

vodopropusknyh sooruzhenij: Dis. cand. tehn. nauk. M., 1990. 242 s.

7. Hydrotehnicheskie sooruzheniya: Uchebnoe posobie; Pod red. N.P. Rozanova. M.: Agropromizdat, 1985. 432 s.

8. **Ukhin B.V., Meljnikov Yu.F.** Inzhenernaya gidravlika: Uchebnoe posobie; Pod red. B.V. Ukhina. M.: Izdatel'stvo ASV, 2011. 344 s.

9. **Zujkov A.L., Volgina L.V.** Gidravlika: Uchebnik dlya vuzov: V 2 t. T. 2: Napornye i otкрытые potoki. Gidravlika sooruzhenij.. M.: Izdvo MGSU, 2015. 424 s.

The material was received at the editorial office  
17.01.2017

#### Information about the authors

**Khanov Nartmir Vladimirovich**, doctor of technical sciences, the head of the

department of hydraulic structures, professor. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow, 127550, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: 8 (499)976-00-15; e-mail: nvkhanov@yahoo.com.

**Zhuravleva Anna Gennadjevna**, candidate of technical sciences, professor, associate professor, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; tel.: +79169460766; e-mail: annagg@mail.ru.

**Mvuyekure Jean Claude**, candidate of technical sciences, professor lecturer, «Ph.D», National University of Burundi «U.B», Bujumbura 1550, Avenue de l'UNESCO № 2; tel.: +(257) 22 22 20 59; e-mail: mvuyek@mail.ru.

УДК502/504:550.832.44:624.12:624.19:626/627

**Д.Ж.А. НАЗИРОВ, С.К. ДАВЛАТШОЕВ**

Проектно-изыскательный институт «Гаджикэнегропроект», г. Душанбе, Республика Таджикистан

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ, ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА КАМЕРНЫХ ВЫРАБОТОК РОГУНСКОЙ ГЭС ЛАБОРАТОРНЫМИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

*Участок створа Рогунского гидроузла сложен в основном крепкими малопроницаемыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами нижнемелового возраста. Подземный машинный зал размещен на глубине 420 м на левом берегу реки Вахи под горным массивом. В инженерно-геологическом отношении характерной особенностью машинного зала является наличие литологических разностей пород: более прочных песчаников и менее прочных алевролитов. Коренные породы на участке здания ГЭС представлены толщей переслаивающихся песчаников и алевролитов нижнемелового возраста, слои которых наклонены в сторону нижнего бьефа под углом 65-75 град. Песчаники и алевролиты являются крепкими скальными грунтами: величина их сопротивления одноосному сжатию в образце равна соответственно (100-120 МПа и (60-80) МПа. Исследованы упругие, деформационные и прочностные характеристики камерных выработок, состоящих из алевролитов и песчаников, необходимых для расчетов напряженно-деформированного состояния вмещающего массива выработки, лабораторными, геотехническими и геофизическими методами. В результате исследований определены упругие, деформационные и прочностные характеристики алевролитов и песчаников, нарушенные трещиноватостью и не нарушенные трещиноватостью, а также зоны разгрузки пород, сохранный массив и относительно сохранный массив. Обобщены данные по результатам сейсмического профилирования по стенам выработки, сейсмической томографии целиков между выработками, а также сейсмического каротажа скважины. На основании полученных значений продольных и поперечных скоростей были оценены значения объемной и линейной трещинной пустотности вмещающего массива, а также определены модули деформации по второму циклу нагружения и суммарной деформации. На основании статистического анализа экспериментальных данных по составлению статических и динамических показателей деформируемости для различных типов пород выбрано уравнение, которое наилучшим образом описывает корреляционную зависимость. Соответственно для песчаников и алевролитов участка Рогунской ГЭС определены коэффициенты этого уравнения.*

*Упругость, деформация, прочность, алевролит, песчаник, лабораторные методы, геотехнические методы, геофизические методы, сейсмическое профилирование, сейсмическая томография.*

