

сейсмических условиях. //Наука и новые технологии НиНТ №9.-Бишкек: Изд-во НЖИДХЛ, 2001.- С.91-93

7.Хасанов Н.М., Сайрахмонов Р.Х., Умаров С.С. Повышение физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе поверхностно-активной и стабилизирующей добавки //Вестник ТТУ, №3(31).- Душанбе, 2015,.- С.184-187.

8.Сулейманова М.А., Саидов Ф.Ю. Количественная оценка НДС оснований сооружений при воздействии сейсмической нагрузки //Вестник ТТУ, №4(40).- Душанбе, 2015,.- С.135-141.

9. Хасанов Н.М. Экспериментальные исследования сейсмостойкости гидротехнических тоннелей, частично заполненных водой // Наука и инновация. ТНУ, 2020.-№4. –С.217-222.

### **УСТОЙЧИВОСТЬ ДАНГАРИНСКОГО ИРРИГАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

*В статье рассмотрены горизонтальные и боковые колебания воды в гидротехническом тоннеле при совпадении с сейсмическими воздействиями. В результате анализа такого состояния установлена связь между тоннелем и грунтами в продольном и поперечном направлениях, а также при повороте. Установлено, что горизонтальные поперечные воздействия воды в гидротехническом тоннеле создают значительные колебания, зависящие от скорости движения воды и её мощности. Следует отметить, что для уточнения результатов теоретических расчётов необходимо постановка экспериментальных исследований в реальных условиях.*

**Ключевые слова:** сейсмостойкость, тоннель, боковые и горизонтальные колебания, воздействия, динамика, грунт, инерции, жесткость, модуль упругости.

### **STABILITY OF THE DANGARA HYDROTECHNICAL TUNNEL UNDER SEISMIC IMPACT OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

*The article considers horizontal and lateral movements of water in the hydraulic tunnel at the coincidence with seismic effects. The analysis of this condition a connection is established between the tunnel and the soil in the longitudinal and transverse directions, as well as when turning. It is established that the horizontal cross-effects of water in hydraulic tunnel create significant fluctuations, depending on the speed of the movement of water and its power. It should be noted that to refine the results of the theoretical calculations is necessary the production of the experimental research in real conditions.*

**Keywords:** seismic, tunnel, lateral and horizontal vibrations, impact, dynamics, ground, inertia, stiffness, modulus of elasticity.

### **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДХОДНОГО САСТ-5 РОГУНСКОЙ ГЭС**

**Холов Ф.А., Хасанов М.Н.**

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии  
Национальной академии наук Таджикистана*

***Аннотация:** В статье приведены инженерно-геологические условия подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС. Анализ инженерно-геологических условий подходного тоннеля П-5 позволяет исследовать их влияние на напряженно-деформированное состояние объекта строительства, что позволит правильно выбрать трассу строительства и место расположения, объекта а также способ его возведения.*

***Ключевые слова:** инженерно-геологические условия, подходной тоннель, влияния, напряженно-деформированное состояние, трасса, способы.*

## **Введение**

Строительство Рогунской ГЭС является одним из уникальных и основных проектов в Таджикистане в последние годы. В республике Таджикистан строительство гидроэлектростанций является важным и основным направлением, способствующим экономическому и социальному развитию страны. На ряду с этим особую актуальность приобрели проблемы проектирования и строительства подземных сооружений, в частности водоотводных, водосбросных и гидротехнических тоннелей, которые в свою очередь являются основными частями гидроэлектростанции в высокогорных условиях. Рогунская ГЭС – одна из крупных гидроэлектростанций, входящая в состав Вахшского каскада и является его верхней ступенью.

## **Материалы и методы исследования**

Возведение гидроэлектростанций больших мощностей и создание крупнейших водохранилищ в условиях Таджикистана приводят к непрерывному увеличению высоты плотины, размеров сечения и величины напора тоннелей и подземных водоводов, вследствие чего, возрастают нагрузки, передающиеся на основание или стенки сооружения. Геологические же условия очень часто бывают весьма сложными и требуют проведения тщательных исследований, определения физических и механических свойств скальных пород и изучения поведения их под нагрузкой с учетом одновременного воздействия вод. При строительстве гидросооружений в горных условиях часто требуется разработка инженерных мероприятий по укреплению и консолидации скальных пород вокруг выработки.

