

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №6, Том 10 / 2018, No 6, Vol 10 <https://esj.today/issue-6-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/97NZVN618.pdf>

Статья поступила в редакцию 25.12.2018; опубликована 12.02.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Воробьев А.Е., Тчаро Х. Развитие применяемых при кучном выщелачивании покрытий и экранов // Вестник Евразийской науки, 2018 №6, <https://esj.today/PDF/97NZVN618.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Vorob'ev A.E., Tcharo Kh. (2018). The development of coatings and screens used in heap leaching. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/97NZVN618.pdf> (in Russian)

УДК 55

Воробьев Александр Егорович

НАО «Атырауский университет нефти и газа», Атырау, Казахстан
Проректор по научной деятельности инновациям
Доктор технических наук, профессор
E-mail: fogel_al@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7324-428X>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=127898
Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/C-1918-2016>
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7201693273>

Тчаро Хоноре

Университет Абомей-Калави, Того, Республика Бенин
Руководитель группы международных научных проектов

Развитие применяемых при кучном выщелачивании покрытий и экранов

Аннотация. С 1970 г. получило широкое развитие использование низкопроницаемых экранов в технологиях кучного выщелачивания металлов. Практически все используемые в то время покрытия были предназначены для сооружения нижнего основания штабеля. В начальном этапе применения покрытий были использованы барьеры на основе непроницаемых грунтов (глин), а немного позже стали применять бетоны и асфальтобетоны, далее различные геомембранные покрытия (ПВХ, ПЭВП, ПЭНП и др.). В настоящее время, в целях предотвращения испарения, обеспечения теплоизоляции, а также предотвращения разбавления используемых выщелачивающих растворов, большое значение имеет создание новых видов пленок, а также модифицирование некоторых из уже существующих покрытий при сооружении поверхностей штабеля КВ.

В статье рассмотрены большинство используемых покрытий и история их развития и причины перехода к наרוужным пленкам.

Ключевые слова: геомембранные экраны; низкопроницаемые покрытия; изоляция штабеля; оросительные трубы; поливинилхлорид (ПВХ); полиэтилен очень низкой плотности (ПЭВП); полиэтилен высокой плотности (ПЭНП); дождевые плащи

В практике кучного выщелачивания при решении различных проблем, связанных с экономико-экологическими составляющими (увеличением срока службы штабелей,

снижением расхода на технологические растворы, снижением испарения в открытой атмосфере) было предпринято различные технико-технологические решения: частичное или полное укрытие штабелей и оросительный труб. Предотвращение разрушения штабеля КВ и утечки технологических растворов через его боковые поверхности осуществляется путем их изоляции с помощью слоев непроницаемых грунтов (песка, суглинка, супесь или глины, толщиной равной, как правило, 15-30 см) или геомембранных пленок (тканепленочных материалов) эксплуатация и надежность которых связана с определенными затруднениями. Созданные на начальных этапах кучного выщелачивания низкопроницаемые барьеры (экраны), состояли в основном из глины или уплотненных малопроницаемых грунтов [1]. Со временен началось применение асфальтобетона (например, в медном руднике Bluebird, Аризона, США, 1967 г.), а несколько позднее связанным с простым или прорезиненным битумом (например, в шахте Gilt Edge, Южная Дакота, 1986 г.).

Однако данные экраны оказались неэффективными (как с точки зрения защиты окружающей средой, так и с точки зрения технико-технологической целесообразности их применения: доступность, простота установки и т. д.). Кроме того, качество этих экранов намного ухудшалось с ведением в середине 70-х годов XX века в технологии кучного выщелачивания золота и серебра цианида. Если в современных крупномасштабных площадках кучного выщелачивания практически не применяются грунтовые экраны, то в большинстве маломасштабных операций кучного выщелачивания золота и серебра до 1993 г. (например, в штате Невада, США) продолжали активно применять только низкопроницаемые грунтовые экраны.

В ходе решения проблем качества покрытий горнодобывающая промышленность переключилась на геомембранные экраны, мировое применение которых имеет 3 технологических назначений [3]:

- извлечения солей из пруда-испарителя;
- кучного выщелачивания руд;
- хранения песков в хвостохранилищах.

Поэтому крупномасштабная промышленная революция по отношению использования геомембран, начавшаяся в 1970 г. в предприятиях Теннеко (штат Юта, США) и Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (Северное Чили) с одновременной установкой в каждом из них 230 га геомембранных покрытий, была связана с извлечением солей из прудка-испарителя.