**Введение.** Исследование упругих, деформационных и прочностных характеристик вмещающего массива горных пород заключается в определении количественных характеристик: модуль упругости  $E_y$ , деформации  $E$ , коэффициент Пуассона  $\mu$  и т.п., – адекватно отображающих деформируемость горных пород и горных массивов при заданных условиях силовых воздействий, необходимых для расчетов напряженно-деформированного состояния. Определение вышеприведенных характеристик производится лабораторными, геотехническими и геофизическими (сейсмоакустическими) методами [1].

**Методы и результаты исследований.** Совместный анализ данных полевых работ, выполненных в 2009 г. и на более ранних стадиях строительства, а также данных лабораторных испытаний позволил определить упругие, деформационные и прочностные свойства пород для двух основных инженерно-геологических элементов вмещающего массива: алевролитов нижнеобигармской свиты ( $K_1ob_1$ ) и толсто-плитчатых песчаников верхнеобигармской свиты ( $K_1ob_2$ ) [2-4].

Упругие, деформационные и прочностные характеристики горных пород в «образце», определенные по результатам лабораторных исследований:

Алевролиты нижнеобигармской свиты ( $K_1ob_1$ )

- модуль упругости  $E_y = 45 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 40 \cdot 10^3$  МПа;
- коэффициент Пуассона  $\mu = 0,26$ ;
- прочность на одноосное сжатие  $R_{сж} = 80-90$  МПа, для водонасыщенных пород  $R_{сж} = 50$  МПа;

• сдвиговые характеристики: коэффициент трения  $tg\varphi = 0,62-1,12$ , сцепление  $c = 0,41-0,70$  МПа;

• плотность  $\rho = 2,66-2,72$  т/м<sup>3</sup>;

• скорость продольных волн  $V_p = 5,50$  км/с;

• скорость поперечных волн  $V_s = 3,00$  км/с.

Песчаники верхнеобигармской свиты ( $K_1ob_2$ )

- модуль упругости  $E_y = 30-40 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 27-35 \cdot 10^3$  МПа;
- коэффициент Пуассона  $\mu = 0,26$ ;
- прочность на одноосное сжатие  $R_{сж} = 120-130$  МПа, для водонасыщенных пород  $R_{сж} = 90$  МПа;

• сдвиговые характеристики: коэффициент трения  $tg\varphi = 0,62-1,12$ , сцепление  $c = 0,41-0,70$  МПа;

- плотность  $\rho = 2,59-2,64$  т/м<sup>3</sup>;
- скорость продольных волн  $V_p = 5,20-5,40$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 3,00$  км/с.

Упругие, деформационные и прочностные характеристики горных пород в «массиве», в условиях естественного залегания, определенные по данным полевых геомеханических и геофизических исследований:

Алевролиты нижнеобигармской свиты ( $K_1ob_1$ )

а) в сохранившем массиве

- модуль упругости  $E_y = 10,0-12,0 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 7,5-9,0 \cdot 10^3$  МПа;
- скорость продольных волн  $V_p = 3,80-4,00$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 2,00-2,20$  км/с;

б) в трещиноватом массиве

- модуль упругости  $E_y = 6,5-8,0 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 5,0-6,0 \cdot 10^3$  МПа;
- скорость продольных волн  $V_p = 3,40-3,60$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 1,75-1,85$  км/с;

в) в зоне техногенной разгрузки

- модуль упругости  $E_y = 2,2 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 1,5 \cdot 10^3$  МПа;
- скорость продольных волн  $V_p = 2,20$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 1,00$  км/с.

