



Оценка состояния горных пород основания и бортов плотины Шах-и-Арус современными методами

Зарьяб А.^{1*}, Жапарханов С. Ж¹

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И Сатпаева г. Алматы, Республика Казахстан

*для корреспонденции: a.zaryab@kpu.edu.af

MPHTI 70.17.29

doi: 10.29258/CAJWR/2017-RI.v3-4/24-31.rus

Аннотация

Плотина Шах-и-Арус в настоящее время строится на реке Шакардары, на северо-западе провинции Кабул, в 22 км от города Кабул в Афганистане. Плотина возводится из роликового уплотненного бетона (РУБ), ее высота 77.5 м. Плотина многоцелевая, предназначена для хранения воды для орошения, смягчения наводнений и выработки электроэнергии. Плотина расположена в тектонической активной зоне, и тектоническая активность оказывает большое влияние на состояние ее основания и бортов. Скальные породы в этом районе сильно трещиноватые. Для такого важного объекта детальное изучение состояния массивов горных пород имеет важное значение и для этой цели были выполнены подробные исследования. В статье представлена оценка состояния массива горных пород участка плотины согласно DMR классификации, на основе обзора уже выполненных инженерно-геологических исследований и дополнительных полевых наблюдений проведенных авторами.

Ключевые слова: плотина Шах-и-Арус, DMR, инженерная геология, классификация массива горных пород.

1. Введение

Инженерно-геологические исследования играют ключевую роль в исследованиях оснований и бортов плотин. Качество массивов горных пород является одной из самых важных инженерно-геологических характеристик в проектировании и строительстве плотины. Основными параметрами, которые определяют качество массива горных пород, являются общая геологическая структура, разрывы и трещиноватость, прочность и степень выветривания (Белл 2007). Плотина Шах-и-Арус является одним из важнейших проектов в провинции Кабул. Плотина Шах-и-Арус имеет длину гребня 303 м, максимальную высоту 77.5 м и общий объем водохранилища 9.38 миллионов кубометров. Основание и борта плотины построены из амфиболитовых и гранитных гнейсов протерозойского возраста. Состояние породы участков плотины оценивалось на основе классификации DMR. Данное исследование проводилось на основе уже выполненных исследований и лабораторных испытаний, с учетом выявленных авторами трещин на левом берегу в нижнем бьефе плотины.

2. Геологические условия

Плотина Шах-и-Арус находится в долине реки Шакардара на северо-западе провинции Кабул. Борта и основание плотины построены из амфиболитовых и гранитных гнейсов протерозойской возраста. Плотина находится на расстоянии 800 м от террасы разлома Пагмана и в активной тектонической зоне. Породы ослаблены и трещиноватые, в районе имеются тектонические разрывы.

Уклон правобережного борта плотины составляет 50° - 70° и представляет ленточные горные породы, состоящие из кварца, биотита, гранита и гнейса. Уклон левобережного борта плотины составляет 30° - 40° и выявленные обнажения представлены несколькими тонкими полосами из прочного серого кварца, биотита и гранита.