Задача проектирования тоннеля заключается в проведении работы, выполненных анализов и/или рекомендации и заключения по инженерно-геологическим и горно-механическим исследованиям и проектированию выемки и крепи подходного тоннеля П-5 на правом берегу Рогунской ГЭС. После исследования параметров неповрежденной породы и основных несплошностей и оценки состояния горного массива будут использованы системы инженерной классификации горного массива для определения основных систем временной крепи горных пород, которые потребуются во время проходки подходного тоннеля П-5 в различных горных массивах. После этого представляются расчеты моделирования процесса земляных работ вместе с проектированием системы временной крепи с использованием численного моделирования, подходящего для ожидаемых механизмов разрушения, которые будут преобладать во время земляных работ.

Инженерно-геологический план и профиль подходного тоннеля П-5, а также свойства неповрежденной породы и массива пород, окружающего вспомогательный тоннель, были изучены с использованием всех имеющихся геологических и геотехнических данных. Главный вывод этих исследований заключался в том, что порода некачественная.

Для численного анализа горные массивы вокруг подходного тоннеля П-5 моделировалась как упругопластический материал, у которого в пластическом режиме прочностные параметры уменьшаются. Кроме того, в методе численного проектирования моделируются процессы выемки грунта и первичной породы, а также проверяются ожидаемые условия дополнительной крепи для достижения экономичных, безопасных и стабильных решений.

### **Результаты и обсуждения**

Выбор трассы подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС и места расположения того или иного подземного сооружения, определение его конструкций и способа возведения зависит от инженерно-геологических условий.

При проектировании подземных сооружений основной задачей инженерной геологии является установление наиболее вероятного прогноза неблагоприятных процессов и явлений, которые могут возникнуть в конкретных геологических условиях в связи с нарушением целостности массива пород выработкой, а также разработка соответствующих рекомендаций по предупреждению их проявлений.

Необходимо отметить, что при проектировании и строительстве подземных сооружений наиболее важными данными являются следующие инженерно-геологические показатели: геологическая структура и устойчивость горного массива; наличие зон разрывы, разломы, провалов, оползней и карстов, а также сбросов, складок. Также ожидаемое горное давление и вероятность возникновения значительных давлений; зоны и характер возможных обрушений и вывалов породы при ее разработке; физико-механические свойства пород и их прочность; сопротивляемость пород выветриванию и выщелачиванию; теплопроводность пород и ожидаемая температура в подземной выработке; углы естественного откоса пород; характер трещиноватости пород; характеристика водоносных горизонтов, направление и скорость движения подземных вод; объем ожидаемых притоков воды в подземные выработки; коэффициент фильтрации пород; химический состав пород и подземных вод и степень их агрессивности; подземные газы, их химический анализ; сейсмичность района и площадки строительства.

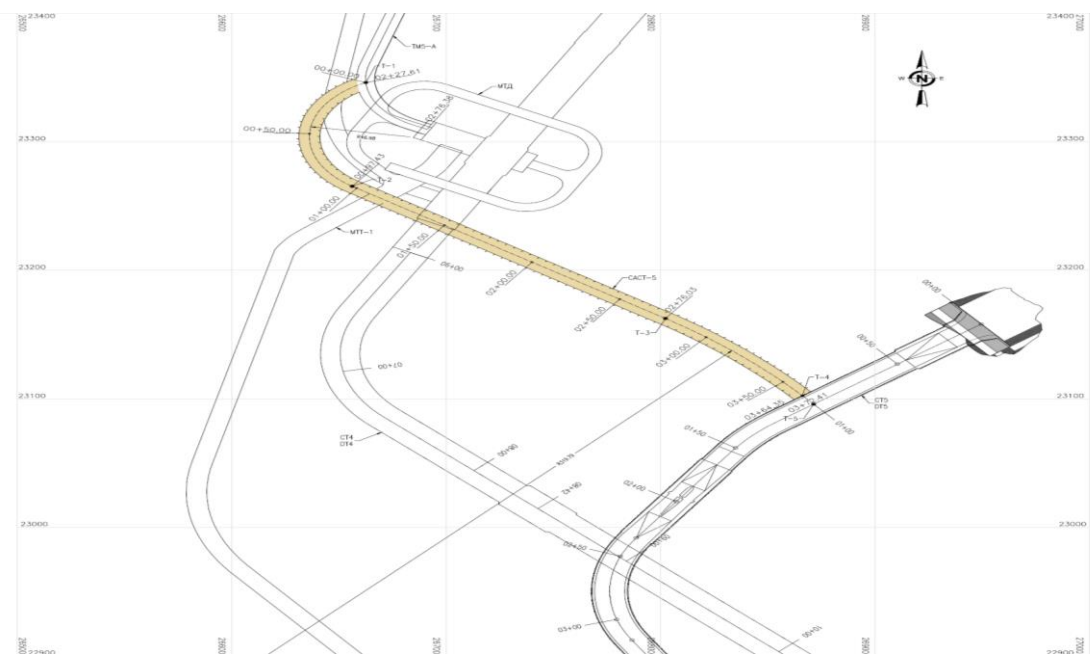
Подходной тоннель П-5 предназначен для подключения верхнего бьефа СТ-5 на ПК01+00, при этом отметка лотка П-5 составляет 1121,25 м на стыке с тоннелем ТМ5-А и 1150,77 м над уровнем моря, где она будет соединена с СТ-5.