Песчаники верхнеобигармской свиты ( $K_1ob_2$ )

а) в сохранившем массиве

- модуль упругости  $E_y = 14,5-17,0 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 11,0-13,0 \cdot 10^3$  МПа;
- скорость продольных волн  $V_p = 4,00$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 2,30$  км/с;

б) в трещиноватом массиве

- модуль упругости  $E_y = 11,5-14,0 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 8,5-10,5 \cdot 10^3$  МПа;
- скорость продольных волн  $V_p = 3,50-3,80$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 1,80-2,00$  км/с;

в) в зоне техногенной разгрузки

- модуль упругости  $E_y = 5,5 \cdot 10^3$  МПа;
- модуль деформации  $E = 4,0 \cdot 10^3$  МПа;
- скорость продольных волн  $V_p = 2,80$  км/с;
- скорость поперечных волн  $V_s = 1,50$  км/с.

Обобщенные данные по результатам сейсмического профилирования и сейсмической томографии приведены в таблице 1.

Нижнеобигармские алевролиты изучены сейсмическим профилированием по стенам машинного зала на уровне подкрановой балки (абс. отм. 987 м), сейсмической томографией между машинным залом (абс. отм. 987 м) и трансформаторным помещением (абс. отм. 1000 м), и сейсмическим каротажем в створах на ПК0+10, 0+22,7 0+32 в машинном зале. По результатам

этих исследований для не нарушенных трещиноватостью пород значения скоростей в зоне разгрузки мощностью 2-3 м на уровне подкрановой балки, 4-5 м в стенах и до 10 м над сводом составляют 2900-4000 м/с для продольной волны и 1500-2010 м/с – для поперечной, вне этой зоны  $V_p = 3800-5300$  м/с,  $V_s = 2000-2800$  м/с. На участках влияния трещин значения этих величин понижаются до  $V_p = 3000$  м/с и  $V_s = 1500$  м/с в зоне разгрузки (мощностью 1,5-2 м на уров-

не подкрановой балки и 6-10 м в стенах) и  $V_p = 3200-4000$  м/с,  $V_s = 1650-2100$  м/с за ее пределами.

Верхнеобигармские песчаники изучены сейсмическим профилированием и томографией, а также сейсмическим каротажем в створах машинного зала на ПК0 + 47, 0 + 56 (ПК1 + 45,6 в трансформаторном помещении), 0 + 70,7, 0 + 80 (ПК1 + 24,6 в ТП), 0 + 94, 1 + 07,4 (0 + 95 в ТП), 1 + 18,7, 1 + 28 (0 + 73 в ТП), 1 + 42,7, 1 + 81,6.

Таблица 1

## Обобщение полученных данных сейсмоакустических исследований

породы свита	степень нарушения	зона	$\rho, \text{г/см}^3$	$\mu$	$h, \text{м}$	$V_p, \text{м/с}$	$V_s, \text{м/с}$	$E_d, \text{Мпа}$	$E_{II}, \text{МПа}$	$E_z, \text{МПа}$	$\eta, \%$	$k, \%$	
алевроиты	К1об1	породы, не нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,50	0,33	1,5-10	$\frac{2900 - 4000}{3300}$	$\frac{1500 - 2010}{1650}$	$\frac{14000 - 27000}{18000}$	$\frac{3100 - 7700}{4500}$	$\frac{2400 - 5700}{3300}$	7	2
		сохранный массив	2,59	0,31	---	$\frac{3800 - 5300}{4170}$	$\frac{2000 - 2800}{2200}$	$\frac{27000 - 53000}{33000}$	$\frac{6700 - 16900}{8600}$	$\frac{5700 - 14100}{7500}$	4	1	
	породы, нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,45	0,33	2-10	3000	1500	15000	3400	2600	9	3	
		относительно сохранный массив	2,52	0,32	---	$\frac{3200 - 4000}{3500}$	$\frac{1650 - 2100}{1800}$	$\frac{18000 - 28000}{22000}$	$\frac{4100 - 7700}{5300}$	$\frac{3300 - 6000}{4300}$	6	2	
песчаники	К1об2	породы, не нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,50	0,35	1-7	$\frac{2600 - 4100}{3300}$	$\frac{1300 - 2060}{1600}$	$\frac{11000 - 27000}{17000}$	$\frac{3400 - 11900}{6500}$	$\frac{1700 - 5700}{3100}$	7	2
		сохранный массив	2,61	0,31	---	$\frac{4000 - 4900}{4400}$	$\frac{2060 - 2520}{2300}$	$\frac{30000 - 45000}{36000}$	$\frac{11100 - 19400}{14400}$	$\frac{6600 - 11300}{8400}$	3	1	
	породы, нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,40	0,33	2-10	$\frac{2400 - 3000}{2700}$	$\frac{1210 - 1510}{1350}$	$\frac{9200 - 14400}{11700}$	$\frac{2700 - 5000}{3700}$	$\frac{1300 - 2500}{1900}$	11	4	
		относительно сохранный массив	2,57	0,32	---	$\frac{3500 - 4280}{3900}$	$\frac{1800 - 2200}{2000}$	$\frac{22000 - 33000}{27000}$	$\frac{7700 - 13300}{10300}$	$\frac{4300 - 7500}{5700}$	5	2	