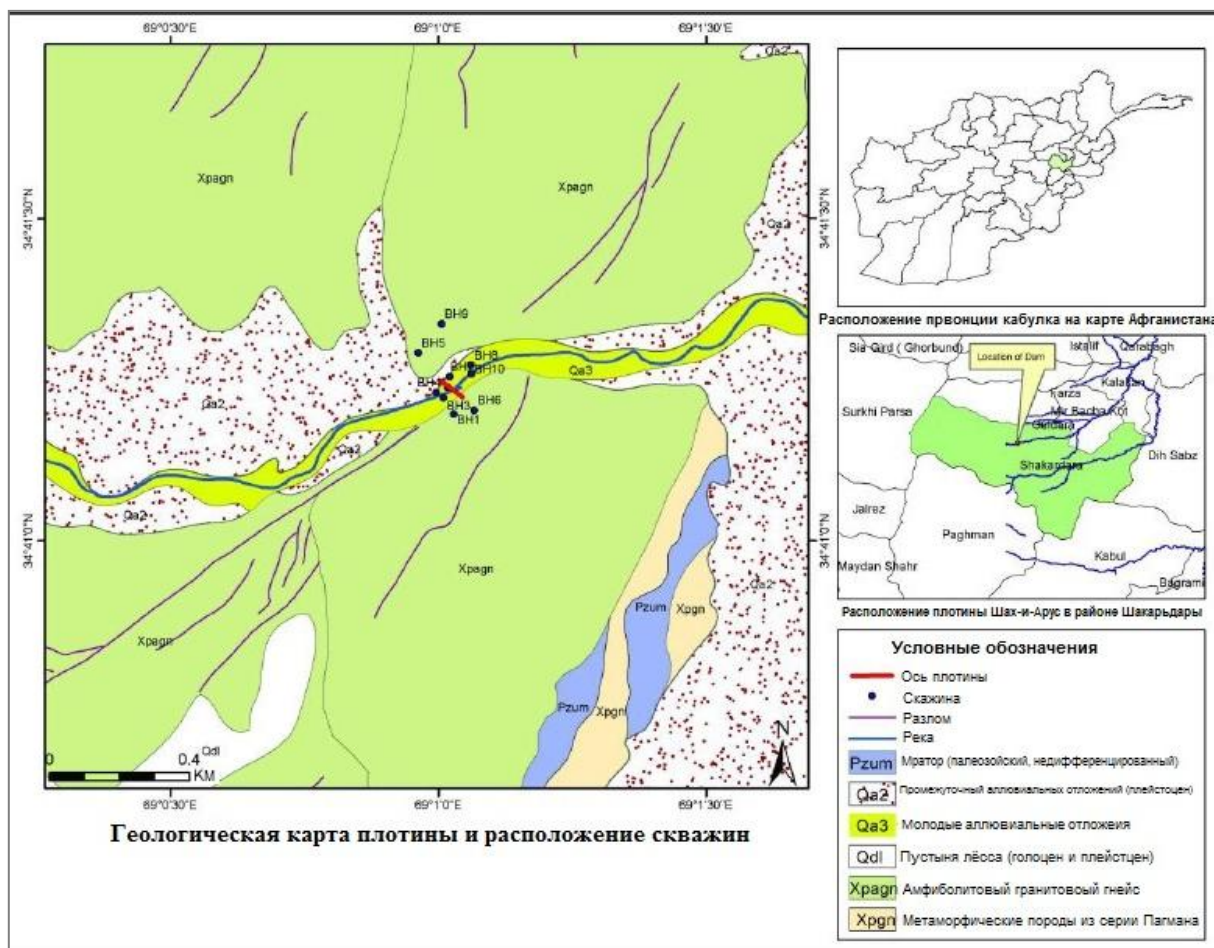


Рисунок 1. Геологическая карта участка плотины Шах-и-Арус

Таблица 1. Количественное описание горных пород на участке плотины Шах-и-Арус

Параметр	Диапазон	Распределение (%)	
		Правобережье реки	Левобережье реки
Расстояние между трещинами (см)	20 – 60	35	20
	60 - 200	65	80
Персистенция (м)	<1	10	-
	1 – 3	30	45
	3 - 10	55	50
	10 - 20	5	5
Раскрытие трещин (мм)	0.1 – 0.25	18	15
	0.25 – 0.5	30	20
	0.5 – 2.5	40	55
	10 – 100	12	10
	От очень грубой до гладкой	65	60
	От грубой до гладкой	35	40
Заполнение трещин	Трещины чистые и также с заполнением		
Выветривание	Слабо выветренные		

Для оценки качества горных пород основания и бортов плотины Шах-и-Арус использовались несколько современных методов оценки:

Показатель качества скального массива (RQD): Этот показатель, называемый за рубежом (Rock Quality Designation) или RQD, был предложен в 1964 году американским экспертом Дональдом Диром, как количественный показатель качества скального массива. RQD определяется процентным содержанием в керне столбиков прочной скалы, каждый длиной более 10 см.

