

Краткое изложение содержания работы

В работе рассмотрены результаты исследований, испытаний и промышленной реализации разработанных способов переработки бедного и техногенного ураносодержащего сырья, с осуществлением процессов рудоподготовки, кучного выщелачивания урана, его сорбционного концентрирования и экстракционного аффинажа.

Основная научно-техническая идея и практические достижения

Представленная работа специалистов ПАО «ППГХО» направлена на решение проблем создания и промышленного использования технологий экономически эффективной переработки бедных и убогих урановых руд, расширения минерально-сырьевой базы и снижения экологического воздействия горно-химических производств на окружающую среду.

Переработка убогих и бедных урановых руд способами кучного выщелачивания (КВ) была начата на предприятии в 1996 году. В штабеля направлялась руда забойной крупности, извлечение металла составляло 60-70%. Исследованиями и практикой работы в 1999-2000 гг. было определено, что кольматация сырья, препятствующая проникновению растворов выщелачивания в рудную массу, обусловлена наличием в ней глинистых и алевро-глинистых фракций материалов. В связи с этим, были разработаны и, затем, поэтапно внедрены в производство технологии переработки урановых руд, эффективно сочетающие перколяционный и пульповой процессы (рисунок 1).

В настоящее время в объединении реализуется проект по увеличению объемов переработки бедного ураносодержащего сырья до 1,0 млн. тонн/год методом КВ.