На участках, не нарушенных трещиноватостью, значения скоростей упругих волн составляют  $V_p = 2600-4100$  м/с и  $V_s = 1300-2060$  м/с для зоны разгрузки (мощностью до 7 м на уровне стен и до 10 м в сводовой части) и  $V_p = 4000-4900$  м/с,  $V_s = 2060-2520$  м/с вне этой зоны. На участках влияния трещин значения этих величин составляют  $V_p = 2400-3000$  м/с и  $V_s = 1210-1510$  м/с, за ее пределами  $V_p = 3500-4280$  м/с,

$V_s = 1800-2200$  м/с. В присводовой части машинного зала, по данным сейсмического каротажа, выделяется зона со значениями скоростей  $V_p = 4000-5130$  м/с,  $V_s = 2060-2700$  м/с, связанная, очевидно, с проведенными здесь укрепительными мероприятиями (цементация, анкеровка) и обжатием пород.

На основании полученных значений продольных скоростей были оценены значения объемной и линейной трещинной пустотности вмещающего массива, а также определены модули деформации по второму циклу нагружения и суммарной деформации.

При расчетах объемной трещинной пустотности исследуемый массив представлялся в виде дискретной среды, состоящей из сохранных (монолитных) блоков, разделенных трещинами с известным заполнителем. Тог-

да, зная для скорости продольных волн в сохранных блоках  $V_T$ , среднюю скорость продольной волны в массиве  $V_1$  и в заполнителе трещин (пустот)  $V_3$ , можно определить величину объемной трещинной пустотности для зон интенсивной и слабой разгрузки:

$$\eta = \frac{V_3 * (V_m - V_1)}{V_1 * (V_m - V_3)}$$

Исходя из ранее полученных результатов исследований для расчетов принята скорость в монолитном блоке  $V_T = 6000$  м/с, в заполнителе  $V_3 = 500$  м/с. Эти значения взяты из произведенных ранее расчетов для пород основания Рогунской ГЭС (Обобщение и анализ имеющихся данных о напряженном состоянии массива пород на участке основных подземных выработок и конвергенции стенок машинного зала Рогунской ГЭС: Технический отчет ЦСГНЭО. М., 2012).

Исходными данными для определения модуля деформации служат измеренные значения скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  сейсмического диапазона, частота, также величина плотности  $\rho$ . Непосредственно по измеренным величинам  $V_p$  и  $V_s$  по формулам теории упругости вычис-

ляются динамический модуль упругости  $E_d$  и динамический коэффициент Пуассона  $\mu$ :

$$\mu = \frac{1 - 2 * \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2}{2 * \left(1 - \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2\right)}$$

$$E_d = V_p^2 * \rho * \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu}$$

Статистический анализ экспериментальных данных по сопоставлению статических и динамических показателей деформируемости для различных типов пород показывает, что эти корреляционные зависимости наилучшим образом описываются уравнением типа

$$\lg E_{II} = a * \lg E_d + b,$$

где  $a$  и  $b$  – некоторые коэффициенты, определяемые для различных типов пород экспериментально.