Однако наибольшее применение геомембранные покрытия нашли при извлечении металлов кучным выщелачиванием. Так, уже к 80-м гг. XX века геомембранные экраны стали более распространенными и первые проекты кучного выщелачивания с их установкой были предназначены для выщелачивания медных отвалов. Причем они были использованы только в качестве естественной вторичной защитной оболочки резервуара, спроектированной для сбора раствора или суспензии, которые могут возникнуть в результате отказа резервуара.

В частности, запуск первого крупномасштабного проекта кучного выщелачивания – проект Lo Aqueite по извлечению меди был осуществлен в 1980 г. в Чили, а уже к началу 90-х гг. XX века в этой стране насчиталось примерно 10 крупных проектов. В настоящее время в подавляющем большинстве в имеющихся многочисленных проектах КВ применяются геомембраны или их сочетание с другими покрытиями.

Конечная высота укладки руды на первом крупном композитном слое площадки кучного выщелачивания, выполненном из геомембраны (установленном в конце 1970 г. в проекте дамбового выщелачивания Зортман-Ландаски, Монтана) составила 150 м². При этом

предприятие Зортман-Ландаски до 1985 г. в качестве обычной геомембраны для сооружения площадок кучного выщелачивания использовало ПВХ [3].

В 1985 г. предприятие Sociedad Química y Minera de Chile S.A. впервые запустило проект кучного выщелачивания нитратных руд на севере Чили, применяя в качестве покрытия поливинилхлорид (ПВХ), который более предпочтительно применять при содержании не более 30 % растворимых солей.

Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) обладает по сравнению с ПВХ более высокой химической стойкостью, а также более высокой прочностью, относительно улучшенной гибкостью, хорошей стойкости к атмосферным воздействиям и другими важными качествами. Кроме того, ПЭВП оказался более устойчивым к УВ воздействию и простым в установке, так как его швы можно плотно соединить обычными сварочными методами).

Поэтому, вместо ПВХ, который служил предметом сооружения площадок дамбового выщелачивания, в середине 80-х гг. XX века впервые в золотом проекте Summitville в Колорадо (США, 1984 г.) был использован ПЭВП – нынешний участок Superfund (место борьбы с химическим загрязнением окружающей среды).

В то время, полиэтилен очень низкой плотности (ПЭНП) впервые был применен как для небольших проектов, так и для крупных наливных хвостохранилищ, таких как плотина хвостохранилища Риджуэй (Южная Каролина, США, 1986 г.). Именно данный материал был применен для сооружения первой большой земляной плотины с геомембранным фильтрационным ядром (TS Ranch, Nevada, 1989 г.) [3].

Только в начале 1990-х гг. в отрасли кучного выщелачивания значительно расширилось применение ПЭНП, обладающим относительно высокими продольными удлинениями и хорошим сопротивлением трению, которые в совокупности обеспечили его эффективность его применения.

В 1992 г. ПЭНП был применен также на одном крупном месторождении на северо-западе Аргентины, предназначенном для добычи калийных растворов (были установлено около 12 га ПЭНП). Однако, из-за повышенного ультрафиолетового облучения, состояние экрана стало химико-физически неустойчивым, что привело к снижению срока его службы и необходимости преждевременной рекультивации пруда уже через 1 год [3].

Тем не менее, его использование в кучном выщелачивании продолжало расти до 1994 г. Однако к началу 1996 г. начали активно применять различные линейные полиэтилены низкой плотности (ЛПЭНП) в качестве предпочтительного экрана в проектах КВ (из-за улучшенных, по сравнению с ПЭНП, продольного удлинения и сопротивления трения).

Теперь самое большое в мире применение композитного защитного экрана при кучном выщелачивании является золотой комплекс Newmont Yanacocha (Северо-центральный регион Перу).

В большинстве площадок дамбового выщелачивания теперь используются композитные защитные экраны выше максимального уровня хранения воды и двойные геомембранные экраны ниже этого уровня. Одиночные геомембранные экраны по-прежнему являются наиболее распространенными для площадок медного выщелачивания, а композитные экраны, более распространены для площадок выщелачивания золота и серебра.

Медные отвалы, как правило, неизолированные, хотя эта технология также преобразуется в геомембраны. Экраны на основе ПЭНД и ЛПЭНП толщиной 1,5-2,0 мм, и покрытия на основе ПВХ (толщиной 0,75-1,0 мм) являются наиболее распространенными типами экранов, используемых в настоящее время в горнодобывающей промышленности.

В 1970 г. в некоторых проектах кучного выщелачивания уже началась установка 2-х или более уплотненных грунтовых покрытий. Двухслойные покрытия КВ изготовленные из асфальтобетона применяли для сохранения структуры основания во время погрузки и разгрузки на нем руды.

Однако применение данных покрытий также оказалось весьма неэффективным и нецелесообразным с точки зрения не только экономики (больше затрат) и технологии (сложность установки), но и трудоемкость работ [1].

