

УДК 622.235:622.235.42

**А.Е. Франтов**

**ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ  
ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНВЕРСИОННЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКИХ ГЕОТЕХНОЛОГИЯХ**

*Рассмотрено применение конверсионных взрывчатых материалов для интенсификации процессов в физико-химических геотехнологиях.*

*Ключевые слова: физико-химические геотехнологии, конверсионные взрывчатые материалы, интенсификация процесса выщелачивания.*

**Семинар № 17**

---

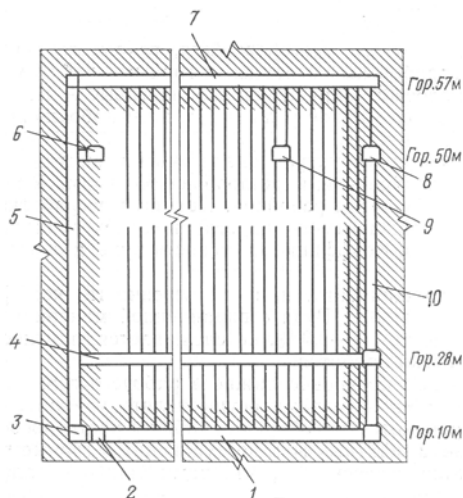
Ухудшение экономо-географических условий размещения и усложнение горнотехнических условий разработки месторождений является вызовом прогрессу современного общества. Ответить на принятый вызов могут решения, позволяющие эффективно вести отработку в малоосвоенных районах, разрабатывать месторождения бедных руд в сложных горнотехнических условиях. Такими решениями являются геотехнологические способы добычи полезных ископаемых (физико-химические, комбинированные физико-технические и физико-химические).

Физико-химические технологии находят применение при разработке месторождений руд цветных, редких и радиоактивных металлов. В зависимости от вещественного и минералогического состава руд, формы нахождения металла в рудных минералах применяют различные методы и способы выщелачивания и обработки руд [1]. Выбор способа выщелачивания определяют технологические преимущества, возникающие при его использовании. Для кислого выщелачивания дробление горной массы более крупное, продолжительность процесса менее длительна. Используют рас-

творы: кислот (соляной, серной, азотной, уголекислоты) и реагентов (сернокислых солей, тиокарбамидов, тиомочевины, азотнокислых щелочей). Щелочное выщелачивание обладает повышенной селективностью воздействия на рудные минералы, лучшим растворением некоторых руд (минералы ванадия и молибдена). Используют растворы щелочей, цианидов и карбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов.

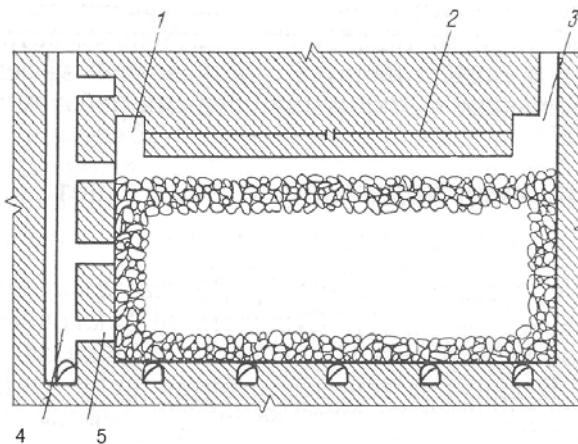
Происходящее при выщелачивании химическое взаимодействие активных агентов растворов с минералами руд и пород, физический перенос тонких фракций (хлорита, кварцита, глинисто-алевролитовых фракций) потоком раствора изменяет пористость отбитой горной массы, способствует образованию канализированных протоков повышенного гидродинамического сечения, ухудшающих эффективность процесса.

Горно-геологические условия, характеризуемые закономерностями образования месторождения, физико-механические свойства пород и генетические особенности полезного ископаемого [1, 2] определяют подготовку горной массы для выщелачивания.



**Рис. 1** Схема подготовки крутопадающего рудного тела вертикальными скважинами: 1 - буровой штрек; 2 - заезд; 3 - камера для КПВ-1; 4 - буровой штрек; 5 - восстающий; 6 - подэтажный штрек; 7 - монтажный слой; 8 - рассечка; 9 - квершлаг; 10 - отрезная шель

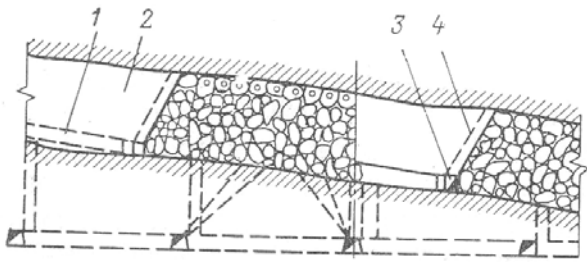
Скальные породы отбиваются на зажатую среду глубокими скважинами (рис. 1, 2). Для маломощных и слабонаклонных рудных тел приме-