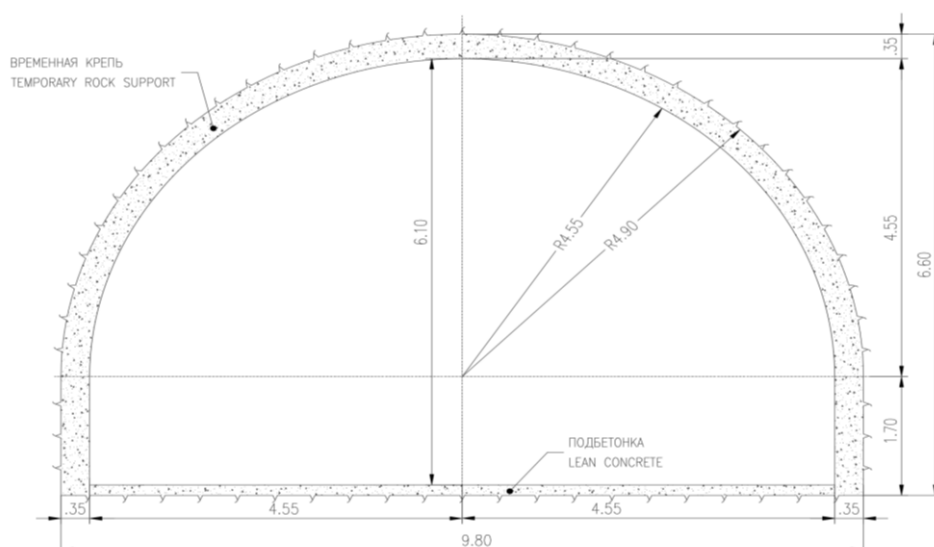
**Рисунок 1.** Общая схема подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС

**Таблица 1.** Основные геометрические данные тоннеля П-5 Рогунской ГЭС

Геометрические данные тоннеля САСТ-5	Значение
Длина	≈372м
Отметка лотка на Ch. 00 + 00м	≈1121,25м н.у.м.
Отметка лотка на Ch. 03 + 64,35м	≈1150,77м н.у.м.
Высота	6,60 м



**Рисунок 2.** План подходного тоннеля -5



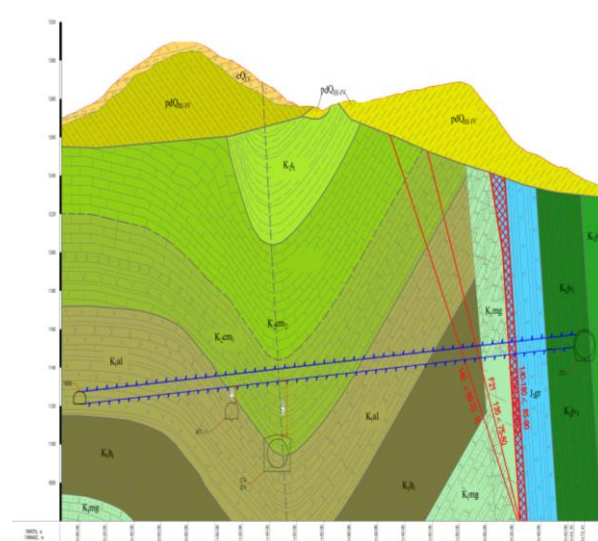
**Рисунок 3.** Поперечное сечение подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС

По геологическому плану и профилям исследуемые участки подходного тоннеля П-5 расположены в верхах позднесенноманской свиты (K1al – K2cm1), породах лятобанской свиты (K1It), мингбатманской свиты (K1mg), гурдакской свиты (J3gr) и яванской свиты (K1jv1).