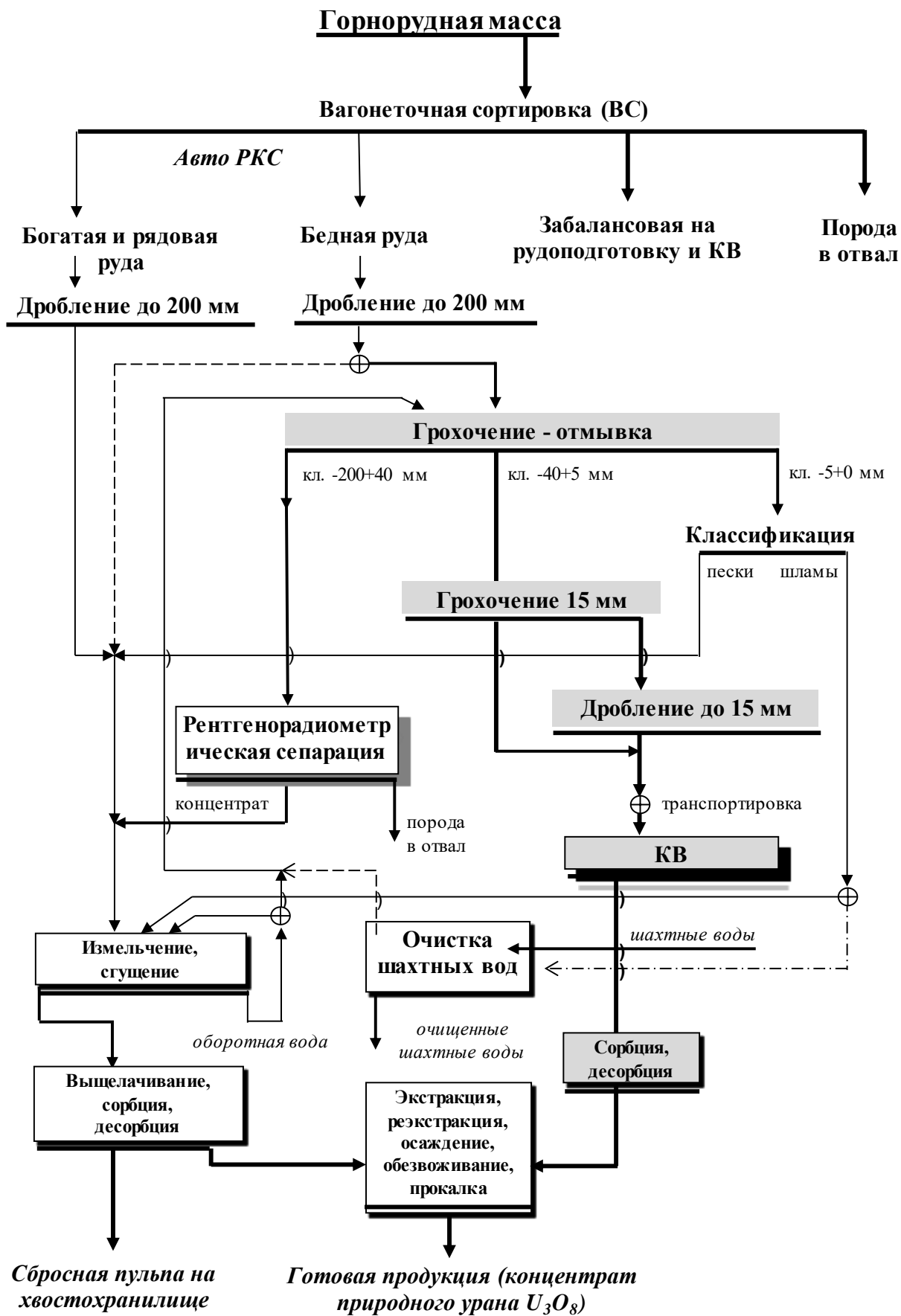


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема переработки руд

Оценка новизны

Реализованная на предприятии схема включает крупное дробление бедных урановых руд, их отмывку, грохочение, выделение существенно обогащенного ураном материала, с размерами частиц менее 5 мм, и его подачу на совместное измельчение с рядовыми и богатыми рудами. На укладку в штабеля направляется отмытое, обесшламленное, мелкодробленое сырьё. Также были разработаны и внедрены в производство урана такие инновации предприятия как совместный водооборот схем КВ и гидрометаллургии (защищенный патентом Российской Федерации № 2192492 «Способ переработки урановых руд») (рисунок 2).

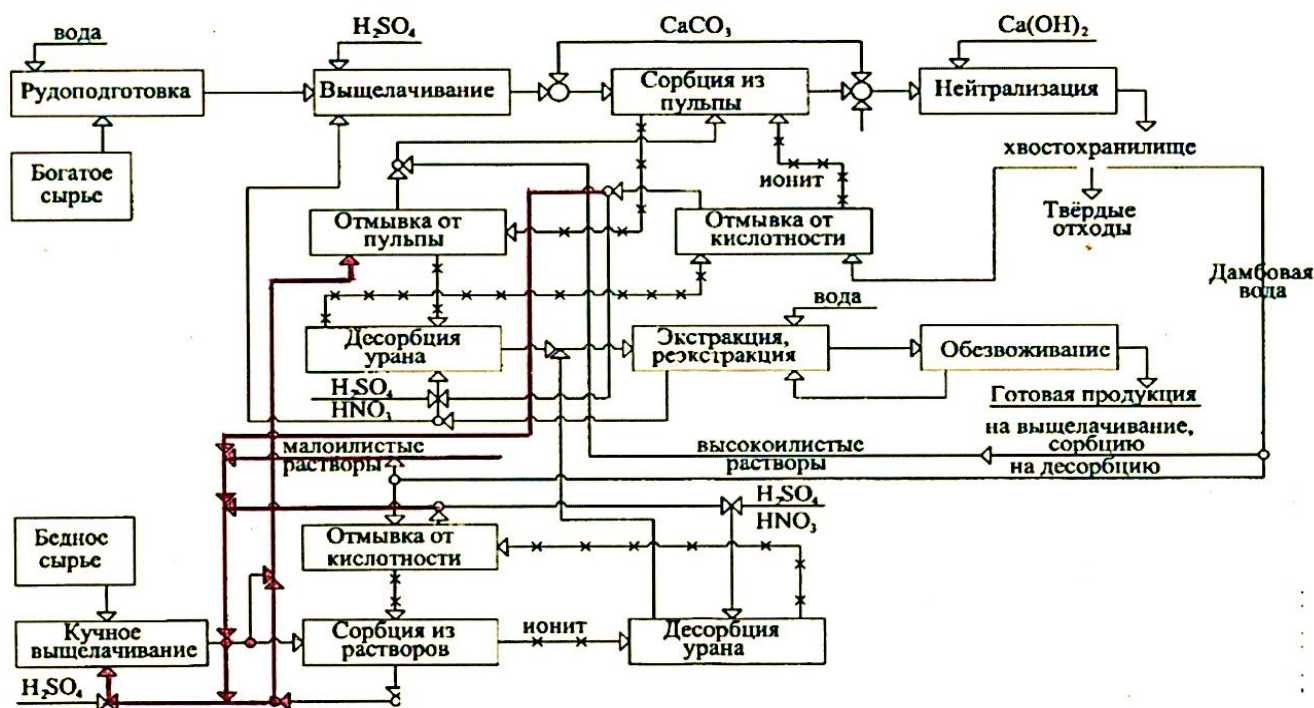


Рисунок 2 – Принципиальная схема совместного водооборота КВ и пульповой цепочки

Способ вскрытия урановых руд с предварительным переводом в раствор и окислением рудного железа (патент РФ № 2154121), использование сбросной обескремненной ионообменной смолы пульповой цепочки в сорбционном процессе извлечения урана из продуктивных растворов КВ (патент РФ № 2200204), стадийный способ очистки сорбента, выводимого из пульпы, от песков, илов и инородных включений (патент РФ № 2176280).

