

УДК 622.277

А.Г. Михайлов, И.И. Вашлаев, М.Ю. Харитонова

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОСХОДЯЩЕГО КАПИЛЛЯРНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Приведены основы технологии разработки техногенных месторождений и ее параметры. Представлены результаты экспериментальных работ по определению гидродинамических параметров хвостов обогащения одного из месторождений. Ключевые слова: капиллярное выщелачивание, инфильтрация, техногенный объект, моделирование параметров.

Общеизвестно, что в результате деятельности горнодобывающих предприятий образовалось огромное количество отходов в виде отвалов горных пород и хвостохранилищ, которые принято называть техногенными объектами. В России ресурсный потенциал техногенных объектов, содержащих благородные металлы, возможных к использованию для повторной отработки, весьма значителен: на долю прогнозных техногенных россыпей золота приходится более 50% от всего добытого в России золота [1]. При переработке сульфидных медно-никелевых руд Норильского ГМК сформировано крупное по запасам (первые сотни тонн) техногенное месторождение благородных металлов в виде отвальных хвостов от обогащения вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд. Уровень содержания суммы платиновых металлов и золота в отдельных разновидностях хвостов здесь достигает нескольких граммов (иногда десятков граммов) на тонну. Перспективными для повторной отработки являются хвосты обогащения горнорудных предприятий Северо-Ени-

сейские и Курагинского районов, шламы Ачинского глиноземного комбината и др.

Повторная отработка техногенных объектов может производиться традиционным способом обогащения и физико-химическими способами, одним из которых является кучное выщелачивание. Нами разрабатывается новое направление на базе физико-химических геотехнологий — инфльтрационное выщелачивание. На массив техногенного объекта оказывается природное воздействие, происходит естественное геодинамическое движение флюидов. А так как среда массива хвостохранилищ является агрессивной, то вследствие движения флюидов происходят сложные физико-химические превращения и некоторые элементы могут переходить в раствор, из которого в дальнейшем можно извлечь полезные компоненты. Проведенными нами экспериментами установлено, что при выветривании сульфидсодержащих материалов имеет место переход в жидкую фазу значимых количеств благородных металлов, что обеспечивает концентрацию их в дренирующих

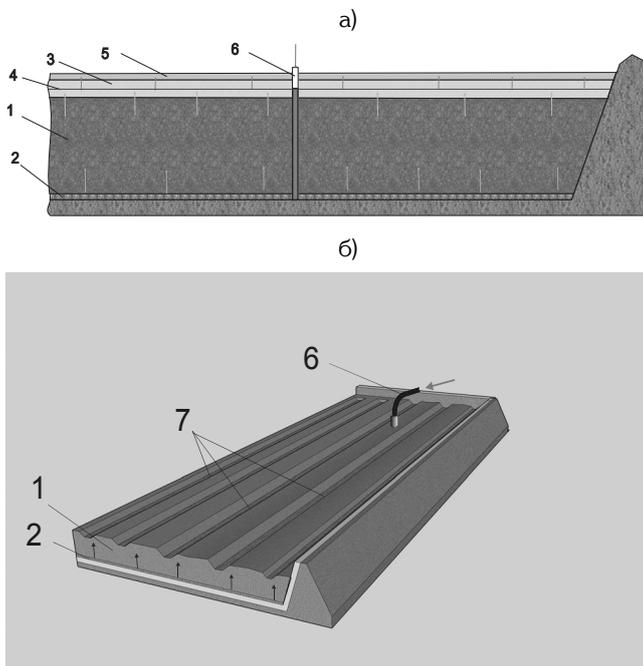


Рис. 1. Технология инфильтрационного извлечения полезных компонентов из хвостов обогащения с использованием гигроскопического слоя (а) и с применением канав (б): 1 — массив хвостов обогащения; 2 — дренажное основание; 3 — геохимический барьер; 4 — уровень заполнения; 5 — гигроскопический слой; 6 — подача растворов и поддержание уровня; 7 — каналы сбора продукционного раствора

растворах до 1 мг/л. Суть предлагаемого подхода заключается в изучении возможности перехода благородных металлов и цветных металлов в раствор и управляемого движения его.

