

УДК 69058
МРНТИ 67.15:

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.2-35>

Д.Ж.Артыкбаев^{1*}, К.Ибрагимов¹, К.С.Байболов²

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

²Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова, Шымкент, Казахстан

*Corresponding author: artykbaev_d@mail.ru

Информация об авторах:

Артыкбаев Дархан Жаксылыкович – Ph.D., Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>, email: artykbaev_d@mail.ru

Ибрагимов Кудайберген – Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-6557-4484>, email: info@ukgu.kz

Байболов Канат Сейтжанович – Университет дружбы народов ДН им. академика А. Куатбекова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-1293-6482>, email: info@kipudn.kz

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ВЗРЫВОНАБРОСНЫХ ПЛОТИН

Аннотация. В данной работе для однородной плотины рассматриваются вопросы фильтрационно-суффозионной прочности взрывонабросной плотины. Даны пути снижения водопроницаемости. Путем кольматажа мелкозернистыми грунтами, влияющие на прочность и устойчивость взрывонабросной плотины. В работе приведены принцип кольматажа в зависимости. В работе приведены принцип кольматажа в зависимости от гранулометрического состава. Кроме того, здесь же даны максимальный размер кольматажа и методы, а также технология кольматажа и методика приготовления кольматанта.

Ключевые слова: водопроницаемость, суффозия, кольматаж, кольматант, поровой канал.

Введение. Для любой конструкции взрывонабросных плотин взрывом первоначально создается и какое-то время эксплуатируется основной ее элемент – однородная призма из горной массы. Здесь вопросы фильтрационно-суффозионная прочность для такой призмы имеет первостепенное значение.

Прочность и устойчивость взрывонабросных плотин именно зависит от фильтрационно-суффозионных характеристик грунта.

Грунты взрывонабросных плотин имеют очень большую крупность поэтому прямые их испытания в лабораторных условиях невозможно. Также невозможны расчеты фильтрации взрывонабросных плотин на основании существующих эмперических формул разработаны только для наиболее простых режимов фильтрации в грунтах-ламинарного и турбулентного. В то же время по взрывонабросных плотинах режим обычно переменный и зависит от гранулометрического состава и плотности [1, 2].

Материалы и методы. Во взрывонабросных плотинах режим фильтрации сложный и также зависит от гранулометрического состава и плотности грунта. Фильтрация во взрывонабросных плотинах описывается уравнением.

$$v = KI^\alpha$$

где v – скорость фильтрации определенная делением общего расхода через образец на его полную площадь.

K и α показатели / K – коэффициент фильтрации, α – показатель режима фильтрации, являющегося функциями зернового состава грунта и его плотности.

Учитывая большую крупность грунтов взрывонабросных плотин установление фильтрации в грунтах с разработкой соответствующих статических моделей. Такая модель может быть получена на основании теории подобия и размерностей [3, 4, 5, 7-9].

Результаты и обсуждение. Для снижения водопроницаемости взрывонабросных плотин применялся способ кольматаж грунта. Для определения коэффициента фильтрации использовался прибор СпецГЕО и трубка Каменского при гидравлическом градиента $I=1.0$.

Результаты этих исследований приведены в табл. 1 в зависимости гранулометрического состава и плотности.

Таблица 1 – Результаты определения коэффициента фильтрации

Содержание мелкозема в грунте	K_f см/с	K_f м/сут	K_f см/с	K_f м/сут
$M < 5 \text{ мм}$	50%		80%	
$\rho_d^{mp} \text{ т/м}^3$	1.60		1.78	
K_f	$7.2 \cdot 10^{-4}$	0.62	$9.6 \cdot 10^{-5}$	0.088

Анализ результатов опытов показали, что после кольматажа коэффициент фильтрации уменьшается до 10 раз.

Сравнение полученных значений по определению коэффициента фильтрации в лабораторных условиях с данными К.И.Назарова, Г.И.Покровского, В.Ф. Корчевского, Г.Н. Петрова колеблется от 0.074 м/сут до 0.088 м/сут, те эти данные с вышеприведенным данными близки между собой [2,с.3;6,с.4;10].

Наиболее широко принимаемая схема строительства взрывонабросных плотин предусматривает возведение взрывом однородного по материалу взрывного навала. Здесь вопросы фильтрационно-суффозионной прочности для такой плотины имеет первостепенное значение.

