع واستخراج الجسم المعدني. شكل رقم (19-6) يوضح مراحل العمل ألمنجمي في منجم (Noresman) نورزمان في استراليا حيث يتم رفع وإزالة الغطاء الصخري Over burden بعدها تبدأ أعمال قلع واستخراج الخام

الشكل (19-6) منجم سطحي ذو مدرجات(منجم نورزمان للنحاس) استراليا

والخليط المعدني من قعر المنجم وتنقل خارج نحو معمل المعالجة بالإضافة إلى كون الأعمال مستمرة في أماكن أخرى لترتيب وتنظيم طرق الآليات والمسالك للمعدات وإدامتها لتكون صالحة للاستخدام طيلة فترة العمل.

تستمر أعمال إزالة ورفع الغطاء الصخري مع توسيع امتدادات المساحة السطحية للحفر ألمنجميه من اجل توسيع مساحة واجهة الأعمال ألمنجميه للجسم المعدني ومع زيادة العمق يتم ترتيب وعمل المدرجات وجعلها تميل بزاوية ميل بسيط لتسهيل حركة الآليات والمعدات المخصصة لنقل مواد الخام من مكان تواجدها داخل الحفرة ألمنجميه إلى الخارج مع الحافظة كذلك على زاوية انحدار مناسبة لجدار المنحدر (زاوية رقاد) Angle of Repose لمنع حصول انهيار للسفح أو الجدار ويستمر العمل بهذه الصورة وتزداد أعداد المدرجات مع زيادة العمق كما في الشكل (20-6) الذي يوضح عمل هذه المدرجات والشكل يمثل منجم ريو تنتو Rio tinto في اسبانيا الذي يصل فيه عمق الحفرة ألمنجميه إلى حوالي 200 متر هذا المنجم خاص لاستخراج المعادن الثقيلة (نحاس – رصاص – زنك). في بعض الأحيان يتم قطع عدد من المدرجات لتشكيل طريق مختصر لانجاز سرعة الوصول إلى واجهة الأشغال ألمنجميه.

شكل رقم (20-6) منجم ريو تنتو Rio Tinto في اسبانيا لاستخراج المعادن الثقيلة

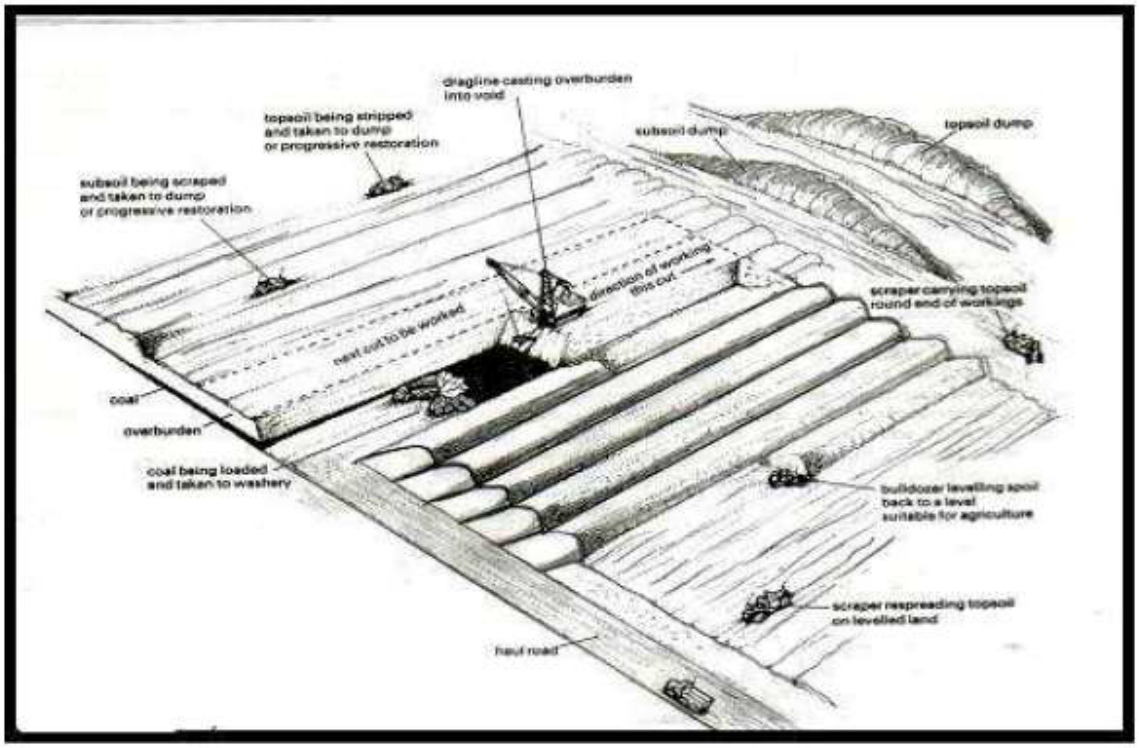
(6-12-2) طريقة التقشير على شكل أشرطة Open Cast or strip Mining

