

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Текст:

Неклюдов Д.Б.,  
директор по развитию  
ООО «Габियोны  
Маккаферри СНГ»

При переработке минерального сырья на горно-обогатительных предприятиях существует высокий риск для экологической безопасности. Он обусловлен хранением и утилизацией токсичных вскрышных пород и хвостов обогащения. Предназначенные для хранения таких отходов хвостохранилища могут стать источником загрязнения грунтовых вод, экосистем и атмосферы, разрушения близкорасположенной инфраструктуры, угрозой жизни людей.

Чаще всего, такие нештатные ситуации возникают в результате прорыва дамбы хвостохранилища или нарушения целостности защитного покрытия основания сооружения.



Рис. 1 Устройство армированной «Системы Террамеш»®



Рис. 2. Хвостохранилище Синаикоха в процессе строительства и по его окончании

Например, в 2009 году в результате перенаполнения Карамкенского хвостохранилища в Магаданской области произошёл прорыв ограждающей дамбы. Возникший селевый поток затопил посёлок. Ядовитые отходы из хвостохранилища попали в реки Хасын и Армань по берегам которых стоит множество посёлков и проживают десятки тысяч людей. Случаются трагедии и национального масштаба, как при прорыве дамбы в Тренто в 1985 году, где число жертв среди населения достигло 268 человек.

Чтобы предотвратить загрязнения окружающей среды отходами обогащения и защитить прилегающую инфраструктуру на долгий срок, необходима эффективная изоляция продуктов переработки минерального сырья. Изоля-

ция отходов обогащения необходима и на период после закрытия ГОКа, когда контроль за состоянием инженерных сооружений может ослабнуть. Габрионные технологии и армированные системы позволяют с успехом решить эту проблему. Основное отличие этих технологий от традиционных железобетонных заключается в укреплении удерживающих грунтовых массивов высокопрочными геоматериалами.

### Строительство армированных дамб

Для строительства защитных дамб хвостохранилищ существует эффективное решение, которое основано на технологии армирования грунтовой насыпи с помощью «Системы Террамеш»®.

Этот вариант укрепления представляет собой модульную систему армирования грунта, используемую взамен традиционных гравитационных подпорных стен. Модули системы располагаются слоями, причём в лицевой части устраивается габрионный блок, а грунт обратной засыпки послойно армируется. Для заполнения лицевого габрионного блока и устройства обратной засыпки зачастую возможно применить местные материалы.

Особенностью «Системы Террамеш»® является возможность устройства удерживающей конструкции неограниченной высоты, что весьма важно при строительстве накопительных дамб хвостохранилищ. Для возведения стен значительной высоты используется дополнительное ар-



Рис. 3. Защитная дамба на месторождении Подероса

мирование насыпи высокопрочными георешётками «Паралинк»® и «Парагрид»®. Эти материалы способны в разы увеличить несущую способность насыпи, благодаря их высоким прочностным характеристикам — до 1 350 кН/м. Армированная таким образом насыпь выдерживает тяжёлую технику вплоть до карьерных самосвалов под нагрузкой, проезжающих по гребню дамбы.

Армогрунтовая «Система Террамеш»® является достаточно гибкой, так как габионные блоки лицевой части способны эффективно перераспределять напряжения внутри конструкции. Такая особенность армогрунтовой системы даёт возможность создавать как симметричные, так и асимметричные дамбы.

Дамба хвостохранилища, сооружённая с применением армогрунтовой «Системы Террамеш»®, показана на рис. 2 и 3.