В этом случае обычные стандартные конструктивные решения для взрывонабросных плотин оказываются неприемлемыми. В этих условиях наиболее удачным решением по снижению водопроницаемости плотин является коль-

матаж их мелкозернистыми грунтами. Он применим при любых неровностях профиля и не требует проведения каких-либо работ на плотине. Возможность таких мероприятий подтверждается опытом эксплуатации многочисленных естественных и искусственных навалов замытыми речными наносами.

Эффективность кольматажа существенно зависит от неоднородности плотины по плотности и гранулометрического состава, наличие, в плотине плотной и относительно мелкозернистой центральной части и рыхлой более крупной зоны верхнего откоса позволяет подобрать соответствующий состав грунта – кольматанта. Таким образом, может быть возведена взрывонабросная плотина с экраном.

Критерием возможности кольматажа зоны верхнего откоса является то, что диаметры поровых каналов в ней не менее чем в два раза больше таких же в центральной зоне плотины [11-15].

В этом случае средний гидравлический радиус пор грунта может быть вычислен как отношение удельной пористости грунта к удельной поверхности его частиц:

$$R = \frac{n}{\chi} \frac{\psi nd}{6(1-n)} \quad (1)$$

где ψ – коэффициент формы

Диаметр поровых каналов в грунте определяется по формуле:

$$D = \frac{4\psi nd}{6(1-n)} \quad (2)$$

Т.е. диаметр поровых каналов определяется в первую очередь средним диаметром частиц грунта «d» и его пористостью «n».

Учитывая, что энергия взрыва пропорциональна массе взрывчатого вещества ($A=KQ$) можно найти.

$$d = D^{n-1} \sqrt{\frac{1}{aD^{n-1}q+1}} \quad \text{и} \quad n = 1 - \frac{1}{\rho_{т,ч} (1 - \frac{1}{\sqrt{\frac{\beta+1}{\alpha} \rho g H}})} \quad (3)$$

$$\text{где} \quad Q = \frac{k(n-1)}{c} \quad (4)$$

$q = \frac{Q}{V}$ – удельный расход взрывчатого вещества

D – средняя блочность массива.

Кольматаж – это отложение в порах каменной наброски мелких пылевато-глинистых частиц, транспортируемых фильтрационным потоком при условии, что его насыщенность этими частицами меньше максимальной транспортирующей способности. Поэтому осаждение частиц кольматажа в

порах грунта проходит в основном за счет тяжести и с помощью, центробежных сил взаимодействия кольматажа с каменной наброской [16-24].

В любом случае для возможности кольматажа каменной наброски необходимо, чтобы частицы кольматажа были во всяком случае мельше размеров поровых каналов смеси наброски:

$$d_{max} + 4\delta \leq D_{nop} \quad (5)$$

где d_{max} – максимальный размер частицы кольматанта;

δ – толщина пленки связанной воды на твердых частицах кольматанта каменной наброски.

Зависимость (4) определяет максимальный размер частиц кольматанта. В то же время опыт показывает, что наибольшая эффективность кольматанта достигается при несколько более мелких размерах частиц. Оптимальный состав кольматанта должен удовлетворять условие:

$$\frac{D_{nop}}{d_{max}} = 3 \div 5 \quad (6)$$

$$\frac{D_{nop}}{d_{50}} = 20 \div 40 \quad (7)$$

$$\frac{V_n}{\omega_{50}} = 5 \div 50 - \text{поверочный критерий}$$

Минимальный размер кольматанта определяется из условия:

$$\frac{V_n}{\omega_{min}} = 200 \quad (8)$$

В этих формулах использованы следующие обозначения

D_{nop} – средний диаметр пор каменной наброски

d_{min}, d_{50} – соответственно, максимальный и средний (50% обеспеченности) диаметр частиц кольматанта;

V_n – скорость фильтрационного потока в грунте;

$\omega_{min}, \omega_{50}$ – соответственно, гидравлическая крупность частиц кольматанта минимальной и средней крупности (50% обеспеченности).

Пример: Определить оптимальный состав кольматанта для взрывонабросной плотины со следующими характеристиками: средняя плотность каменной наброски $\rho = 2.1 \text{ т/м}^3$, средняя плотность твердых частиц $\rho_{т.ч.} = 2.68 \text{ т/м}^3$, гранулометрический состав каменной наброски характеризуется следующим содержанием отдельных фракций (табл. 2).