Таблица 2. Качество массива горных пород по RQD

RQD (%)	Качество горных массив
<25	очень плохое
25 – 50	плохое
50 – 75	удовлетворительное
75 – 90	хорошее
90 – 100	очень хорошее

**Таблица 3. Результаты оценки качества пород в скважинах
пробуренных на участке плотины Шах-и-Арус**

Скважина	Расположение скважины	Глубина бурения (м)			Падение/ направление падения	RQD	Водопроницаемость горных пород в лужжонах
		Общая длина (м)	вскрышная порода (м)	массив горных пород (м)		Среднее RQD	Среднее Лужона
Скв 1	Правобережье реки	66.3	0.5	65.8	Вертикальное	52.358	38.00
Скв 2	Ось плотины/ река	23.3	11	12.3	Вертикальное	76.548	73.43
Скв 3	Ось плотины/ река	9.5	5.35	4.15	Вертикальное	25.00	25.00
Скв 4	Ось плотины/ река	15.8	9	6.8	30/310	81.875	74.75
Скв 5	Левобережье реки	60	3.5	56.5	Вертикальное	62.358	29.00
Скв 6	Правобережье реки	65	0	65	Вертикальное	65.794	38.40
Скв 7	Ось плотины/ река	60.17	8.15	52.02	Вертикальное	47.667	17.00
Скв 8	Электростанция /река	35	2.8	32.20	30/340	74.854	63.17
Скв 9	Левобережье реки	65	4	61	Вертикальное	50.471	27.38
Скв10	Ось плотины/ река	20.25	1.9	18.35	30/140	63.80	18.40

*Испытание по методу Лужона это единица водопроницаемости (водопоглощения) горных пород, которая широко используется для оценки средней проницаемости горных пород. Испытание было названо в честь Мориса Лужона (Maurice Lugeon 1933), швейцарского геолога.

Классификация Бениавского: Геомеханическая классификация скальных массивов, названная впоследствии «Оценка скальных массивов» RMR (Rock Mass Rating) была впервые разработана З.Т. Бениавским в 1973 году, Южно-Африканским советом по научным и промышленным исследованиям. В последующие годы эта классификация была многократно дополнена и модифицирована. Ниже представлена редакция классификации 1984 года (Bieniawski, 1984).

Геомеханическая классификация скального массива осуществляется по следующим шести структурным параметрам:

- Прочность на одноосное сжатие образца здоровой породы;
- Показатель качества скального массива (RQD);
- Расстояние между трещинами или контактами;
- Характеристика трещин или контактов;

- Условия грунтовых вод;
- Ориентация трещин или контактов.

Каждый из вышеперечисленных параметров имеет свою частную оценку, сумма которых составляет полную оценку качества скального массива RMR, от 0 до 100.

Таблица 4. Классификация рейтинга массива горных пород (RMR) плотины Шах-и-Арус

Параметры		Оценка
Прочность пород на доносное сжатие (МПа)		108,5
Оценка		12
Показатель качества скального массива (RQD%)		60
Оценка		13
Расстояние между трещинами или контактами (м)		0,2 – 2
Оценка		15
Характеристика трещин или контактов	Персистенция	1 – 15
	Раскрытие трещин (мм)	0,2 – 20
	Шероховатость	От очень глубокой до гладкой
	Заполнение трещин	Чистые и также заполнены кварцем и плагиоклазом
	Выветривание	Слабое выветривание
Оценка		2
Условия грунтовых вод		Сухой
Оценка		15
Сумма (частных) оценок		57
Оценка скальных массивов (RMR)		III

Классификация DMR: Для оценки скальных массивов на участке плотины, профессор Политехнического университета Валенсии (Испания) Мануэль Романа предложил в 2004 году систему классификации скальных массивов дамбы, которая использует классификацию Бениавского и дополняет ее.

DMR_{STA} (оценивает устойчивость плотины против скольжения и рассчитывается по формуле:

$$DMR_{STA} = RMR_{BD} + CF \times R_{STR} \quad (1)$$

DMR_{STR} – устойчивость плотины против скольжения

RMR_{BD} – на основе сухой RMR

CF – геометрический фактор коррекции

R_{STR} – корректировки на стабильность плотин – (определяется по таблице 5)

Таблица 5. Поправочные коэффициенты, в зависимости от падения ориентации; DS (верхний бьеф) и US (нижний бьеф), А- либо другое направление падения (Romana, 2003).