Значительное число случаев прорыва дамбы происходит под влиянием подвижек земной коры и деформаций грунтов в основаниях дамб, вызванных землетрясениями. Гибкая армогрунтовая система приспособляется к относительной осадке грунта лучше, чем традиционные конструктивные решения из железобетона. Именно поэтому армогрунтовая «Система Террамеш»® является сейсмоустойчивой конструкцией. Железобетон не допускает просядок в связи с его жёсткостью в отличие от армогрунтовой системы, которая лучше воспринимает деформации. Подтверждение тому — массовое применение армогрунтовых конструкций на

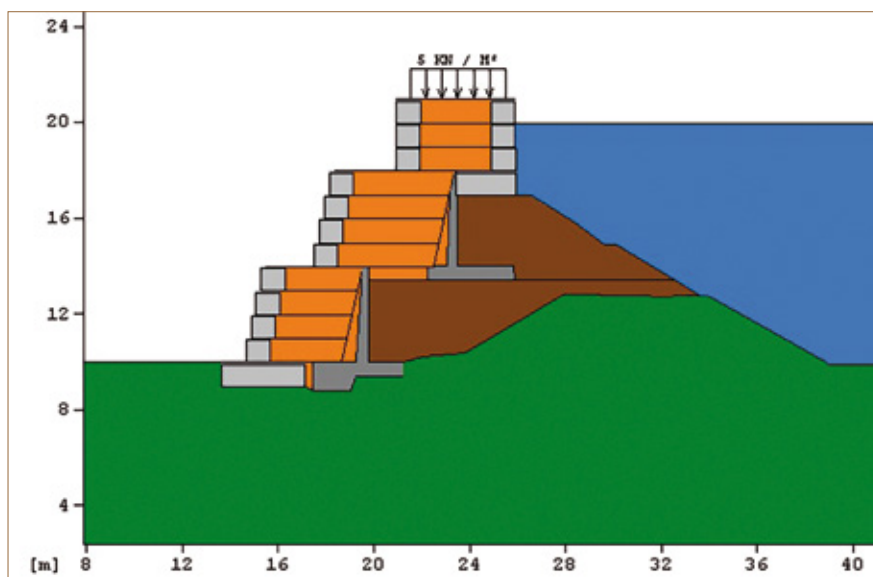


Рис. 4. Стабилизация потенциально опасных участков бортов хвостохранилища, рудник Изкаикруз, Перу, 2005

ГОКах на территории Перу, который является одним из самых сейсмически опасных районов Земли.

Показательным примером использования «Системы Террамеш»® является устройство новой дамбы хвостохранилища на месторождение Подероса в Перу (рис. 3).

#### Укрепление уже существующей дамбы

С помощью армогрунтовых систем реализуются не только проекты новых дамб хвостохранилищ, но и осуществляется локальное укрепление участков существующих дамб. Старые хвостохранилища нередко становятся источником экологической опасности, так как они в большей степени подвержены деструктивным процессам.

В этих случаях решение может быть основано на возведении армогрунтовых структур из «Системы Террамеш»®, поддерживающих существующие подпорные стены. Например, на руднике Изкаикруз в Перу были укреплены действующие, потенциально опасные участки бортов хвостохранилища, выполненные из железобетона.

#### Наращивание высоты дамбы

Зачастую владельцу месторождения экономически эффективнее увеличить ёмкость уже существующего хвостохранилища, чем строить новое. Нарощенный с помощью армогрунтовой технологии гребень существующей дамбы обеспечивает безаварийность её эксплуатации.



Рис. 5. Гребень дамбы рудника Юрикоха незадолго до окончания строительства

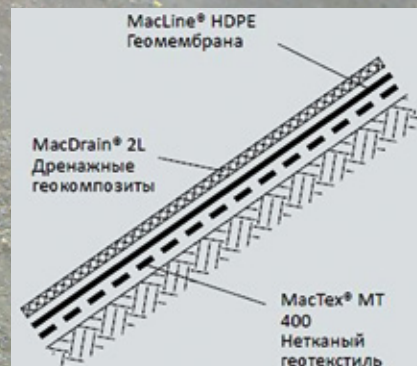


Рис. 6. Устройство непроницаемой защиты бассейна хвостохранилища

На базе укрепленных бортов карьера Изкаикруз был возведен третий — удерживающий ярус «Системы Террамеш»® для увеличения ёмкости хвостохранилища.