Таблица 2 – Гранулометрический состав отдельных фракций

$d_{мм}$	5	5-10	10-20	20-40	40-80	80-150	150-300	300-500	500-1000	1000-2000
f %	8	10	12	12	10	10	8	10	10	10

Водопроницаемость каменной наброски характеризуется коэффициентом фильтрации $k=0.72\text{см/с}$ и показателем режима фильтрации $\alpha = 0.967$. Средний градиент фильтрационного потока в плотине $(H/L)=0.15$.

Решение: Средний диаметр фильтрационных пор каменной наброски плотины $D_{пор}$ определяется по формуле:

$$D_{пор} = \frac{4\psi nd}{\delta(1-n)} \quad (9)$$

где d – средний эффективный диаметр частиц каменной наброски.

$$d = \frac{100}{\sum \frac{f_i\%}{d_i}} = \frac{100}{\frac{8}{0.25} + \frac{10}{0.75} + \frac{12}{1.5} + \frac{12}{3} + \frac{10}{6} + \frac{10}{11.5} + \frac{8}{22.5} + \frac{10}{40} + \frac{10}{75} + \frac{10}{150}} = 1.65\text{см}$$

ψ - коэффициент формы (для каменной наброски $\psi = 0.52$);

n - пористость

$$n = \frac{2.68 - 2.10}{2.68} = 0.216$$

С учетом этого получим:

$$D_{пор} = \frac{4 \cdot 0.52 \cdot 0.216 \cdot 1.65}{6(1 - 0.216)} = 0.158\text{см} = 1.58\text{мм}$$

С учетом этого рассчитываем основные размеры частиц кальматанта

$$D_{max} = \frac{D_{пор}}{3 \div 5} = 0.32 \div 0.53\text{мм}$$

$$d_{50} = \frac{D_{пор}}{20 - 40} = 0.04 \div 0.08\text{мм}$$

Для определения минимального размера частиц кальматанта предварительно необходимо рассчитать скорость фильтрационного потока в плотине.

$$V_n = \frac{V}{n} = \frac{KI^2}{n} = \frac{0.72 \cdot 0.15^{0.967}}{0.216} = 0.53\text{см/с}$$

С учетом этого определяем гидравлическую крупность частиц кальматанта минимальной крупности:

$$\omega_{min} = \frac{V_n}{200} = \frac{0.53}{200} = 0.00265\text{ см/с}$$

По формуле $\omega = 40.6 \frac{\rho_{т.ч.} - \rho_e}{\mu} d^2$ определяем диаметр частиц соответствующим этому значению.

$$d_{min} = \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu}{40.6(\rho_{m.ч.} - \rho_{\epsilon})}} = \sqrt{\frac{0.0025 \cdot 0.01}{40.6 \cdot (2,68 - 1,0)}} = 0.0006 \text{ см} = 0.006 \text{ мм}$$

Как известно, в настоящее время существует два основных способа кольматанта: подводный и надводный.

Кольматант надводной части плотины производится послойно, ярусами, мощностью 1-5 м. Каждый ярус замывается при помощи специального трубопровода с выпусками, укладываемого горизонтально [25-27].

В случае необходимости перед укладкой трубопроводов производится планировка откоса и нарезка горизонтальных уступок. Кольматанит производится фильтрационным способом под действием собственного веса пульпы. Для лучшего проникновения пульпы в плотину особенно в случае образования на откосе глинистой пленки, кольматанит должен периодически заменяться промывкой чистой водой, подаваемой по тому же трубопроводу.

Кольматанит подводной части откоса может выполняться в нескольких вариантах. Наиболее простой из них следующий: гидросмесь воды с грунтом по плавающим напорному трубопроводу подается в верхний бьеф плотины, где с помощью одного распределительного трубопровода с отверстиями, расположенного параллельного оси плотины, выпускается непосредственно на поверхности воды. При такой схемы вся плотина кольматируется одновременно, но кольматант неоднороден.

Нижние слои кольматируются более интенсивно и более крупными частицами.

Избежать расслоение кольматанта при подводном замыве можно только, если подавать его трубопроводами непосредственно в нужные точки откоса при помощи опускаемых вниз вертикальных труб с выпусками. Такой вариант осуществим только при работе полосами. Пульпа в этом случае подается одним или несколькими глубинными водовыпусками, по одному на каждый трубопровод, который с помощью буксиров перемещается вдоль откоса плотины непосредственно над заданной полосой.