Наиболее значимый вклад в интенсификацию процесса КВ и повышение

извлечения урана, наряду с отмывкой, фракционированием и мелким дроблением сырья, был обеспечен внедрением созданной на ПАО «ППГХО» технологии с рециркуляцией продуктивных растворов выщелачивания (патент РФ № 2226564) – частичным возвратом их потока на орошение рудного массива, минуя стадию сорбции урана и последовательным перемещением насыщаемой ценным компонентом жидкой фазы по дорабатываемым и вводимым в переработку рудным массивам (рисунок 3).

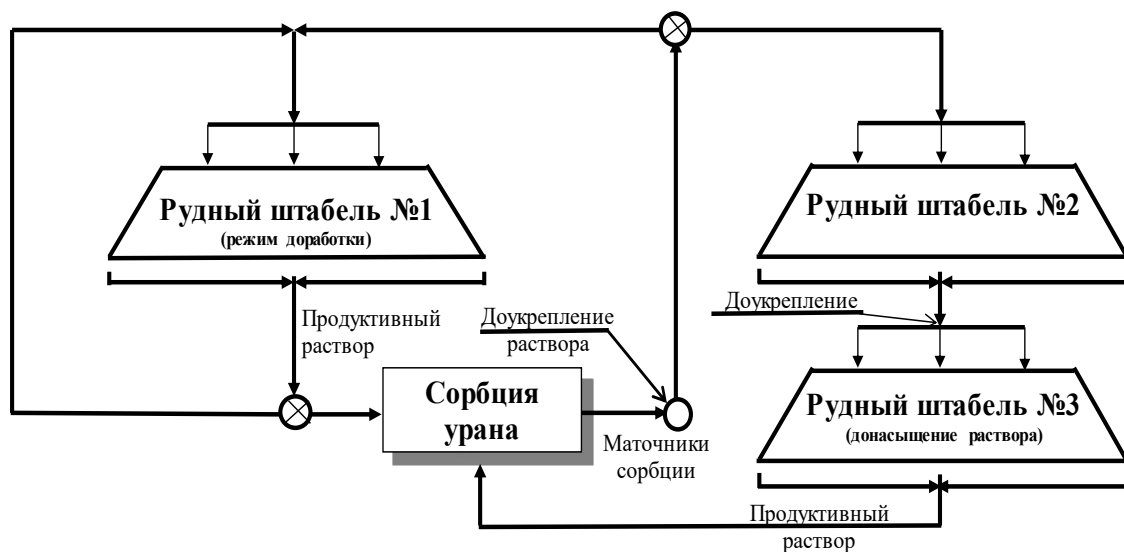


Рисунок 3 – Схема извлечения урана из руд с рециркуляцией растворов КВ

В совокупности промышленная реализация созданных на предприятии инновационных технических решений позволила повысить извлечение урана из бедных руд, первоначально – до 80%, и с 2016 г. поддерживать его на уровне 85%.

При переработке техногенного сырья, представленного убогими забалансовыми рудами (отвалами), занимающими значительные площади и негативно влияющими на экологию региона, степень извлечения урана ранее не превышала 30%. Разработанная на ПАО «ППГХО» технология, включающая фракционирование исходного материала, его рентгенорадиометрическую сортировку с последующим вскрытием обогащенного материала интенсифицированными методами выщелачивания, была внедрена на предприятии в 2013 году на участке КВ опытного геотехнологического цеха

(ОПГТЦ) (рисунок 4). В течении 10 лет её промышленной эксплуатации, извлечение урана в готовую продукцию было повышено до 70%. Себестоимость урана, производимого по созданной технологии, в 2,5 раза ниже себестоимости готовой продукции основного производства.