Для извлечения полезных компонентов из техногенных залежей предлагается два варианта инфильтрационной технологии: с использованием гигроскопического слоя [2] (рис. 1 а) и канав для сбора раствора (рис. 1 б). Суть первой технологии в общем заключается в следующем: раствор по скважинам закачивается в массив хвостохранилища, поднима-

ясь вверх растворяет требуемые компоненты, проходит через геохимический барьер и по капиллярам накапливается в гигроскопическом материале. Затем продукционный раствор после отжатия направляется на переработку.

Более подробно технология выглядит следующим образом. Исходный материал хвостов обогащения подвергают переукладке, причем во вновь формирующемся хвостохранилище в самый нижний слой укладывают крупную фракцию. Переукладку материала хвостов обогащения осуществляют в том же хвостохранилище, используя герметичную основу ложа. Переукладку материала проводят для полного контакта выщелачивающего раствора с материалом хвостохранилища и обеспечения высокой скорости движения раствора по массиву. Поскольку движение раствора осуществляется снизу вверх, то крупнофракционный состав в основании массива обеспечит беспрепятственный равномерный подвод выщелачивающего раствора по всей площади основания. Кроме того, в процессе переукладки материала массива приведет к разрыхлению, что повысит коэффициент пористости массива. Дневную поверхность массива формируют с уклоном к месту сбора продукционного раствора. При переукладке рельеф поверхности должен

быть сформирован таким образом, что продукционный раствор, накапливаясь в слое гигроскопического материала, после отжатия должен самооттеком стекать по созданным уклонам к месту сбора, в приемный зумпф, откуда будет перекачиваться на извлечение.

Гигроскопический материал на поверхности укладывают в два слоя, причем верхним слоем укладывают материал, гигроскопические свойства которого выше нижнего. Нижний слой укладывают с обеспечением тесного контакта с поверхностью массива, что может нарушать капиллярную структуру. Верхний же слой, в силу более высоких гигроскопических свойств, обеспечивает надежное впитывание раствора и освобождение от него нижнего слоя, обеспечивая постоянную его готовность к приему раствора из массива. Поверхность верхнего слоя гидроизолируют, что исключает попадание в продукционный раствор внешних осадков.

Массив хвостов обогащения обрабатывают низкочастотными акустическими колебаниями. Озвучивание массива колебаниями низкочастотного диапазона интенсифицирует массообменные процессы.

Продукционный раствор испаряют в слое гигроскопического материала. Удаление части воды из продукционного раствора в слое гигроскопического материала испарением позволит поддерживать гигроскопические свойства материала длительный период в работоспособном состоянии без принудительного освобождения емкости слоя. При испарении воды полезные компоненты будут кристаллизоваться, и осаждаться в твердом виде в капиллярах. По мере заполнения гигроскопического материала твердой фазой

впитывающие свойства слоя будут снижаться. В этом варианте предусматривают периодическую замену слоя гигроскопического материала. Для осуществления испарения воды может быть применена, к примеру, встроенная спираль накаливания.

По мере заполнения гигроскопического слоя продуктивный раствор удаляют либо принудительно методом отжима, испарением или волновыми колебаниями, либо самооттеком по сформированным уклонам по поверхности к месту сбора. Продукционный раствор откачивают на извлечение из него полезных компонентов и восстановление выщелачивающих свойств. Восстановленный выщелачивающий раствор вновь подают в массив.

Периодическая волновая обработка слоя гигроскопического материала позволит вытеснять из капилляров продукционный раствор, например на его поверхность, откуда его можно свободно собирать и направлять на извлечение полезных компонентов. Периодическое освобождение капилляров в слое гигроскопического материала будет постоянно поддерживать свойства впитывания.

Между слоем гигроскопического материала и поверхностью массива хвостов обогащения укладывают геохимический барьер, в котором осаждают и накапливают полезные компоненты при прохождении продукционного раствора из массива в слой гигроскопического материала. Геохимический барьер предназначен для осаждения в нем соединений полезных компонентов при прохождении продукционного раствора в гигроскопический слой.

Продукционный раствор перед впитыванием слоем гигроскопического материала проходит через геохими-

ческий барьер 3 (см. рис. 1, а). В нем происходит осаждение и накапливание полезных компонентов.