В третьем варианте подводного замыва плотины, пульпа подается по всей линии, откоса, непосредственно у среза воды. В этом случае распределительный трубопровод укладывается на плотине на отметке водохранилище и оборудуется водовыпусками, направленными вниз по откосу. Кольматант при этом происходит за счет увеличения движущейся по откосу пульпы фильтрационным потоком и производится последовательно сверху вниз. Замыв нижних слоев откоса производится только после того, как завершен замыв верхним. Это обеспечивает необходимое саморегулирование процесса [28-29].

Оптимальная концентрация пульпы, обеспечивающая наибольшую эффективность кольматажа определяется по формуле:

$$\delta_0 = 0.45^3 \frac{v_n}{\omega_{50}} \quad (10)$$

где v_n – скорость потока в порах наброски;

ω_{50} – гидравлическая крупность частиц грунта, размером (50% обеспеченности);

δ_0 – концентрация кольматанта в пульпе (кг/м³).

Эффективность кольматажа, по мере его выполнения, непостоянна. Для ее оценки может быть использована формула:

$$K_{\xi} = K_o(1 - \sqrt{\xi}) \quad (11)$$

где K_o – коэффициент фильтрации плотины до кольматажа

K_{ξ} – коэффициент фильтрации плотины, соответствующий насыщенности порового пространства кольматанта ξ ;

ξ – отношение объема кольматанта в порах грунта к объему порового пространства.

Одним из наиболее сложных вопросов технологии кольматажа является приготовление пульпы. Так как для этого требуется материал строго определенной крупности, редко встречаемой в природе, то, прежде всего, необходима сортировка природных грунтов. В качестве методов сортировки может быть использован обычный рассев на гравийно-сортировочных заводах или гидравлический рассев в отстойниках [30].

В любом случае, такая работа требует больших затрат труда и времени. Кроме того, как бы тщательно не была выполнена сортировка, в результате все равно получается довольно неоднородная смесь грунта, содержащая в своем составе частицы разной крупности, что в дальнейшем может снизить качество кольматажа.

Для решения этой проблемы представляется целесообразным объединить оба процесса – сортировку и кольматаж, в один с использованием для этих целей энергии потока воды в водохранилище.

Не сортированная естественная смесь грунта разгружается при этом непосредственно на поверхности воды в водохранилище, на расстоянии L от уреза воды таким образом; чтобы частицы оптимальной крупности, размер которых соответствует критерий (5) попадали на откос плотины заранее заданной точки. Это условие будет выполнено для слоя плотины на высоте h над основанием, если время горизонтального движения частицы грунта нужного размера на пути $l-L-m$ ($H-h$) будет равно времени падения ее в воде на глубину ($H-h$) учитывая, что скорость падения частиц в воде равна гидравлической крупности частиц, а скорость горизонтального движения их равна скорости воды в водохранилище получаем

$$\frac{L-m(H-h)}{V} = \frac{(H-h)}{\omega} \quad (12)$$

$$\text{откуда } L = (H-h) \left(\frac{V}{\omega} + m \right)$$

где m – заложение верхового откоса плотины

Попадения в нужный слой плотины частиц оптимальной крупности обеспечена при соблюдении критерия (7)

$$\frac{V_n}{\omega_{cp}} = 5 \div 50 \quad (13)$$

Принимая для частиц среднего размера

$$\frac{V_n}{\omega_{50}} = 20 \quad (13)$$

и учитывая, что скорость фильтрационного потока воды плотины равна

$$V_n = \frac{V}{n} \quad (14)$$

где n – пористость грунта в плотине, окончательно получим:

$$L = (H - h)(20n + m) \quad (15)$$

При разгрузке смеси грунта на таком расстоянии от уреза воды водохранилища, замыв слоев ее расположенных на высоте h , будет осуществляться только частицами оптимального размера. Более мелкие частицы будут попадать в более верхние слои плотины и практически приносятся через них, более крупные, наоборот, будут откладываться на откосе ниже замываемого слоя. То есть, если последовательно производить загрузку смеси грунта в водохранилище начиная с расстояния: $H = (20n + m)$, последовательно, приближаясь к урезу воды, то можно обеспечить не только качественный кольматаж всей плотины, но и создание на откосе защитного слоя фильтра. Последнее объясняется тем, что при приближении места разгрузки смеси в водохранилище на нижние слои плотины будут откладываться все более крупные частицы [31].