В технологических прудах начали использовать двойные геомембранные покрытия в 1980-х гг. в штате Невада, но использование их в больших масштабах при кучном выщелачивании все еще не распространено.

В 1991 г. в медном объекте Серро-Колорадо в Чили состоялось крупномасштабное применение двухслойных покрытий из сочетания ПЭВП или ЛПЭНП (толщиной 1,5-2 мм) со слоем гравии мощностью 1-2 м над ними.

К 1995 г. были реализованы только несколько проектов с двухслойными выщелачивающими экранами, некоторыми из более крупных, которые являются: проект Эль-Гуанако (проект Аmax Gold), проект Хекла Ла Чолла (Мексика) и проект Пьемонта (Невада, США).

В некоторых случаях, двухслойное покрытие может быть необходимым для контроля утечки и обеспечения дополнительного антифильтрационного барьера [4].

Незначительное применение в горной промышленности двойных геомембранных покрытий было основано на следующем [3]:

- они значительно увеличивают прибавленную стоимость;
- они свойственно довольно низкой стабильности.

На добавленную стоимость влияет также:

- а) нехватки квалифицированных установщиков – особенно для установки двойных покрытий из геомембран, что увеличивает время на строительство (в проектах Чили устанавливаются более 150 га, в большинстве проектов Африки и стран с нехваткой финансовых ресурсов);
- б) сложности строительства при крутых склонах.
 - они свойственно довольно низкой стабильности.

В настоящее время на некоторых объектах КВ часто применяются уплотненные грунтовые покрытия вместе с геомембранами с образованием композитного покрытия (геосинтетические глинистые экраны), который обычно состоит из геомембраны, размещенной непосредственно на поверхности уплотненного грунтового покрытия. Они нашли большое применение при решении технико-технологических связанных с дамбовым выщелачиванием, при котором склоны штабелей КВ могут превышать 30° (крутые склоны).

Выщелачиваемая руда при этом умышленно укладывается в очень рыхлом состоянии, для улучшения распределения раствора и перколяции [2, 5]: это приводит к очень большому расчетному потенциалу при смачивании и с прогрессивной укладкой. Поэтому вдоль крутых склонов потенциал осаждения руды на экраны довольно значительный, а использование двойного геомембранного экрана увеличивает этот риск.

Примером их использования является проект кучного выщелачивания с 89,9 га площадки (рис. 1), расположенный в южной части Перу, который был построен в узкой долине, где средний склон составляет $56,3^\circ$.

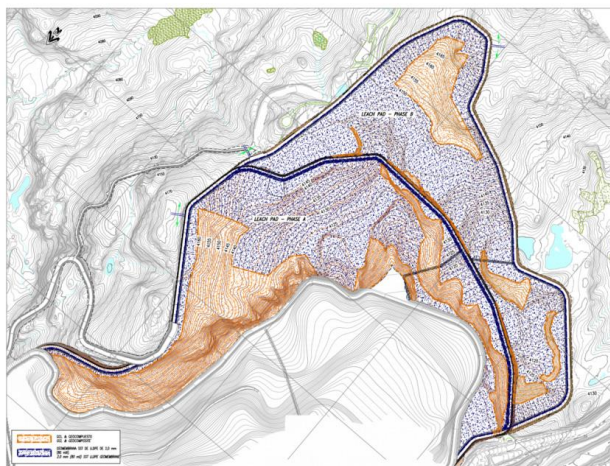


Рисунок 1. Зоны для установки геосинтетических глинистых экранов (коричневые участки) [6]

Проектируемые земляные работы (в основном разрезы) необходимы для того, чтобы достичь поверхности земляного полотна, и составляют около $830\,000\text{ м}^3$, из которых 30 % были сформированы на поверхности выходов скальных пород. При этом из 89.9 га площадки выщелачивания, 35.7 га находятся в местах, где склоны более круче, чем $68,2^\circ$, что составляет 39 % площади установке (рис. 2).

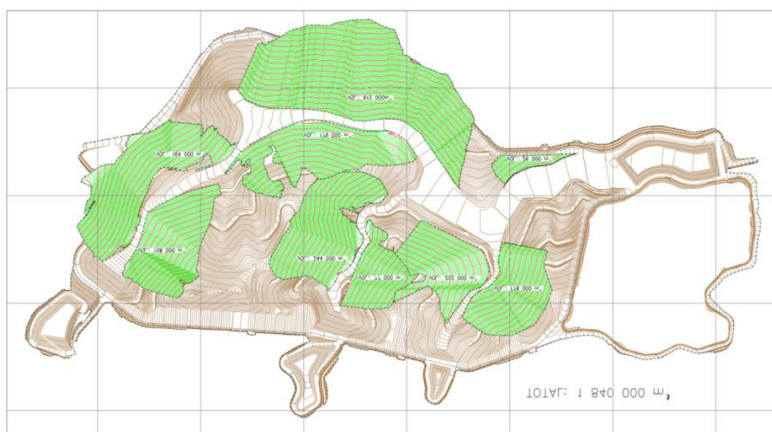


Рисунок 2. Зоны, где необходим дополнительный разрез для сокращения площадей крутых склонов [6]