طريقة التقشير أو إزالة الترسبات المعدنية على شكل أشرطة متعاقبة نوع من أنواع طرق الاستخراج ألمنجمي السطحي التي يتم بها ردم أو إعادة ردم الفضلات والصخور العقيمة داخل الحفر ألمنجميه بعد قلع وإزالة الترسبات المعدنية. هذه الطريقة ملائمة للترسبات المعدنية الطباقية المستوية أو ذات الميل القليل التي تكون قريبة من سطح الأرض.

أُسلوب العمل بهذه الطريقة يتم أولا بإزالة ورفع الغطاء الصخري على شكل شريط طولي ضيق لحين الوصول إلى الترسبات المعدنية. الغطاء الصخري للشريط الأول يتم نقله خارج حدود المنجم السطحي بعيداً عن منطقة الأشغال ألمنجميه ويبقى في موقعه لغاية الانتهاء من رفع آخر شريط من الترسبات المعدنية، يتم ردمه وملأ آخر شريط من الأعمال ألمنجميه. شكل رقم(21-6) بعد قلع وإزالة الترسبات المعدنية من الشريط الأول، تبدأ أعمال قلع وإزالة الغطاء الصخري للشريط الثاني الموازي للشريط الأول وتدفن أو توضع لملأ الشريط الأول الذي تم الانتهاء من إزالة الترسبات المعدنية منه، وهكذا يستمر العمل بالنسبة لبقية الأشرطة لغاية الانتهاء من قلع وإزالة آخر شريط معدني ليتم ردمه من الغطاء الصخري المستخرجة من اول شريط في بداية العمل.

العامل المهم في اختيار هذه الطريقة هو تصميم الأشرطة أو مناطق القلع لكي تكون متوازية ومتجاورة تتيح حرية العمل وحركة ألآليات والمعدات المستخدمة مع سرعة في انجاز العمل.هذه الطريقة تكون سهلة وسريعة عندما تكون المسافة بين قلع الركام الصخري والغطاء الصخري وبين مكان الردم قريبة تكون إنتاجية عالية وسرعة في انجاز العمل. العمل يتم عبر سلسلة من الأشرطة تنجز الواحد تلو الأخرى وفي حالة وجود غطاء صخري يجب استخدام أعمال
تفجير وتكسير للصخور الصلبة ولكن غالبا ما تكون الترسبات القريبة من السطح ذات غطاء هش يسهل إزالته باستخدام المعدات والآليات المتخصصة المعدة لهذه الغرض. مساوئ استخدام هذه الطريقة هي عند زيادة العمق للترسبات إلى أكثر من 50 متر تحت مستوى سطح الأرض تصبح أعمال إزالة ونقل الغطاء الصخري صعبة وذات كلف عالية مع زيادة الوقت اللازم لإنتاج الطن الواحد حيث يجب أن تستخدم في هذه الحالة المدرجات.

بعد إكمال أعمال ردم الغطاء الصخري يجب إعادة التربة السطحية إلى محلها مع إجراء أعمال تسوية لها لإعادتها إلى طبيعتها من اجل المحافظة على طبيعة الأرض وجعلها صالحة للاستخدامات البشرية والزراعية والبيئية.



