

3. СПОСОБЫ ДОБЫЧИ УРАНА

Со времени своего открытия в 1789 г. и до начала XX века уран использовался в качестве красителя и покрытия для керамики и стекла. В период между началом XX века и 30-ми гг. он рассматривался в качестве отхода при производстве радия (который использовался при производстве различных инструментов и люминесцентного покрытия для часов, а также в медицинских целях). Крупномасштабная добыча урана началась только после открытия деления ядер в 1938 г. Хотя он встречается в природе в небольших количествах, уран добывается в шахтах, где его концентрация составляет от 0,1 до 0,5 процентов руды. В редких случаях она превышает 10 процентов, как, например, в Саскачеванских месторождениях в Канаде, или достигает еще большей цифры.



Рис. 13. Рудник «Глубокий» (ОАО ППГХО) получил такое название неспроста — его нижний горизонт находится более чем в 600 метрах под землёй

Существует четыре основных метода добычи:

- Открытый (карьерный). Иногда включает способ кучного выщелачивания;
- Подземный (шахтный). Иногда включает способы подземного и кучного выщелачивания;
- Метод скаженного подземного выщелачивания (путем закачивания

растворителя «in situ»). В этом случае водный раствор реагентов под большим давлением закачивается под землю с целью растворить содержащийся в руде уран. На поверхность земли выкачивается раствор различных солей урана, извлечь их которого металл химическим способом в фабричных условиях уже не представляет труда.

- Способ растворения отходов. Данный метод предусматривает добычу урана как сопутствующего продукта, содержащегося в крайне бедных рудах, которые образуются в результате добычи золота или фосфатов. Этот процесс предусматривает многократное прокачивание растворителя (серной кислоты или карбоната аммония) через руду с целью извлечения урана до тех пор, пока его концентрация в растворе не станет достаточно высокой.



Рис. 14. Погрузо-доставочная машина на ОАО ППГХО.

3.1 Шахты

Долгое время шахтный метод добычи урановой руды был основным. Урановые шахты принципиально не отличаются от других типов шахт, разве что более сильной вентиляцией и повышенной степенью охраны труда. На руднике урановую руду извлекают из горного массива буро-взрывным способом.



Рис. 15. Горизонт Глубокий на ОАО ППГХО



Рис.16. Урановый карьер.

3.2 Карьеры

Довольно часто (особенно в прошлом) уран добывали открытым способом в карьерах. Примером может служить рудник Актау (Казахстан). Карьер размером 17 на 3 км обеспечивает его производительность 650 тонн урана в год. Такие карьеры наносят существенный урон окружающей среде – их рекультивация практически невозможна.

В Краснокаменске уран также одно время добывали открытым способом. Вот что вспоминал по этому поводу геолог Валентин Каменский в 1975 посетивший карьер Тулукуевский в районе Краснокаменска: «Мы спустились на машине в карьер, и я увидел следующую картину: помимо потрясающе красивого геологического разреза по дну карьера и по бортам в нежно розовый фон вмещающей породы были вмонтированы природой огромные темно-фиолетовые желваки руды толщиной 5 м, длиной 25 м с весьма высоким содержанием урана. Вокруг этих темно-фиолетовых линз шла еще оторочка толщиной 3 м ярко желтая. Я понял, что это урановая слюдка. Экскаватор подвинулся вперед и стал обрушивать стенки карьера ковшем, добираясь до этой темно-фиолетовой линзы. Я увидел, как он выбирает эту линзу, грузит ее в "Белаз". При этом ярко-жёлтая оторочка просыпается вниз и поднимается страшная пыль, весьма радиоактивная».



Рис. 17. Отработанный карьер ОАО ППГХО

3.3 Подземное выщелачивание

В современной промышленности в силу отсутствия богатых урановых руд (исключения составляют канадские месторождения несогласия, где концентрация урана достигает до 30% и австралийских с содержанием урана до 3%) используется способ подземного выщелачивания руд. Это – один из самых рентабельных и экологически чистых способов добычи не требует ни карьеров, ни шахт. Предварительная подготовка идёт непосредственно под землёй. Способ применим в тяжелых климатических условиях и вечной мерзлоты. Технология абсолютно закрытая, герметичная. Недра практически не разрушаются и даже полностью восстанавливаются в течение нескольких лет.

Подземное скважинное выщелачивание – способ разработки рудных месторождений без поднятия руды на поверхность путем избирательного перевода ионов природного урана в продуктивный раствор непосредственно в недрах. Данный метод осуществляется бурением скважин через урановорудные тела, подачей раствора в урановорудные тела, подъемом урансодержащих растворов на поверхность и извлечением из них урана на сорбционных ионообменных установках, добавлением кислоты в маточные растворы и закачкой их снова в недра.

Вся площадь месторождения «прокалывается» скважинами (колоннами). В одну скважину закачивается серная кислота (1-2% раствор), иногда с добавлением солей трёхвалентного железа (для окисления урана U(IV) до U(VI)), хотя руды часто содержат железо и пиролюзит, которые облегчают окисление). Идёт процесс выщелачивания урана. Через другую скважину продуктивный раствор с помощью насоса извлекается наверх. Далее он непосредственно поступает на сорбционное, гидрометаллургическое извлечение и одновременное концентрирование урана.