Наличие малопроницаемых грунтов является ситуацией, когда существует ограниченность антифильтрационного материала, который может быть использован в качестве низкопроницаемого грунтового покрытия, в отсутствие источников выемки грунта. В этом случае необходимо разместить как можно больше геосинтетических глинистых экранов, настолько это возможно без ущерба для стабильности установки кучного выщелачивания установке.

Одна из основных проблем, возникающих в данном случае, заключается в том, что это может генерировать большой объем земляных работ. Кроме того, в условиях дождей и особенно на равнинных участках, необходимо соблюдать определенную осторожность, чтобы избежать гидратации геосинтетических глинистых экранов: даже умеренное количество осадков может привести к ухудшению его состояния установке.

Однако, необходимо обратить внимание, что использование покрытий при кучном выщелачивании связано с самыми значительными трудностями. Поэтому все еще предпринимают различные способы решения проблем испарения технологических растворов при КВ. Все это предполагает разработку принципиально новых видов покрытия штабеля КВ.

Для того, чтобы понимать историю развития покрытий, необходимо установить причины, из-за которых горнопромышленные предприятия направляли много усилий в создании и развитии различных применяемых для укрытия штабелей КВ и оросительной системы экранов (барьеров).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.Е., Тчаро Хоноре, Чекушина Т.В. Практика применения геосинтетических глинистых экранов на площадках кучного выщелачивания в Перу // Проблемы недропользования. Сетевое периодическое научное Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела Уральского отделения РАН, издание ISSN 2313-1586 Выпуск 2, Екатеринбург 2017.
2. Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Тчаро Х. Обоснование технологических решений по обработке выщелачивающими растворами массива штабеля кучного выщелачивания // В сборнике: Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья Материалы XXIII Международной научно-технической конференции, проводимой в рамках XVI Уральской горнопромышленной декады. 2018. С. 321-324.
3. Breitenbach A.J., Smith M.E. Overview of geomembrane history in the mining industry // <https://www.911metallurgist.com/blog/wp-content/uploads/2016/06/Leach-Pad-geomembrane.pdf>.
4. Bureau of reclamation technical service center // <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/designstandards-datacollectionguides/finalds-pdfs/DS13-20.pdf>, 2014.
5. Daniel W. Kappes. Precious Metal Heap Leach Design and Practice // http://ore-max.com/pdfs/resources/precious_metal_heap_leach_design_and_practice.pdf.
6. Hilda Garay, Javier Mendoza, Peru Carlos César, Peru Ernesto Najjar. Evaluation and quality control of geosynthetic clay liners in heap leach pads // Proceedings of Heap Leach Solutions, InfoMine, 2014.
7. Воробьев А.Е., Макаров В.П., Чекушина Т.В. Кучное выщелачивание золота из интенсивно метаморфизованных пород горного отвала кварц-золоторудного месторождения Мурунтау (Узбекистан) // Материалы II Международной конференции «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке» (Москва-Кызылкия). – М.: Изд-во РУДН. 2007. – С. 185-199.

Vorobev Aleksander Egorovich

Atyrausky university of oil and gas, Atyrau, Kazakhstan
E-mail: fogel_al@mail.ru

Tcharo Honore

University of Abomey-Calavi, Togo, Republic of Benin

The development of coatings and screens used in heap leaching

Abstract. Since 1970, the mining industry, in particular the use of low-permeable liners in it, has been well known for its wide development. Practically all liners used at that time were intended for the construction of the lower permeability heap leach pad. At the initial stage of applying liners, barriers based on impermeable soils (clays) were used, and a little later concrete and asphalt concrete liners were used, then various geomembrane liners (PVC, HDPE, LDPE, etc.). Currently, in order to prevent evaporation, to provide thermal insulation, as well as to prevent dilution of the leaching solutions used, great interest is given, on the one hand, to the creation of new types of liners, and on the other, to use some of the already existing liners in the construction as heap surface liners. The article describes the majority of used liners and the history of their development and the reasons for the transition to the surface liners.

Keywords: geomembrane layers; low-permeable liners; insulation of a heap; irrigation pipes; polyvinyl chloride (PVC); very low density polyethylene (HDPE); high density polyethylene (LDPE); raincoats