Еще более простая схема кольматажа плотины может быть обеспечена в случае наличия в верхнем бьефе плотины достаточного количества наносов необходимой крупности. В этом случае вообще отпадает необходимость какой-либо сортировки наносов, вследствие специфики их образования, и весь вопрос заключается только насыщенный ими потока для создания пульпы необходимой концентрации. Последнее может быть обеспечено гидравлическим размывом наносов или рыхлением их механическим путем.

Пример. Рассчитать технологию кольматажа плотины несортированной смеси содержащей в своем составе необходимое количество частиц оптимальной крупности, при следующих данных: напор воды в водохранилище $H=90$ м. Заложение верхнего откоса плотины $m=3.2$. Пористость грунта плотины $n=0.216$. Коэффициент фильтрации грунта плотины $k=0.72$ см/с, показатель режима фильтрации плотины $\alpha=0.967$ [7 с.9-9 с.3].

Решение. Кольматаж плотины осуществляется последовательно от нижних слоев к гребню плотины. Для того разгрузку смеси в водохранилище в соответствии с формулой (1) начинающий в наиболее дальней точке на расстоянии от уреза воды:

$L=90(20:0.216+3.2)\approx 677\text{м}$ и последовательно приближают к плотине по мере замыва очередного гирозонта. Контроль качества замыва слоев при такой технологии можно обеспечить визуальным осмотром откосов при помощи водолазной службы.

Заключение. Таким образом, на основе выполнения данной работы можно сделать следующие выводы:

1. Для снижения водопроницаемости во взрывонабросных плотинах из-за крупности фракции самым удачным методом является кольматаж их мелкозернистыми грунтами.

2. Результаты определения коэффициента фильтрации полученные данные достаточно хорошо подтверждаются на практике.

3. При расчете водопроницаемости взрывонабросных плотин необходимо учитывать нелинейной зависимости скорости и фильтрации и гидравлического градиента.

4. Установлена аппроксимация зависимости в виде степенного закона Бюлофингера, позволяющий получить метод расчета водопроницаемости взрывонабросных плотин.

Литература:

1. Ибрагимов К., Касымбекова К.Т., Байдилла И.О. Графо-аналитический метод определения плотности крупнообломочных грунтов // Тр. междунар. научн.-практ. конф. «Ауезовские чтения-15». Третья модернизация Казахстан новые концепции современные решения», посв. 120-летию М.О. Ауезова. – Шымкент, 2017.
2. Ибрагимов К., Бровко И.С., Усенкулов Ж.А., Сайымкулов Е.Б. Проблемы возведения грунтовых сооружений направленным взрывом // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. – Алматы, 2020. – №1 (75). – С. 8.
3. Покровский Г.И., Корчевский В.Ф., Петров Г.Н. Крупномасштабный эксперимент по снижению водопроницаемости взрывонабросной плотины Камбаратинской ГЭС кольматацией // «Энергетическое строительство». – 1987. – №3. – С. 39-41.
4. Истомина В.С. Фильтрационная устойчивость грунтов. – М.: Госиздат по стр. и арх., 1957.
5. Казакбаев К.К., Петров Г.Н., Ибрагимов К.И. Строительные свойства крупнообломочных грунтов. – Ташкент: «Узбекистан», 1978. – 170 с.
6. Аймаханов М.У., Ибрагимов К., Байболов К.С., Байдилла И.О., Кулманов С. Экспериментально-теоретические определения сжимаемости гравийно-галечникового грунта при помощи компрессионного сжатия // Научные труды ЮКГУ им. М.Ауезова. – Шымкент, 2018.
7. Ибрагимов К., Бровко И.С., Усенкулов Ж.А., Сайымкулов Е.Б. Проблемы возведения грунтовых сооружений направленным взрывом // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. – Алматы, 2020. – №1 (75). – 8 с.
8. Ибрагимов К., Карабаев А.А., Карабаев Н.А. Теоретические основы определения плотности к/о грунтов // Мат. междунар. научн.-практ. конф. «Актуальные проблемы и тенденции инновации в современной науке и образовании», посв. 60-летию проф. Т.А. Турманбекова 21-27 января 2017г. – Туркестан, 2017. – С. 6.