شكل رقم (6-21) مخطط يوضح مراحل سير العمل في منجم مفتوح نوع Open cast

(6-12-3) طريقة الترسبات المعدنية الغرينية النهرية والترسبات رمال السواحل البحرية Alluvial and beach Sand Miming

إن مصدر الترسبات الغرينية ناتجة من تأثير عوامل التجوية وعمليات تكسير الصخور الصلبة والصخور الحاملة للترسبات المعدنية تتبعها عمليات نقل لنواتج التجوية بواسطة المياه الجارية وتصاريف مياه الوديان والأمطار لتترسب في قعر الوديان والبحيرات وعند مصبات الأنهار وربما تبقى رطبة حاملة للمياه طيلة فترة السنة أو تبقى هشة ومفككة على عكس الترسبات الأخرى المتصلبة التي تحتاج إلى عمليات ميكانيكية لتفتيتها ونقلها خارجا. أهم المعادن المتواجدة في الترسبات الغرينية هي المعادن الثقيلة التي تترسب تحت طبقات الرمال والمدملكات التي تنقل بواسطة مجاري المياه تترسب في بطون الأودية والأنهار بسبب كثافتها النوعية العالية ومن الأمثلة على ذلك كما في الجدول رقم (6-2)

جدول رقم (6-2) يوضح الوزن النوعي لبعض المعادن الثقيلة

Mineral	Specific Gravity
Gold	15.5-19.3
Platinum	14-22
Cassiterite (Tin)	6.6-7.1
Diamond	3.2-3.5
Garnet	3.15-4.3
Monozite	4.9-5.3
Magnetite	5.1
Zircon	4.2-4.7
Rutile	4.2
Ilmenite	**4.5-5.0**

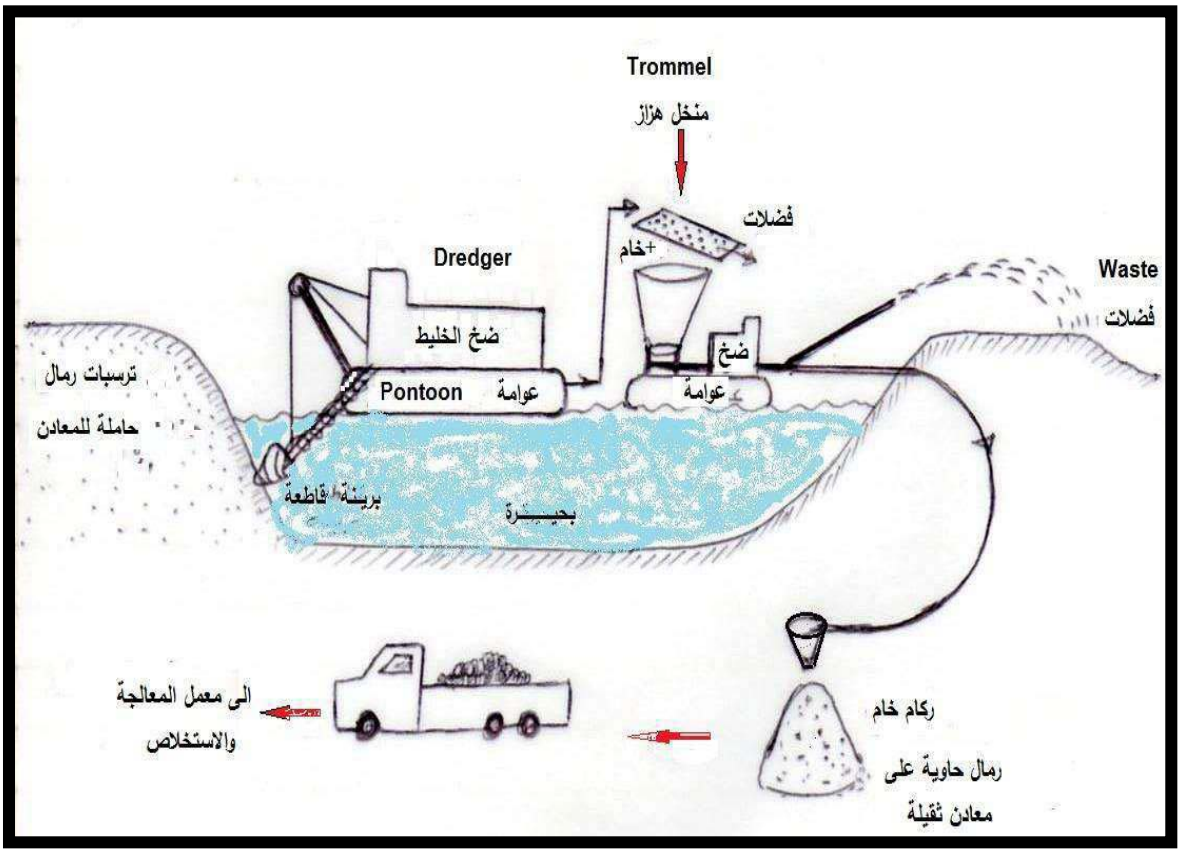
تواجد المعادن الثقيلة في الترسبات النهرية والغرينية تعتمد بصورة أساسية على الصخور المصدرية الحاملة لهذه الأنواع من المعادن. من الممكن ملاحظة أن المعادن الأثقل هي التي تترسب أولا ولذلك نلاحظ أن الذهب يترسب عند أقدام التلال بينما تترسب معادن الزركون والروتايل عند السواحل. ممكن أن تترسب المعادن الثقيلة في الشقوق والكسور للصخور الأم كمثال على ذلك ترسبات القصدير في الصخور الجيرية في ماليزيا على طول قعر النهر. ان اهم واضخم الترسبات الغرينية والنهرية هي ترسبات الرمال والمدملكات وغالبا تكون حاملة لمعادن القصدير، الذهب، البلاتين، تنكستن، كوبالت، التيتانيوم، والماس، يبلغ الإنتاج السنوي تقريباً 900×10^6 طن من المعادن التي تستخرج من هذه الترسبات.