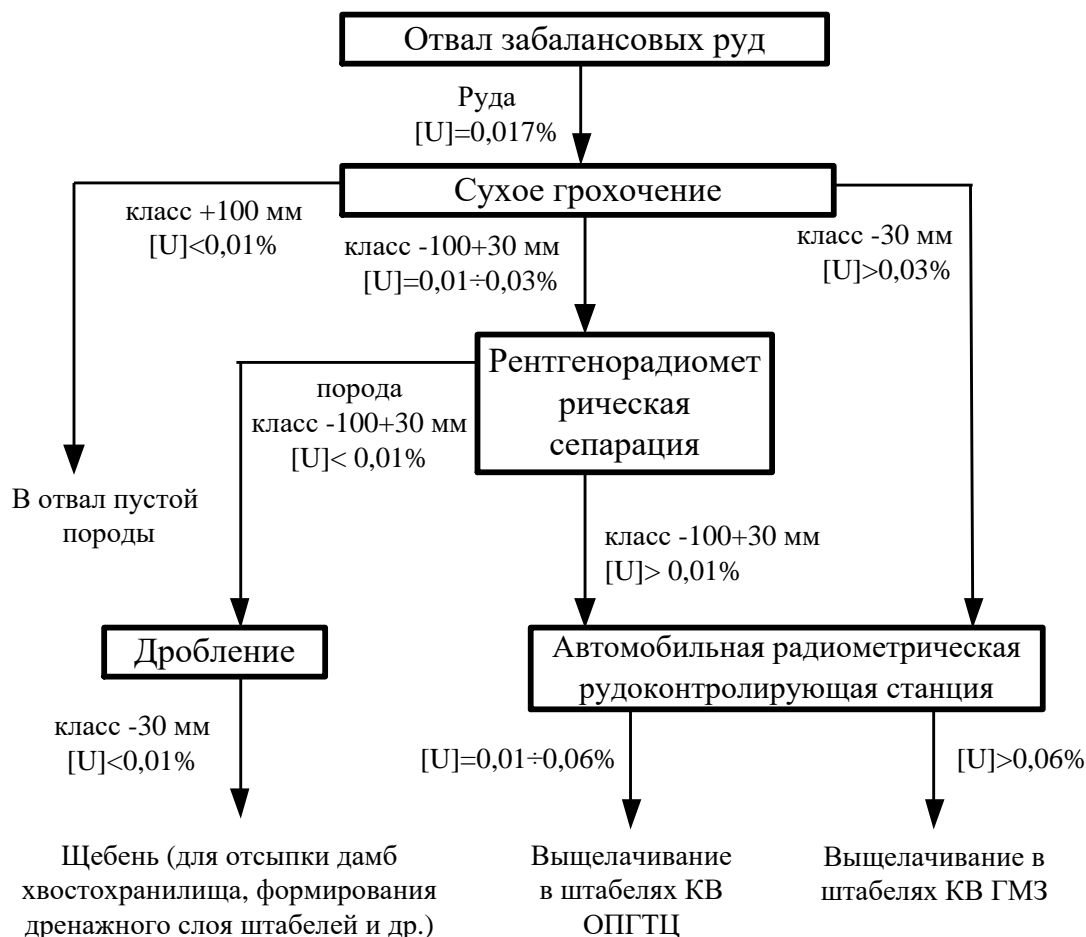


Рисунок 4 – Схема подготовки материала для КВ из забалансового сырья

На аффинажных технологических переделах также внедрены эффективные инновационные решения специалистов объединения. Так, существенное снижение затрат на совместную переработку урановых элюатов, полученных десорбцией урана с сорбента, эксплуатируемого на пульповой цепочке и регенерацией ионитов, используемых в контурах сорбционного извлечения металла из растворов КВ бедных и забалансовых руд, было достигнуто внедрением запатентованного предприятием способа термической диссоциации нитратсодержащих отработанных улеаммонийных растворов процесса

реэстракции (патент РФ № 2271401). За период использования данного изобретения в 2007-2022 гг. было возвращено в процесс свыше 600 тонн аммиака, 700 тонн углеаммонийных солей и более 5 тыс. тонн азотной кислоты.

В целом, новизна разработок, внедренных на технологических переделах производства, подтверждена шестью патентами на изобретения. По результатам опытно-технологических работ защищено 2 кандидатских и 1 докторская диссертации.

Сравнение с существующими отечественными и зарубежными аналогами

Необходимо отметить, что ПАО «ППГХО» Госкорпорации «Росатом» является единственным предприятием в России, производящим уран с использованием метода его кучного выщелачивания и единственным в мире, получающим закись-окись урана из убогих и бедных руд. Тем не менее, конечная готовая продукция объединения – концентрат природного урана, качественно отличается от урановых продуктов, производимых российскими и зарубежными предприятиями из рудного сырья. Содержание основного компонента в выпускаемой ПАО «ППГХО» закиси-окиси урана составляет не менее 84%, против 70% в «желтых кеках», выпускаемых другими производителями.