Компания «Маккаферри» выполняла работы по наращиванию дамбы, используя «Систему Террамеш»®, на руднике Юрикоха в Перу в 2006-м году. По проекту была осуществлена надстройка симметричной 8-метровой насыпи, по которой свободно перемещалась тяжёлая техника (рис. 5).

#### Расчёт устойчивости армогрунтовых систем

Для расчёта параметров устойчивости армогрунтовых насыпных дамб хвостохранилищ используется специализированный программный комплекс MacSTARS W. Программа MacSTARS W разработана для проверки устойчивости различных массивов грунта и даёт возможность проводить расчёты, используя Метод предельного Равновесия.

СПОНСОР СТАТЬИ

**MACCAFERRI**

Компания «Маккаферри»  
г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская 13, стр.1  
тел.: +7 (495) 937-58-84  
info@maccaferri.ru, www.maccaferri.ru

С помощью программы MacSTARS W можно проанализировать несколько вариантов устойчивости.

- Полный расчёт устойчивости. Выполняется для оценки удерживающей способности укрепления до построения конструктива подпорной конструкции.

- Расчёт внутренней устойчивости. Даёт возможность построить такую модель подпорной стенки, которая является необходимой в каждом конкретном случае.

- Расчёт несущей способности основания, проверка на сдвиг и опрокидывание. Для проведения этих расчётов вся подпорная конструкция, или её часть рассматриваются как единый массив, состоящий из отдельных блоков.

Использование армогрунтовой конструкции «Террамеш»® в проектах устройства новых, укрепления и наращивания существующих дамб хвостохранилищ является экономически эффективным, поскольку не требует больших затрат на проведение строительных работ. Материалы для заполнения габионных конструкций и грунт обратной засыпки могут быть взяты непосредственно на объекте строительства, а устройство самой армированной насыпи требует минимума тяжёлой техники.

#### Защита основания хвостохранилища

Надёжно изолировать грунт основания хвостохранилища возможно с помощью геосинтетических материалов.

Техническое решение в таком случае выглядит как комбинация нетканого геотекстиля «МакТекс»®, уложенного на спланированную поверхность, поверх которого располагается непроницаемая геомембрана Маклайн из полиэтилена высокой плотности (HDPE).

Толщина и вес нетканого геотекстиля «МакТекс»® позволяет успешно использовать этот продукт в качестве защитного слоя геомембраны. Геотекстиль «МакТекс»® изготавливается из высокопрочных волокон чистого полипропилена, соединённых посредством иглопробивания и термокаландрования.

Непроницаемая геомембрана «МакЛайн»® производится из полиэтилена высокой плотности толщиной 2,5 мм и выполняет функцию гидроизоляции поверхности хвостохранилища.

Для сбора и отведения фильтрационных жидкостей из хвостохранилища поверх непроницаемой геомембраны «МакЛайн»® укладывается дренажный геокompозит «МакДрейн»®. Геокompозит «МакДрейн»® применяется в качестве дренирующего слоя и отводит жидкую фракцию в дренажные трубы, расположенные на дне хвостохранилища.

Принципиальная схема устройства непроницаемой защиты бассейна хвостохранилища изображена на рисунке 6.