تعتبر التصاريف النهرية من أهم المصادر التي تكون هذا النوع من الترسبات بسبب كفاءة وقابلية المياه الجارية على نقل وعزل وتركيز هذه المعادن بسبب اختلاف الوزن النوعي لها واهم هذه الترسبات هي الرمال البحرية.

إن اختيار طريقة الاستخراج ألمنجميه التي تتلاءم مع هذه الترسبات تعتمد على ظروف ترسيب وموقع هذه الترسبات في الظروف السطحية وأهمها هي:-

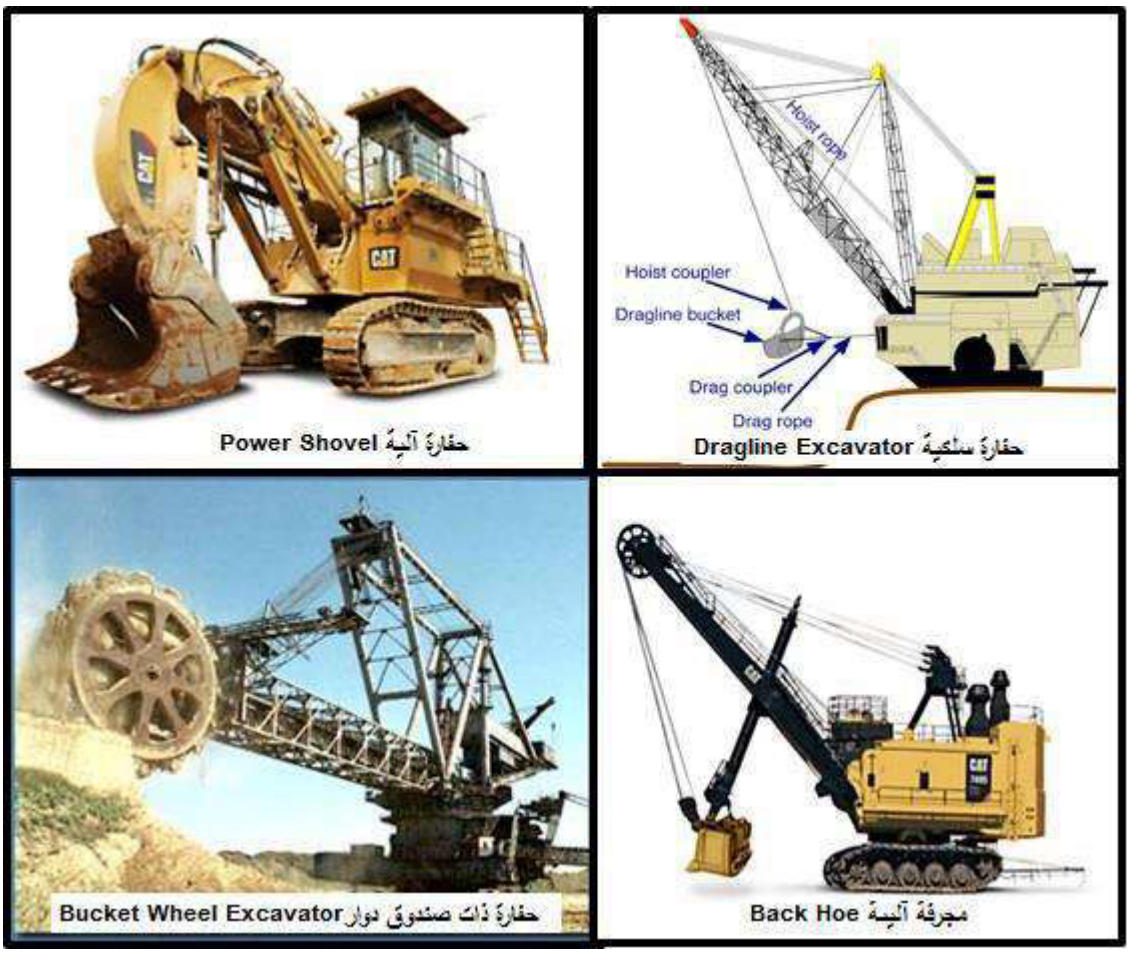
1- الترسبات الرملية الجافة يتم قلعها واستخراجها باستخدام معدات متحركة على سطح الأرض مثل، استخدام الشفل، حفارة سلكية، حفارة هيدروليكية، أحزمة ناقلة ...الخ . التي تلاءم ظروف ترسيب هذا النوع من الترسبات حيث تكون كلف تشغيلها واطئة وذات إنتاجية عالية.