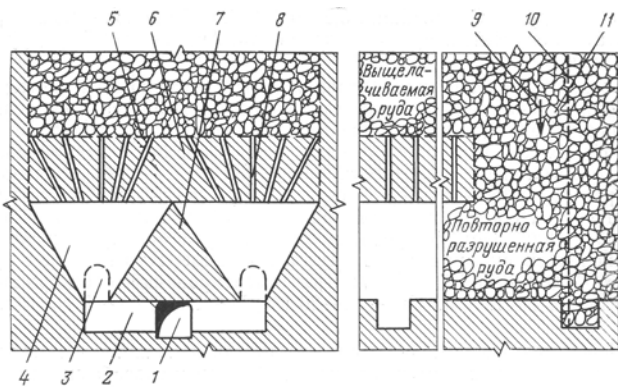
**Рис. 2** Схема подготовки крутопадающего рудного тела горизонтальными скважинами: 1 - рудные выщелки; 2 - взрывные скважины; 3 - восстающий; 4 - блоковая заходка; 5 - откаточный штрек

няют стадийную отработку: первоначально отбивают балансовые руды и производят их взрыводоставку, а затем осуществляют магазинирование забалансовых руд. Подготовка блоков на коренных месторождениях золота включает [3]: проходку подготовительных выработок; оборудование днища блока для сбора и выдачи продуктивных растворов; дробление и магазинирование руды в блоке; создание системы орошения и бурение скважин для сбора фильтрационных растворов ниже отметки штрека. В пластообразных залежах применяют подработку прилегающих кристаллических пород кровли и почвы (рис. 3). Месторождения с неустойчивой кровлей отрабатывают с оставлением естественных и созданием искусственных целиков, отбиваемых слоями, и последующим магазинированием руды. Месторождения, приуроченные к трещиноватым породам, отрабатывают с вовлечением в разработку трещиноватого слабопроницаемого массива.

Содержание металла в продуктивных растворах независимо от структуры руды сначала возрастает, а затем экспоненциально снижается при достаточном остаточном содержании металла в руде. Для ускорения массообменных процессов применяются различные приемы, основанные на физических, химических, механических способах интенсификации процесса выщелачивания. При взрывной интенсификации для повышения фильтрационных свойств и улучшения их однородности, повышения равномерности проработки



**Рис. 3. Схема подготовки полозалегающих рудных тел:** 1 - разрезной штрек; 2 - рудное тело; 3 - буровая заходка; 4 - взрывные скважины



**Рис. 4. Схема посекционного взрывания подрудного целика:** 1 - транспортный штрек; 2 - траншейный орт; 3 - выпускные окна; 4 - траншея; 5 - руда; 6 - подрудный целик; 7 - наштрековый целик; 8 - взрывные скважины; 9 - зона обрушения; 10 - отрезная щель; 11 - зона рыхления

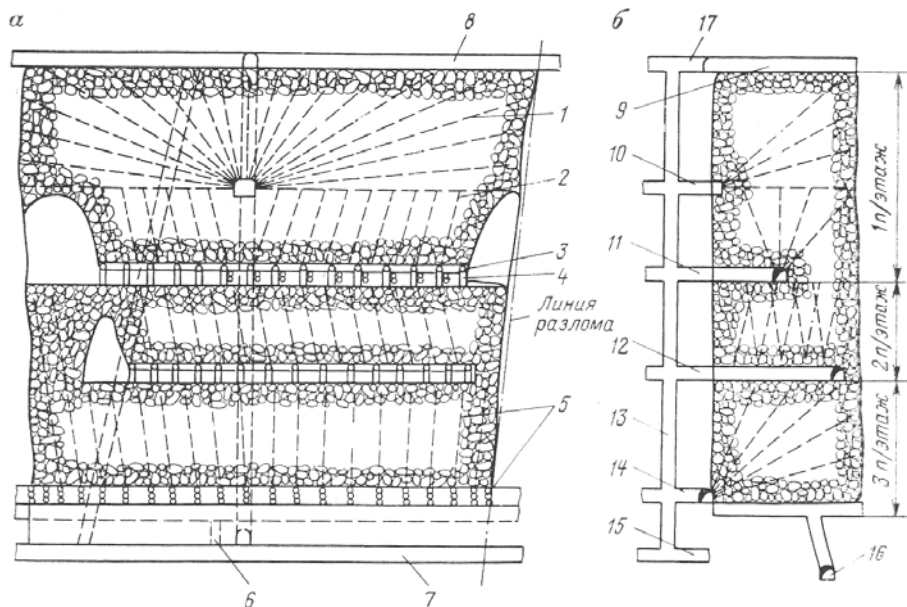
массива проводят встряхивание и повторное рыхление руды. Для этого производят посекционное взрывание подрудного целика, взрывание руды на нижнюю подсечку, дренажный горизонт или взрывание замагазинированной руды [2]. Схемы выполнения операций показаны на рис. 4-6.