9. Ибрагимов К., Карабаев А.А., Карабаев Н.А. Теоретические основы определения плотности крупнообломочных грунтов // *Мат. междунар. научн.-практ. конф. «Актуальные проблемы и тенденции инновации в современной науке и образовании», посв. 60-летию проф. Т.А. Турманбекова 21-27 января 2017г. – Туркестан, 2017. – С. 6.*
10. *Технический отчет по теме: «Опытно-лабораторные и полевые работы по отработке технологии укладки грунтов на объекте «Строительство Пскемской ГЭС на реке Пскем». – Ташкент, 2020.*
11. *Правдивец Ю.П. Введение в гидротехнику. – М., 2009.*
12. *Гольдин А.Л., Рассказов Л.Н. Проектирование грунтовых плотин. – М.: Изд-во АСВ, 2001.*
13. *Волосухин В.А., Дыба В.П., Евтушенко С.И. Расчет и проектирование подпорных стен гидротехнических сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 2008.*
14. *Черных О.Н., Волков В.И., Алтунин В.И. Расчеты сооружений гидроузла с плотиной из грунтовых материалов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015.*
15. *Бенин Д.М., Снежко В.Л. Средства автоматизации мелиоративных водопропускных сооружений. – М.: ДПК-Пресс, 2015.*
16. <https://cyberleninka.ru/article/n/poetapnost-vozdvedeniya-kamennonabrosnoy-plotiny-sposob-regulirovaniyanapryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-zhelezobetonnoqo>
17. *Arifzhanov A.M., Akhmedkhodjaeva I.A. and others. Hydraulics study guide. – Toshkent, 2011. – P. 118.*
18. *Arifjanov A.M., Otaxonov M.Y., Samiev L.N., Akmalov Sh. B Hydraulic calculation of horizontal open drainages E3S Web of Conferences 97, 05039 (2019) FORM-2019 Pp. 1–10.*
19. *Arifjanov A.M., Samiev L.N., Akmalov Sh. B Dependence of Fractional Structure of River Sediments on Chemical Composition. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-1, November 2019 Pp. 2646-2649.*
20. *Arifjanov A., Juraev Sh. The importance of bentonite in the study of the filtration process in hydraulic.*
21. *An J., Tuan C. Y., Cheeseman B. A. and Gazonas G. A. 2011. “Simulation of Soil Behavior under Blast Loading.” Int. J. Geomechanics, 11: 323-334.*
22. *Braimah A., Contestabile E., (2007). “Bombings of Dams – A Historical Review.” Canadian Dam Association 2007 Annual Conference, Canada*
23. *Braimah, A. and Rayhani, M. 2012. “How Explosives Affect Embankment Dams” <http://www.hydroworld.com/articles/print/volume-20/issue-2/articles/dam-safety/howexplosives-affect.html> 14/07/22*
24. *De A., Butler S., Zimmie T.F., (2013). “Effects of Surface Explosions on top of Earth Embankment Dams.” Geo-congress 2013; ASCE 2013*
25. *Fan Y., Chen Z., Liang X., Zhang X., Huang X. 2012. “Geotechnical Centrifuge Model Test for Explosion Cratering and Propagation Laws of Blast Waves in Sand”. Applied phys & Eng, 13(5):335-343 structures” FerPI scientific and technical journal. 2012. No. 3, p. 14-17.*
26. *Leong E.C., Anand S., Cheong H.K. and Lim C.H. 2007. “Re-examination of peak stress and scaled distance due to ground shock.” International Journal of Impact Engineering, ScienceDirect, 34 :1487–1499.*
27. *Luccioni, B.M. and Ambrosini D. 2008. “Evaluating the effect of underground explosions on structures.” Mecánica Computacional, 27, 1999-2019.*
28. *Sausville, M. J. 2005. “Explosive cratering using a geotechnical centrifuge on dry, saturated, and partially saturated earth embankments and dams.” MS thesis, Rensselaer Polytechnic Institute.*
29. *United States Society on Dams (USSD). 2011. “Materials for embankment dams.” <http://ussdams.org/materials.PDF>*
30. *Vanpalli S.K. 2010. “Shear strength of unsaturated soils and its application in geotechnical engineering practice.” Taylor and Francis Group, London.*

31. Zhang Z., Cui, W. and Guo, R. 2010. "Effect of Environmental Conditions on Stability of an Unsaturated Soil Slope." *Experimental and Applied Modelling of Unsaturated Soil*, ASCE.