При большой площади хвостохранилища для поддержания параметров процесса инфильтрации необходимо обрабатывать техногенный объект блоками. Исходя из выше описанного, следует выделить основные параметры технологии:

- размеры технологического блока
- уклон поверхности хвостохранилища в сторону зумпфа;
- расстояние между нагнетающими скважинами и их количество;
- скорость подачи нагнетающего раствора;
- толщину гигроскопического материала;
- толщина геохимического барьера;
- период времени между волновыми обработками гигроскопического материала.

Вторая технология отличается от первой тем, что отсутствует гигроскопический материал и раствор собирается по канавам в зумпф, а затем также направляется на переработку. В данной технологии требуется учет дополнительных параметров — рас-

стояние между канавами и параметры самой канавы.

На материале лежалых хвостов Норильского комбината проведены экспериментальные работы по определению их гидродинамических параметров. Емкостные параметры пород хвостохранилища приведены в таблице.

Зависимость всасывающего давления исследуемой породы от влажности (W) в зоне капиллярной каймы описывается уравнением

$$\Psi = -6,88 \cdot 10^5 \exp(-0,3928 \cdot W)$$

и приведена на рис. 2. Динамика изменения соответствует данным, приведенным Пашковским И.С. [3].

Следует отметить, что выше были рассмотрены лишь простейшие структурные модели пористых сред, для которых наиболее просто вычислить фильтрационно-емкостные характеристики с помощью геометрических и гидравлических соотношений, не привлекая стохастических и иных методов.

Нами были проведены эксперименты по изучению влагопереноса с использованием сред с различными фильтрационными характеристиками: порода хвостохранилища и гигроскопичный материал, который располагался сверху. Первый режим соответствовал уровню грунтовых вод на границе между породой и гигроскопическим материалом. Второй — уровень грунтовых вод находится ниже границы на 5 см, третий — ниже на 13 см. Высота гигроскопического слоя составляет 25 мм.

Изучался параметр водовместимости гигроскопического материала с целью возможного использования

Емкостные параметры пород хвостохранилища

Наименование показателя	Значения показателя
Средневзвешенный диаметр зерен, мм	0 238
Эффективный диаметр частиц, мм	0 060
Гидравлический радиус, мкм	31
Проницаемость, дарси	0 456
Высота поднятия столба воды, м	0 498

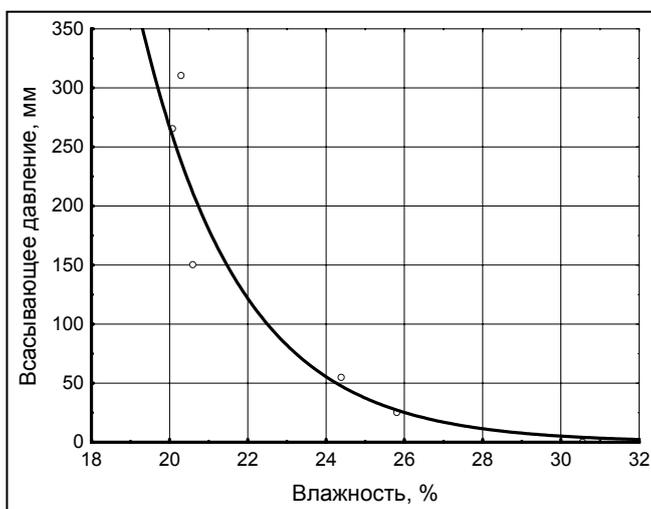


Рис. 2. Изменение всасывающего давления от влажности породы

его в расчетах по геотехнологии добычи. Характер изменения удельной водовместимости от уровня грунтовых вод представлен на рис. 3. С понижением уровня грунтовых вод вы-

сота удельная водовместимость снижается, а по мере насыщения гигроскопического материала влагой происходит снижение скорости влагонасыщения.

Предварительные расчеты показали, что в сутки с площади 1 га можно получать 102 т раствора (при уровне понижения 0 см), 51 т (при уровне понижения на 5 см), 23 т (при уровне понижения 13 см).