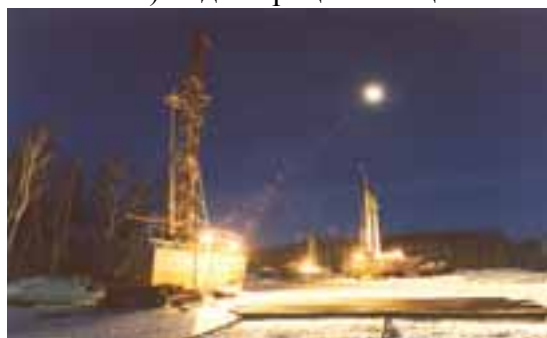


Рис. 18. Технологическое бурение на ЗАО Далур

Метод подземного скважинного выщелачивания является наиболее привлекательным способом добычи урана с точки зрения упрощенности технологических операций. При данном методе не

происходит изменения геологического состояния недр, так как не производится выемка горнорудной массы. Общая поверхность земли, занимаемая полигоном подземного выщелачивания и перерабатывающим цехом для получения 500 метрических тонн U/год U_3O_8 , в 3-4 раза меньше площади, занимаемой типичным гидрометаллургическим заводом на эту же производительность. В процессе скважинного выщелачивания в подвижное состояние в недрах переходит и выводится на поверхность менее 5% радиоактивных элементов по сравнению со 100% при традиционных способах добычи урана. Серная кислота при контакте с породой превращается в гипс, поэтому при данной технологии не остаётся в земле элементов, которых там нет. И если и бывают какие-то размывы, то они быстро устраняются, т.к. при утечках технология не работает. Здесь отпадает необходимость строительства хвостохранилищ для хранения отходов с высоким уровнем радиации. Есть маленькие пескоотстойники, которые после завершения добычи легко рекультивировать.

Отметим, что часто природная гидрогеохимическая среда на урановых месторождениях обладает способностью к самовосстановлению от техногенного воздействия. За счет постепенного восстановления естественных окислительно-восстановительных условий происходит хоть и медленный, но необратимый процесс рекультивации подземных вод рудовмещающих водоносных горизонтов. Возможна интенсификация этого процесса, ускоряющий рекультивацию в десятки раз. Примером естественной деминерализации остаточных растворов может служить результат 13-летних наблюдений, проведенных на месторождении Ирколь (Южный Казахстан) - **Рис. 19.**

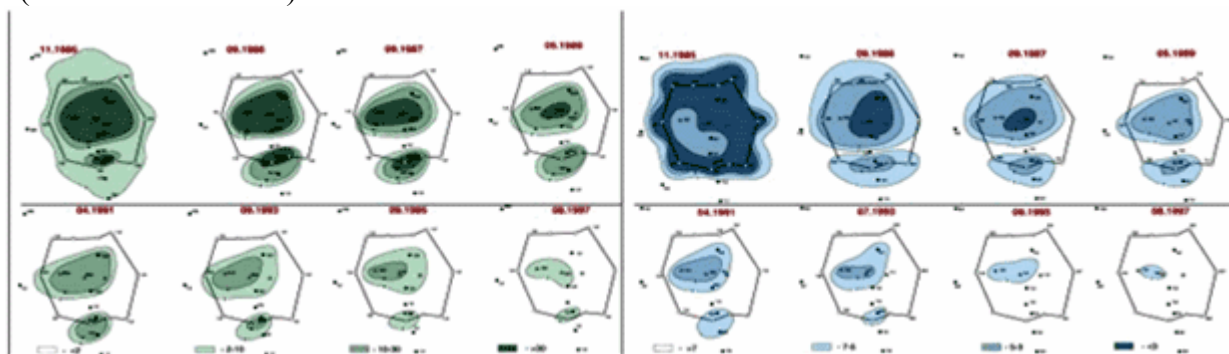


Рис. 19. Рассасывание воздействий на природную среду при скважинном подземным выщелачиванием урана

3.4 Добыча урана из морской воды

Уран из морской воды по приемлемым ценам является окончательной гарантией доступности урана для любой страны с доступом к океану. Из-за большого количества урана в морской воде (4 миллиардов тонн, что в 800 раз больше, чем в ресурсах на суше, извлекаемых по цене в 130\$/кг или меньше) технология извлечения урана из морской воды активно разрабатывается. Основной проблемой является очень низкая концентрация урана - 3 части на миллиард. Поэтому стоимость извлечения будет высокой, пока не будет повышена эффективность всех процессов, включая организацию больших потоков воды без затрат энергии на её прокачку. В 1987 г. в Японии работала установка, в которой использовался адсорбент из порошка гидратированной окиси в кипящем слое. Было извлечено 15,5 кг урана. Другой, более эффективный адсорбент, состоит из очень мелкого порошка амидоксима, внедренного в тонкие волокна поддерживающего материала, типа полиэтилена с диоксидом кремния. Адсорбент изготавливается в форме сети или матов (т.е. представляет собой адсорбционно-активный фильтр). Поскольку в такой структуре много пустот, морская вода может проходить через него с небольшой потерей напора. На базе таких фильтров можно построить заякоренные адсорбционные системы, использующие быстрые природные морские течения. Быстрое течение повышает скорость адсорбции. В последнем испытании блоки, содержащие волокнистые амидоксимовые адсорбенты, помещенные в море на различных глубинах, позволили извлечь 1 кг урана на тонну адсорбента за 20 суток, и 2 кг на тонну за 60 суток