2- الترسبات ذات الأحجام الكبيرة والقيمة العالية التي تحتاج إلى استثمار رأس مال كبير، يتم استخدام معدات عملاقة مثل بناء حفارة سلكية موقعيه معدات ثقيلة متخصصة لنقل الخام مع تشغيل مستمر طيلة أيام السنة وهي تشبه إلى حد كبير العمليات ألمنجميه السطحية في المنجم المفتوح، إذا كان الغطاء الصخري بسيط يتم خلطه وقلعه مع الخام لأنه لا يؤثر على عمليات تخفيف الخام.



شكل رقم (22-6) استخدام معدات متخصصة لضخ الترسبات

3- لترسبات الرطبة أو التي تقع ضمن نطاق المياه الجوفية أو التي تقع في قعر البحيرات أو عند الدلتاوات عادة ما يتم استخدام معدات متخصصة لضخ الترسبات بعد خلطها بالمياه إلى سطح الأرض الجاف مثل استخدام الحفارة (dredger) او طوافة (pontoon) لضخ الخليط الى سطح الأرض شكل رقم(22-6) او قد يستخدم حفارة سلكية عملاقة تقف على سطح جاف ومستقر مجاور للترسبات ويتم قلعها واستخراج هذه الترسبات الى السطح، غالبا ما يكون هذا النوع من عمليات الاستخراج ذات كلف عالي. كما في الشكل رقم (23-6)



شكل رقم(23-6) أنواع من الحفارات المتخصصة في استخراج الترسبات النهرية

(6-12-4) طرق التعدين البحرية Marine Mining

إن عمليات استغلال واستخراج الترسبات المعدنية البحرية فكرة قديمة جدا ثم استخدامها ولكن على نطاق ضيق وذلك لارتفاع كلف استثمار هذه الترسبات. هناك ثلاث أنواع من طرق التعدين البحرية وهي :-

1- استخراج المكونات المعدنية المذابة في مياه البحر مثل المغنيسيوم، ملح الطعام، بروتين والمياه الصالحة للشرب. هذا النوع من الأنشطة لا تنطبق علية مفهوم التعدين بالمعنى الجيولوجي الصحيح حيث يتم ضخ مياه البحر الى معامل معالجة على الأرض واستخدام طرق كيمياوية في الإنتاج.

2- استخراج ومعالجة الترسبات المعدنية الصلبة التي تتواجد في او تحت قاع البحار والمحيطات

3- استخراج ومعالجة الترسبات المعدنية الهشة غير المتصلبة المتكونة على قاع البحار والمحيطات ويتم ذلك باستخدام تقنية ضخ هذه الترسبات بعد خلطها بالمياه الى سطح الأرض ثم معالجتها واستخلاص المعادن الثقيلة منها