Для песчаников и алевролитов участка Рогунской ГЭС переход от измеренных зна-

чений скорости  $V_p$  к модулю деформации, определенному по второму циклу нагружения,  $E_{II}$  выполняется на основании обобщенных уравнений связи при максимальной нагрузке 8 МПа в соответствии с выводами работы [1]:

$$\lg E_{II} = 1.231 * \lg E_d - 1.774.$$

Указанные соотношения между  $E_{II}$  и  $E_d$  с учетом различия коэффициентов Пуассона и плотности пород участка Рогунской ГЭС трансформированы в соответствующие зависимости  $E_{II} = f(V_p)$  для сухих и водонасыщенных песчаников и алевролитов [4] (рис.).

Наряду со значениями  $E_d$  и  $E_{II}$  по формуле, выведенной академиком А.И. Савичем [1]  $\lg E_s = 1.34 \lg (E_d * 10) - 2.521$ , где коэффициенты взяты для максимальной нагрузки в 6 МПа, был рассчитан суммарный модуль деформации ( $E_s$ ), характеризующий деформируемость пород при длительном действии нагрузок.

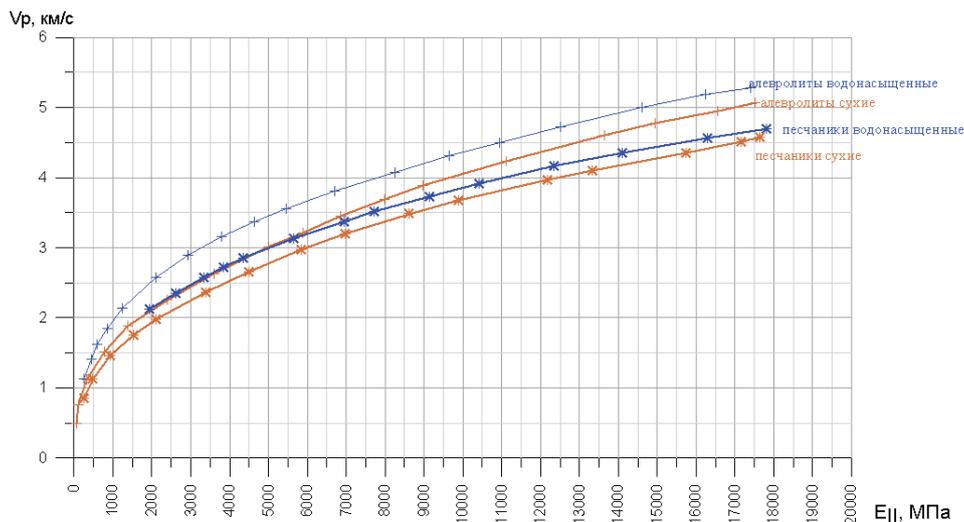


Рис. 1. Графики связи величины  $E_{II}$  со скоростями упругих волн  $V_p$  для алевролитов и песчаников Рогунской ГЭС

### Выводы

1. На основании данных геофизических исследований (размеров зоны влияния выработки, скоростей упругих волн сейсмического и ультразвукового диапазонов частот) дана оценка показателей прочностных свойств для двух основных инженерно-геологических элементов массива, вмещающих машинный зал: алевролитов нижнеобигармской свиты ( $K_1ob_1$ ) и толсто-плитчатых песчаников верхнеобигармской свиты ( $K_1ob_2$ ), которые рекомендуются для использования при численных расчетах напряженно-деформированного состояния (НДС) подземного машинного зала.