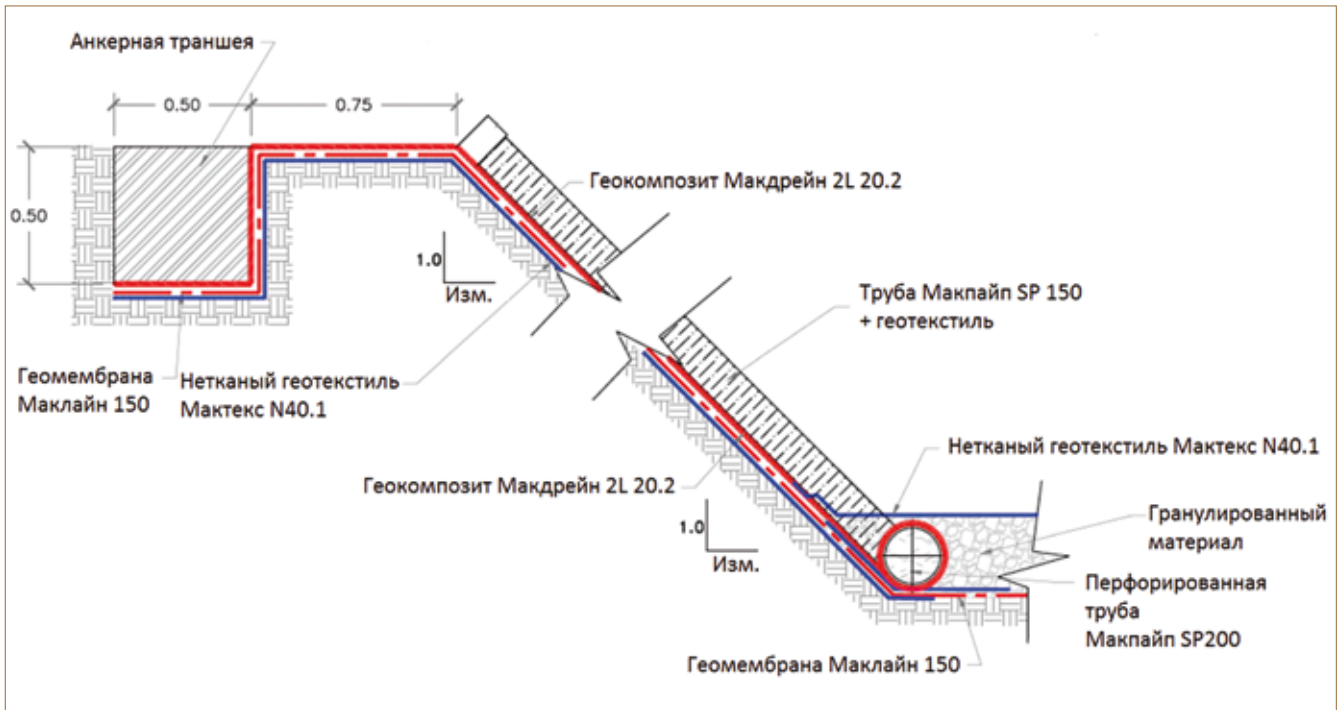


Рис. 7. Схема устройства защитной и дренажной системы хвостохранилища Тамбомайо

На рисунке 8 отражён пример устройства непроницаемой защиты дна хвостохранилища с использованием комплекса геосинтетических материалов на месторождении Кобрица в Перу.

Аналогичное техническое решение также реализовано и на другом горнодобывающем объекте — месторождении Тамбомайо (рис.7 и 9).

Описанные технические решения призваны обеспечить экологичное и безопасное функционирование хвостохранилищ. Использование армогрунтовой «Системы Террамеш»® позволяет возводить защитные дамбы хвостохранилищ, которые отвечают всем современным требованиям к эксплуатации. Прежде всего это долговечность и надёжность.

Такие конструкции подходят для строительства в различных геологических условиях, в частности в зонах с повышенной сейсмической активностью. В силу того, что армогрунтовые дамбы обладают достаточной гибкостью и приспосабливаются к относительной осадке грунта лучше, чем жёсткие конструктивные решения.

С помощью «Системы Террамеш»® можно укреплять и наращивать уже существующие насыпи, значительно упрощая весь процесс реорганизации хвостохранилищ. Это достигается за счёт инженерной продуманности технического решения и относительной простоты возведения конструкции на объекте добычи. **DT**



Рис. 8. Гидроизоляция и дренаж дна хвостохранилища. Месторождение Кобрица, Перу.



Рис. 9. Панорамный вид хвостохранилища Тамбомайо в процессе укладки геомембраны МакЛайн