References:

1. Ibragimov K., Kasymbekova K. T., Baidilla I. O. Grapho-analytical method for determining the density of coarse-grained soils. *Proceedings of the international scientific and practical conference "Auezov readings -15". The third modernization Kazakhstan new concepts modern solutions " dedicated to the 120th anniversary of M. O. Auezov. Shymkent, 2017*
2. Ibragimov K., Brovko I.S., Usenkulov Zh.A., Sayymkulov E.B. Problems of construction of ground structures by directional explosion. *Bulletin of the Kazakh State Academy of Architecture and Construction No. 1 (75). Almaty, 2020g. 8 p.*
3. Pokrovsky G.I., Korchevsky V.F., Petrov G.N. Large-scale experiment on reducing the water permeability of the Kambaratinskaya hydroelectric power station explosion dam by colmatation // *Energy construction, 1987, No. 3. pp. 39-41.*
4. Istomina V.S. Filtration stability of soils M. Gosizdat on construction.
5. Kazakbayev K.K., Petrov G.N., Ibragimov K.I. Construction properties of large-block soils. – Tashkent: «Uzbekistan», 1978. – 170 s.
6. Aimakhanov M. U., Ibragimov K., Baibolov K. S., Baidilla I. O., Kulmanov S. Experimental and theoretical determinations of compressibility of gravel-pebble soil by compression compression. *Scientific works of the SKSU named after M. Auezov. – Shymkent, 2018.*
7. Ibragimov K., Brovko I. S., Usenkulov Zh. A., Sayymkulov E. B. Problems of construction of ground structures by directional explosion // *Bulletin of the Kazakh State Academy of Architecture and Construction. – Almaty, 2020. – No. 1 (75). – 8 p.*
8. Ibragimov K., Karabaev A. A., Karabaev N. A. Theoretical bases for determining the density of k/o soils. *Materials of the international scientific and practical conference "Actual problems and trends of innovation in modern science" dedicated to the 60th anniversary of Professor T. A. Turmanbekov on January 21-27, 2017. Turkestan, 2017. 6 p.*
9. Ibragimov K., Karabaev A. A., Karabaev N. A. Theoretical bases for determining the density of coarse-grained soils. *Materials of the international scientific and practical conference "Actual problems and trends of innovation in modern science" dedicated to the 60th anniversary of Professor T. A. Turmanbekov on January 21-27, 2017. Turkestan 2017. 6 pages "*
10. *Technical report on the topic: " Experimental laboratory and field work on the development of soil laying technology at the object "Construction of the Pskem hydroelectric power station on the Pskem River "Tashkent, 2020".*
11. Yu. P. Pravdivets . *Introduction to hydraulic engineering. 2009.*
12. A. L. Goldin, L. N. Rasskazov. *Design of underground dams. 2001.*
13. V. A. Volosukhin, V. P. Dyba, S. I. Yevtushenko. *Calculation and design of retaining walls of hydraulic structures. 2008.*
14. O. N. Chernykh, V. I. Volkov, V. I. Altunin. *Calculations of waterworks structures with a dam made of ground materials. 2015.*
15. D. M. Benin, B. L. Snezhko. *Automation tools for reclamation culverts. 2015.*
16. <https://cyberleninka.ru/article/n/poetapnost-vozvedeniya-kammeno-nabrosnoy-plotiny-sposob-regulirovaniya-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-zhelezobetonno>
17. Arifzhanov A.M., Akhmedkhodjaeva I.A. and others. *Hydraulics study guide. Toshkent 2011, p. 118.*
18. Arifjanov A.M., Otaxonov M. Y., Samiev L. N., Akmalov Sh. B *Hydraulic calculation of horizontal open drainages E3S Web of Conferences 97, 05039 (2019) FORM-2019 Pp. 1-10.*
19. Arifjanov A.M., Samiev L. N., Akmalov Sh. B *Dependence of Fractional Structure of River Sediments on Chemical Composition. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-1, November 2019 Pp. 2646-2649.*