2. Путем анализа имеющихся данных установлено, что наиболее ослабленными являются участки массива с объемной трещиновой пустотностью 10% и более (что соответствует значению  $V_p$  меньше 2900 м/с и коэффициенту трещиноватости  $K_T$  более 3%). Таким образом, требующими проведения дополнительной цементации нужно считать следующие участки:

- зону разгрузки вокруг машинного зала на ПК от 0 + 70 до 1 + 91 на уровне подкрановой балки (по результатам сейсмического профилирования и каротажа);
- зону разгрузки стены со стороны верхнего бьефа в машинном зале в районе

ПК0 + 47 на абс. отм. 967,6-989,2 м (по результатам сейсмического каротажа);

- зону разгрузки стены со стороны верхнего бьефа в трансформаторном помещении в районе ПК1 + 24,6, на абс. отм. 993,9 м (по результатам сейсмического каротажа);

- выделенные по данным сейсмической томографии зоны влияния трещин между ПК0 + 70 на уровне подкрановой балки машинного зала (абс. отм. 987 м) и ПК1 + 55 трансформаторного помещения (абс. отм. 1000 м) и между ПК1 + 50 машинного зала (абс. отм. 987 м) и ПК0 + 70 трансформаторного помещения (абс. отм. 1000 м).

#### Библиографический список

1. Рекомендации по применению инженерной геофизики для изучения деформационных свойств скальных горных массивов / Под ред. А.И. Савича, Б.Д. Куюнджича. Москва-Белград: Изд-во «Гидропроект», 1985. 114 с.

2. Гамбурцев Г.А., Ризниченко Ю.В., Берзон И.С. и др. Корреляционный метод преломленных волн: Руководство для инже-

неров-сейсморазведчиков. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1952. 240 с.

3. Горяинов Н.Н., Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 143 с.

4. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений // Под ред. А.И. Савича, Б.Д. Куюнджич. М.: Недра, 1990. 463 с.

Материал поступил в редакцию 03.03.2017 г.

#### Сведения об авторах

**Назирова Джамшед Абдулвохидович**, директор Проектно-изыскательного института «Таджикэнергопроект», 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, Айни 29; e-mail: nazirov-69@mail.ru; тел.: +7 (992) 989990044.

**Давлатшоев Саломат Каноатшоевич**, главный инженер Проектно-изыскательного института «Таджикэнергопроект», 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, Айни 29; e-mail: davlatshoev\_s@mail.ru; тел.: +7 (992) 989991924.

**J. NAZIROV, S. DAVLATSHOEV**

Design-survey institute «Tajik energy project», Dushanbe, Republic of Tajikistan

## INVESTIGATION OF ELASTIC, DEFORMATION AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE CONTAINED ROCK MASSIF OF CHAMBER PITS OF THE ROGUN HPP BY LABORATORY AND GEOPHYSICAL METHODS

*The dam site of the Rogun hydraulic unit is mainly formed of strong, low permeability sandstones, siltstones and argillites of the Lower Cretaceous. The underground turbine room is located at the depth of 420 meters on the left bank of the river Vakhsh under the rock massif. In the engineering-geological relation the characteristic feature of the turbine room is the presence of lithological differences of rocks: more durable sandstones and not strong enough siltstones. Solid rocks of the HPP building site are represented by the thickness of interstratified sandstone and siltstones of the Lower Cretaceous stratum, the layers of which are inclined at the angle of 65-75 degrees downstream. Sandstones and siltstones are considered to be strong rocky grounds: their resistance value to uniaxial compression in the sample is equal to correspondingly (100-120) MPa and (60-80) MPa. There are investigated elastic, deformational and strength properties of chamber pits consisting of siltstones and sandstones required for calculations of the deformation mode of the pit containing massif by laboratory, geotechnical and geophysical methods. As a result of investigations there were determined elastic, deformative and strength properties of siltstones and sandstones broken by jointing and not broken by jointing as well as zones of rocks unloading, preserved massif and a relatively preserved massif. The seismic profiling data along the walls of the pit, seismic tomography of pillars between pits as well as seismic logging of the well, have been summarized. On the basis of the received values of longitudinal and transverse velocities values of volumetric and linear cracking hollowness of the containing massif were estimated, as well as the modulus of deformation for the second loading cycle and total deformation were determined. Based on the statistical analysis of the experimental data on making static and dynamic indices of deformability for different types of rocks there was chosen an equation that describes a correlation dependence in the best way. Accordingly,*