Тип плотины	Очень благоприятно	Благоприятно	Приемлемо	Неблагоприятно	Очень неблагоприятно
Земляная	Другие	10° – 30° нижний бьеф	0° – 10° верхний бьеф	-	-
Гравитационная	10° – 60° нижний бьеф	30° – 60° верхний бьеф 60 – 90 любой	10° – 30° верхний бьеф	0° – 10° любой	-
Арочная	30° – 60° нижний бьеф	10° – 30° нижний бьеф	30° – 60° верхний бьеф 60° – 90° любой	10° – 30° верхний бьеф	0° – 10° любой
R_{STA}	0	-2	-7	-15	-25

Таблица 6. Степень безопасности плотины в отношении скольжения (Romana, 2004)

Оценка массива пород	Степень безопасности
$DMR_{STA} > 60^\circ$	Низкая
$60^\circ > DMR_{STA} > 30^\circ$	Средняя
$30^\circ > DMR_{STA}$	Высокая

$$CF = [1 - \sin(\alpha_d - \alpha_j)]^2 (\alpha_d > \alpha_j) \quad (2)$$

$$CF = [1 - \sin(\alpha_j - \alpha_d)]^2 (\alpha_d < \alpha_j) \quad (3)$$

где α_d – азимут верхнего бьефа и нижнего бьефа в оси плотины от северного направления и α_j - азимут падения значительные главные трещины.

$CF = 0.48$

Таблица 7. Начисление очков R_{STA}

Тип плотины	Благоприятно
Гравитационная	30° - 60° верхний бьеф
A_{STA}	-2

$$DMR_{STA} = RMR_{BD} + CF \times R_{STR} = 56.04$$

На основании полученного значения DMR_{STR} 56.04, безопасность плотины Шах-и-Арус в соответствии с таблицей 6 оценивается, как средняя, ближе к низкой.

Дополнительная информация

Дополнительная информация о состоянии самой плотины была получена от местных жителей и впоследствии подтверждена авторами при непосредственном ее обследовании. На левом берегу нижнего бьефа плотины была обнаружена трещина. Впоследствии авторы посетили участки, тела плотины, была подтверждена трещина от левобережья к нижнему бьефу. Общая ее длина была примерно 20 м, но глубина и ширина – неизвестны, так как место трещины было заполнено цементом.



Рисунок 2. Фото тела плотины, показывающее размер трещины

3. Выводы

Плотина Шах-и-Арус находится в долине Шакардары на северо-западе провинции Кабул. Плотина находится в активной тектонической зоне. Борты и основание плотины сложены из амфиболитовых и гранитных гнейсов. Согласно полевым исследованиям и наблюдениям, массив горных пород в правобережном примыкании нестабилен и требует проведения исследования устойчивости склона. Также на основании полевых наблюдений, на левом берегу в нижнем бьефе в теле плотины была обнаружена трещина, что может быть серьезной проблемой для плотины. Рекомендуется проведение специальных исследований с помощью группы экспертов (сейсмологов, инженерных геологов, геофизиков, архитекторов плотины и инженеров-строителей).

На основании классификации DMR, горные породы участка плотины оцениваются как средние (таблица 6). Но эта классификация является новой и требует дополнительных исследований.

4. Литература

1. Gaziev A. G., 2005. (Skal'nye osnovaniya betonnyh plotin; monografiya), Publisher: ACB, 90 p.
2. Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. John Wiley & Sons.
3. Romana, M., 2004. "DMR (an adaptation of RMR), a new geomechanics classification for using dams foundation", Universidad politecnica de Valencia, Spain.
4. Tablieh–Parhoon Tarh, J.V., 2011. Final Report on Engineering Geology. Shah-wa-Arus Multipurpose Project, Afghanistan.
5. Tablieh–Parhoon Tarh, J.V., 2011. Rock Mechanic Investigation Report. Shah-wa-Arus Multipurpose Project, Afghanistan.
6. Zaryab, A., Najaf, M.I. and Jafari, I., 2015. Rock Mass Engineering Classification of Shah-wa-Arus Dam Site, Kabul, Afghanistan. In 5th International Hindu Kush Geosciences Conference.–KPU, Kabul, Afghanistan. Available at: <https://sites.google.com/site/hindukushconf/publications/special-papers/zaryab-2015>.