В зависимости от схем подготовки блоков по естественным трещинам или наведенной от воздействия взрывов трещиноватости технологические растворы мигрируют в рудный массив. В одних случаях это может быть

предохранительный целик над выпускными выработками, в других - дренажные выработки. После окончания технологической обработки руд и откачки продуктивных растворов в рудном массиве или отбитой горной массе остается некоторое количество активных агентов выщелачивания (кислот, щелочей, солей), наличие которых в рудных целиках или замагазинированной руде. Этот фактор оказывает воздействие на взрывчатые материалы при осуществлении интенсификации процесса выщелачивания.

Характер воздействия на ВВ технологических факторов подземного выщелачивания (способов и методов выщелачивания) зависит, в основном, от природы ВВ, наличия в составе ВВ компонентов химически реагирующих с кислотами и щелочами, а также вида и качества оболочки заряда. Применяемые методы защиты зарядов от воздействия кислотных растворов, образуемых в обводненных взрывных скважинах при отбойке сульфидных руд, основаны на введении в состав ВВ ингибиторов (карбамида, мела) или использовании зарядов ВВ в изолирующих оболочках (полиэтиленовых, пропарафиненных бумажных и др.).

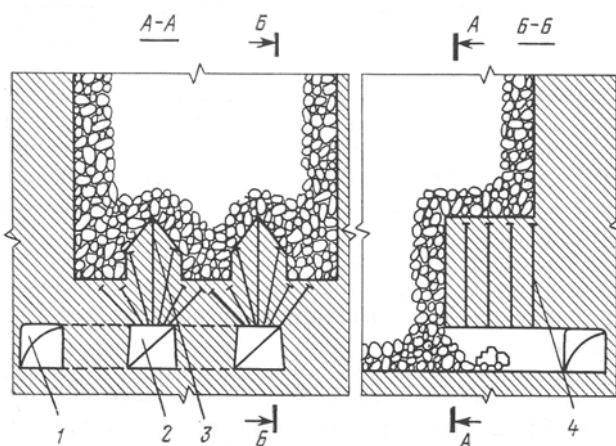
Для интенсификации процесса подземного выщелачивания взрывными методами наиболее подходят ВВ, не взаимодействующие с активными агентами (кислотами, щелочами и реагентами).



**Рис. 6** Схема с повторным взрыванием замагзинированной и частично выщелоченной руды: а) – в крест простирания рудного тела; б) – по простиранию рудного тела; 1 – 1, 2 – скважины диаметром 105 и 65 мм; 3 – шпуры диаметром 42 мм; 4 – деревянная крепь; 5 – скважины диаметром 85 мм; 6 – дучка; 7, 16 – нижний орт; 8 – верхний орт; 9, 17 – верхний штрек; 10, 11, 12, 14 – соответственно сбойки; 13 – восстающий; 15 – штрек

При утилизации боеприпасов высвобождаются энергетические мате-

риалы, являющиеся основой конверсионных ВВ. Тротил, гексоген, окто-



**Рис. 5.** Схема взрывания с обрушением руды на дренажный горизонт: 1 – горизонтальная выработка; 2 – дренажный штрек; 3 – предохранительный целик; взрывные скважины

ген относятся к нитросоединениям и обладают достаточно высокой химической стойкостью. Тэн и ВВ на его основе являются веществами с ограниченной химической стойкостью. Стойкость нитроэфиров убывает с увеличением нитратных групп в их составе. Основные физико-химические и технологические свойства ВВ показаны в табл.1 [4].

Активными химическими агентами при выщелачивании выступают кислоты, щелочи и их растворы, которые могут воздействовать на ВВ и изменять

Таблица 1

**Физико-химические и технологические свойства ВВ**

Свойства	Марка ВВ			
	тротил	тетрил	гэн	гексоген
Гигроскопичность	малогигроскопичен	негигроскопичен	негигроскопичен	негигроскопичен
Растворимость в воде (15-20 °С)	практически не растворим	не растворим	не растворим	практически не растворим
Взаимодействие с кислотами	серная и азотная кислота растворяет		при длительном воздействии кислот разлагается	разбавленные кислоты не действуют; концентрированная серная кислота разлагает, а азотная растворяет
Взаимодействие со щелочами	образует высокочувствительные соединения		при длительном воздействии разлагается	разбавленные щелочи не действуют