*the coefficients of this equation were determined for the sandstones and siltstones of the Rogun HPP site.*

*Elasticity, deformation, strength, siltstone, sandstone, laboratory methods, geotechnical methods, geophysical methods, seismic profiling, seismic tomography.*

### References

1. Rekomendatsii po primeneniyu inzhenernoj geofiziki dlya izucheniya deformatsionnykh svoystv skalnykh gornyx massiviv / Pod red. A.I. Savicha, B.D. Kuyundzhicha. Moskva-Belgrad: Izd-vo «Hydroproject», 1985. 114 s.

2. Gamburtsev G.A., Riznichenko Yu.V., Berzon I.S. and others. Korrelyatsionnyy metod prelomlennykh voln: Rukovodstvo dlya inzhenerov-seismorazvedchikov. M.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1952. 240 s.

3. Goryainov N.N., Lyahovitsky F.M. Seismicheskie metody v inzhenernoj geologii. M.: Nedra, 1979. 143 s.

4. Kompleksnye inzhenerno-geofizicheskie issledovaniya pri stroiteljstve hidrotehnic-

eskih sooruzhenij // Pod red. A.I. Savicha, B.D. Kuyundzhicha. M.: Nedra, 1990. 463 s.

The material was received at the editorial office  
03.03.2017

### Information about authors

**Nazirov Jamshed Abdulvokhidovich**, Director of Design-survey institute «Tajik energy project», 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini 29; email: nazirov-69@mail.ru; tel.: +7 (992) 989 990 044.

**Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich**, Chief engineer of design-survey institute «Tajik energy project», 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini 29; email: davlatshoev\_s@mail.ru; tel.: +7 (992) 989 991 924.

УДК 502/504:626/627: 627.8.059.2

### Д.В. КОЗЛОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Российская Федерация

## РЕЗУЛЬТАТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ИНЦИДЕНТА НА ЗАГОРСКОЙ ГАЭС-2

*В статье дается краткое описание второй очереди Загорской гидроаккумулирующей станции (Загорская ГАЭС-2), которая строится для частичного решения проблемы дефицита маневренной регулирующей мощности в центре европейской части России. Приведена основная информация о техническом инциденте, который произошел 17 сентября 2013 г. на Загорской ГАЭС-2 и привел к неравномерной (непроектной) осадке здания станции. Подтверждено, что варианты ликвидации последствий инцидента на Загорской ГАЭС-2 должны быть основаны на требованиях действующего законодательства Российской Федерации, сложившегося к настоящему времени правового статуса строящегося гидротехнического объекта, а также его технического состояния. Приведены результаты первичного стратегического анализа сильных и уязвимых сторон возможных проектных решений по ликвидации последствий технического инцидента на Загорской ГАЭС-2 (непроектной осадки стационарного узла) с определением стратегических направлений по нескольким вариантам (полная ликвидация объекта, его консервация или восстановление и достройка), выполненного на основе элементов SWOT-анализа. Показано, что в настоящий момент курс на консервацию Загорской ГАЭС-2 с возможностью восстановления и достройки комплекса гидротехнических сооружений в ближайшие годы является наиболее целесообразным и обоснованным.*

*Гидроаккумулирующая станция (ГАЭС), комплекс гидротехнических сооружений, технический инцидент, неравномерная непроектная осадка, SWOT-анализ, проектное решение, ликвидация, консервация, восстановление и достройка объекта.*