20. Arifjanov A., Juraev Sh. *The importance of bentonite in the study of the filtration process in hydraulic.*
21. An J., Tuan C. Y., Cheeseman B. A. and Gazonas G. A. 2011. "Simulation of Soil Behavior under Blast Loading." *Int. J. Geomechanics*, 11: 323-334.
22. Braimah A., Contestabile E., (2007). "Bombings of Dams – A Historical Review." *Canadian Dam Association 2007 Annual Conference, Canada.*
23. Braimah, A. and Rayhani, M. 2012. "How Explosives Affect Embankment Dams" <http://www.hydroworld.com/articles/print/volume-20/issue-2/articles/dam-safety/howexplosives-affect.html> 14/07/22
24. De A., Butler S., Zimmie T.F., (2013). "Effects of Surface Explosions on top of Earth Embankment Dams." *Geo-congress 2013; ASCE 2013*
25. Fan Y., Chen Z., Liang X., Zhang X., Huang X. 2012. "Geotechnical Centrifuge Model Test for Explosion Cratering and Propagation Laws of Blast Waves in Sand". *Applied phys & Eng*, 13(5):335-343 structures" *FerPI scientific and technical journal*. 2012. No. 3, p. 14-17.
26. Leong E.C., Anand S., Cheong H.K. and Lim C.H. 2007. "Re-examination of peak stress and scaled distance due to ground shock." *International Journal of Impact Engineering, ScienceDirect*, 34 :1487–1499.
27. Luccioni, B.M. and Ambrosini D. 2008. "Evaluating the effect of underground explosions on structures." *Mecánica Computacional*, 27, 1999-2019.
28. Sausville, M. J. 2005. "Explosive cratering using a geotechnical centrifuge on dry, saturated, and partially saturated earth embankments and dams." *MS thesis, Rensselaer Polytechnic Institute.*
29. *United States Society on Dams (USSD)*. 2011. "Materials for embankment dams." <http://ussdams.org/materials.PDF>
30. Vanpalli S.K. 2010. "Shear strength of unsaturated soils and its application in geotechnical engineering practice." *Taylor and Francis Group, London.*
31. Zhang Z., Cui, W. and Guo, R. 2010. "Effect of Environmental Conditions on Stability of an Unsaturated Soil Slope." *Experimental and Applied Modelling of Unsaturated Soil, ASCE.*

Д.Ж.Артықбаев^{1*}, Қ.Ибрагимов¹, Қ.С.Байболов²

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²Академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, Шымкент, Қазақстан

*Corresponding author: artykbaev_d@mail.ru

Авторлар жайлы ақпарат:

Артықбаев Дархан Жақсылықұлы – Ph.D., М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>, email: artykbaev_d@mail.ru

Ибрагимов Құдайберген – М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-6557-4484>, email: info@ukgu.kz

Байболов Қанат Сейтжанұлы – Академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-1293-6482>, email: info@kipudn.kz

**ЖАРЫЛЫС КӨМЕГІНДЕ ҚҰРЫЛҒАН ҮЙІНДІ БӨГЕТТІҢ
ФИЛЬТРАЦИЯҒА ҚАРСЫ ЕСЕБІ**

Аңдатпа. Бұл жұмыста біртектес емес бөгет үшін жарылыс қаупі бар бөгеттің сүзілу-суфузия күші мәселелері қарастырылған. Бөгеттен су өткізгіштігін төмендету

жолдары келтірілген. Толтырылатын бөгеттің беріктігі мен тұрақтылығына әсер ететін ұсақ түйіршікті грунтты қолданып, кольматаж әдісі қолданылады. Жұмыста кольматаж принципі сипатталады. Жұмыста бөліктер мөлшерінің таралуына байланысты кольматаж принципі сипатталған. Сонымен қатар, кольматаждың максималды мөлшері мен әдістері, сонымен қатар кольматаж технологиясы және кольматантты дайындау әдісі келтірілген.

Түйін сөздер: су өткізгіштік, суфозия, кольматаж, кольматант, кеукті канал.

D.Zh.Artykbaev^{1*}, K.Ibragimov¹, K.S.Baibolov²

¹South Kazakhstan University named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan

²Peoples ' Friendship University named after Academician A. Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author: artykbaev_d@mail.ru

Information about authors:

Artykbaev Darkhan Zhaksylykovich – Ph.D., South Kazakhstan University named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>, email: artykbaev_d@mail.ru

Ibragimov Kudaibergen – South Kazakhstan University named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-6557-4484>, email: info@ukgu.kz

Baibolov Kanat Seitzhanovich – Peoples ' Friendship University named after Academician A. Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-1293-6482>, email: info@kipudn.kz

Abstract. *In this work, for a homogeneous dam, the issues of filtration-suffusion strength of an explosive-fill dam are considered. Ways to reduce water permeability are given. By clogging with fine-grained soils, affecting the strength and stability of the blast-fill dam. The paper describes the principle of colmatage depending on. The paper presents the principle of colmatage depending on the particle size distribution. In addition, the maximum colmatage size and methods, as well as the colmatage technology and the colmatant preparation method are given here.*

Keywords: *water permeability, sufosia, colmatage, colmatant, pore canal.*