Достигнутый экономический и социальный эффект

В целом, внедрение на ПАО «ППГХО» разработанных технологий обеспечило в период 2004-2022 гг. дополнительный выпуск 3230 тонн урана, с получением прибыли от реализации готовой продукции 856 млн. руб. Вовлечение в отработку убогих техногенных руд позволило ликвидировать в 2013-2022 гг. 4,0 млн. тонн забалансовых отвалов, негативно воздействующих на окружающую среду, и произвести из них 346 тонн урана. В результате выполнения данных работ также высвобождено более 25 гектаров отчужденных земельных отводов.

Суммарный экономический эффект от внедрения инноваций составил 1269 млн. руб., при этом дополнительно создано 110 рабочих мест, из них 41 – в опытно-промышленном геотехнологическом цехе и 69 – в цехе кучного выщелачивания гидromеталлургического завода.

Перспективы

В настоящее время ведется проработка перспективных вариантов комплексной отработки запасов бедного сырья геотехнологическими методами. Одним из вариантов организации технологии вовлечения в переработку убогих и беднобалансовых руд является комплексная схема извлечения урана методами кучного и блочного подземного выщелачивания (БПВ) с использованием отработанных карьеров (рисунок 5). Работы планируется осуществлять в следующем порядке: первоначально способом БПВ с использованием камерной системы разработки с этажной или подэтажной отбойкой и магазинированием руды, отработываются подкарьерные запасы урана; на втором этапе методом КВ перерабатываются забалансовое и убогое сырьё, штабель кучного выщелачивания формируется на дне карьера, на отработанных рудах, сбор и выдача продуктивных растворов кучного выщелачивания производится на дренажном горизонте. Разрабатываются технологические схемы БПВ для крутопадающих, наклонных и пологих рудных тел различной мощности, а также, для отработки запасов, расположенных под дном карьера.

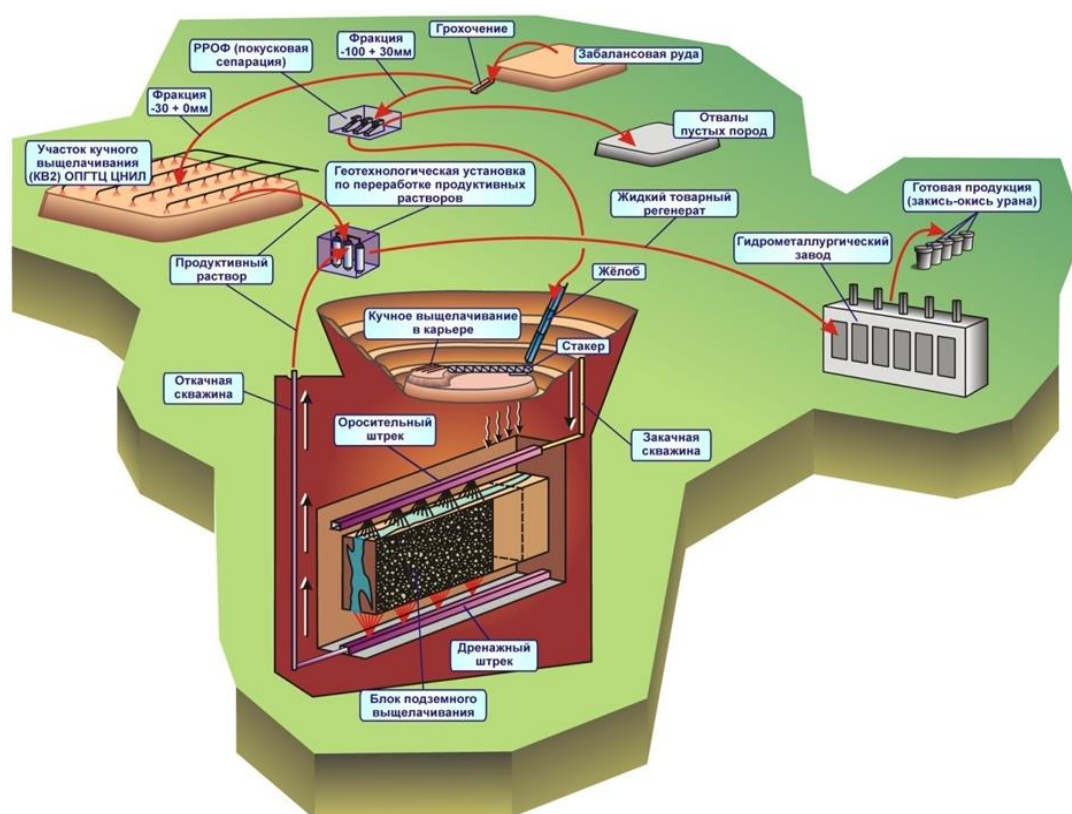


Рисунок 5 – Перспективная схема отработки беднобалансовых и убогих руд