В данной работе представлены основы новой технологии разработки техногенных месторождений

и ее параметры, а также приведены некоторые результаты экспериментальных работ по определению гидродинамических параметров хвостов обогащения одного из месторожде-

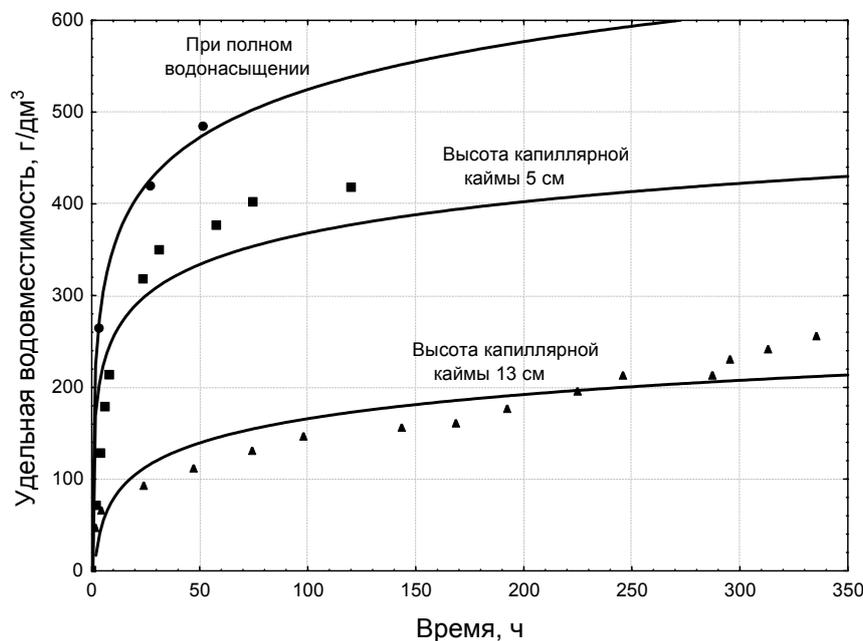


Рис. 3. Изменение удельной водовместимости гигроскопического материала для различного положения уровня грунтовых вод

ний. В дальнейшем требуется продолжение изучения и развития технологии инфильтрационного извлечения полезных компонентов из техногенных месторождений с целью практического применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров В.А. Благородные металлы техногенных минеральных объектов Сибирского региона: Ресурсы и проблемы геолого-технологической оценки // Цветные металлы Сибири-2009: Сб. докл. первого международного конгресса. — Красноярск, 2009. С. 37—45.
2. Михайлов А.Г., Вашлаев И.И. Способ извлечения полезных компонентов из хвостов обогащения // Пат. 2402620 Российская Федерация, МПК С22В 3/04, 27 октября 2010.
3. Пашковский И.С. Методы инфильтрационного питания по расчетам влагопереноса в зоне аэрации. — М.: Московский университет, 1973. — 119 с. **ГЛАЗ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Михайлов Александр Геннадьевич — доктор технических наук, старший научный сотрудник, mag@icct.ru,
Вашлаев Иван Иванович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, vash49@gmail.com,
Харитоновна Маргарита Юрьевна — научный сотрудник, кандидат технических наук, ritau@icct.ru,
Институт химии и химической технологии СО РАН.



ГОРНАЯ КНИГА



Маркетинг в горной промышленности

В.А. Бурчаков

2013 г.

272 с.

ISBN: 978-5-98672-339-6

UDK: 622.013:65.012.2

Приведены базовые положения современного маркетинга и методы его использования на современных предприятиях горной промышленности. Рассмотрены теоретические и методологические вопросы по организации маркетинговых исследований, проведению сегментации рынка, позиционированию производимой продукции, ценообразованию и т.д. Изложен круг проблем, определяющих маркетинг горно-добывающих предприятий, методы его реализации на рынке горной промышленности, конкурентоспособность горных предприятий, дан анализ тенденций и перспектив развития мирового рынка угля и углеэкспорта.

Бурчаков В.А. — профессор кафедры «Экономика и планирование горного производства» Московского государственного горного университета.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 080100 «Экономика» (профиль «Экономика и планирование горного производства»).