Таблица 2

**Влияние показателя рН и длительности выдержки на бризантность ВВ**

ВВ	Обжатие свинцовых столбиков (после выдержки в агрессивных средах, сут), мм			
	1	4	6	10
при рН=1				
Тетрил	18,9	18,1	отк.	отк.
ТГ-90/10	14,8	14,0	отк.	отк.
ТГ-80/20	15,0	14,8	отк.	отк.
Пентолит	16,3	16,1	15,8	15,8
при рН=2-4				
Тетрил	17,5	17,4	отк.	отк.
ТГ-90/10	15,4	14,6	отк.	отк.
ТГ-80/20	15,2	15,4	отк.	отк.
Пентолит	16,2	16,1	16,0	17,1
при рН=10-14				
Тетрил	18,1	17,9	отк.	отк.
ТГ-90/10	14,7	14,3,18,0	отк.	отк.
ТГ-80/20	17,3	16,1	отк.	отк.
Пентолит	16,4	16,1	15,9	15,8

их взрывчатые свойства (флегматизировать, снижать бризантность, повышать чувствительность к механическим воздействиям). Для интенсификации выщелачивания взрывным способом могут найти применение конверсионные ВВ. В работе [5] проведена оценка концентрации и длительности воздействия кислот и щелочей на взрывчатые свойства при выдержке ВВ в растворах с показателем рН от 1 до 10 и длительности выдержки от одних до десяти суток (табл. 2).

Из данных табл. 1 и 2 следует, что изменение взрывчатых и технологических свойств ВВ зависит от природы ВВ и активного химического агента, его концентрации и времени воздействия. Для технологии подземного выщелачивания могут быть рекомендованы бризантные ВВ: тетрил при времени нахождения в агрессивной среде в течение до 10 суток, тетрил и смеси ТГ90/10 и ТГ80/20 при нахождении в агрессивной среде до 4 суток.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Физико-химическая* геотехнология золота / Воробьев А.Е., Каргинов К.Г., Козырев Е.Н., Ашихмин А.А.; Под ред. д.т.н., проф. А.Е.Воробьева. – Владикавказ: Ремарко, 2001. – 568 с.
2. *Мосинец В.Н.* Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания / Мосинец В.Н., Лобанов Д.П., Тедеев М.Н. и др. М., Недра, 1987. 304 с.
3. *Байков Б.Н., Франтов А.Е., Долотов А.И.* Подготовка эксплуатационных блоков на золоторудных месторождениях к подземному выщелачиванию. Проблемы геотехнологии. Материалы II-й всесоюзной конференции по геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых, М., 1975, кн.2, с. 451-453.
4. *Генкин Ю.В.* Взрывчатые вещества: учебное пособие, Ю.В.Генкин; Балт. гос. техн. Ун-т. – СПб., 2007.-112 с.
5. *Исследование ПД, УВП, МДШ для горнорудной промышленности: Отчет о НИР / ВНИПИВЗРЫВгеофизика, - М., 1970.-114 с. ГИАБ*

---

### Коротко об авторе

Франтов А.Е. – кандидат технических наук, УРАН ИПКОН РАН, 19fae48@rambler.ru



---

## РУКОПИСИ,

### ДЕПониРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

**Зубков А.А.** канд. техн. наук, доцент, главный технолог ООО «Экомет Плюс»,  
E-mail: trbusiness7@mail.ru

#### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ ФЛОТАЦИЕЙ

*Разработана технология выделения флотационным методом благородных и редких металлов из растворов. В сточных водах кинокопировальных предприятий серебро находится в виде тиокомплексов, которые перед флотацией переводятся в металлическое серебро с дальнейшим выделением его в пенный продукт флотацией. По комбинированной гидromеталлургическо-флотационной технологии переработки промпродуктов, содержащих серебро, золото и ртуть достигается извлечение до 95-96%. Выделению ртути из сточных вод ртутных предприятий производится флотацией предварительно полученных гидрoфобных осадков с дальнейшей регенерацией собирателя.*

*Ключевые слова:* тиокомплексы серебра, золото, ртуть, флотация, промпродукт, извлечение, металлическое серебро, каптакс, собиратель.

**Subkov A.A.**

#### THEORETICAL BASES OF TECHNOLOGY OF EXTRACTION OF METALS FROM SOLUTION FLOTATION

*The technology allocation flotation by a method of noble and rare metals from solutions is developed. In sewage of the film copy enterprises silver is a kind tiocomplexes which before flotation are translated metal silver with its further allocation in foamy product flotation. On combined hydrometallurgical and flotation technology of processing of the intermediate products containing silver, gold, flotation and mercury, reaches extraction on 95-96%. Allocation of mercury from sewage of the mercury enterprises is made by flotation of preliminary received waterproof deposits with the further regeneration of the collector.*

*Key words:* tiocomplexes of silver, gold, flotation, an intermediate product, extraction, metal silver, captax, the collector.