Геологическая информация об этих образованиях основана на поверхностном картировании в районе П-5 и недавно пробуренных разведочных скважинах RE11, RE15 и RE16 на правом берегу [1,2]. Геологический план вспомогательного подходного тоннеля П-5 приведён на рисунке 4, а ее геологический продольный профиль представлен на рисунке 5.



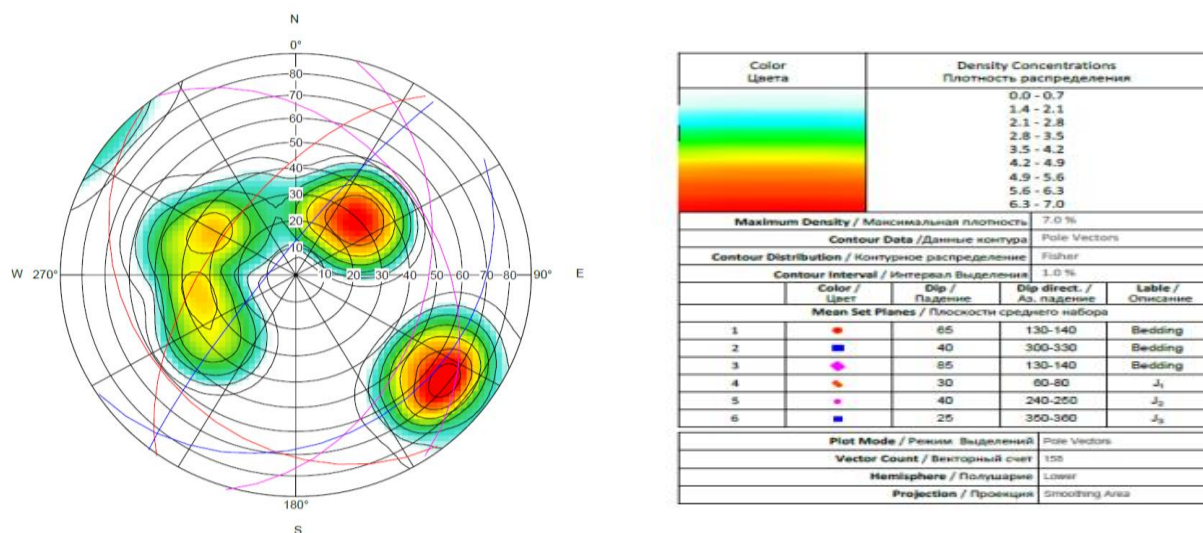
**Рисунок 4.** Геологический план П-5



**Рисунок 5.** Продольный профиль вдоль П-5

Следует отметить, что во время изыскания проводились в районе выходного портала подходного тоннеля П-5 также из геологического картирования тоннелей вокруг того же вспомогательного тоннеля. Во время этого исследования были зарегистрированы падение и направление падения несплошностей, а также расстояние (см), стабильность (м),

шероховатость и JRC (коэффициент шероховатости соединения), раскрытие (мм), заполнение, степень выветривания и состояние грунтовых вод. На рисунке 6. показаны контурная диаграмма и стереографическая проекция основных разрывов в горных массивах, окружающих тоннель П-5.



**Table characteristics of the main discontinuities/**  
Таблица характеристики основных разрывных нарушений

Type / Тип	Direc/ Dip / Аз. / Угол падения (deg / град)	Persistence/ Продолж.	Spacing/ Расстояние (m/m)	Roughness/ Шероховатость	Aperture Шпр. / Раскрытие (мм)	Infilling / Заполнитель
J1 (bedding/ напластование)	130-140 / 55-70	>20	0.2-0.6	Rought or Slightly rough	1-3	Soft<5mm
J2 (bedding/ напластование)	330-300 / 45-50	>20	0.2-0.6	Rought or Slightly rough	1-3	Soft<5mm
J3 (bedding/ напластование)	130-140 / 75-85	>20	0.6-2.0	Rought or Slightly rough	3-5	Soft<5mm
J4 (join set / снст. тр)	60-80/ 30°40°	2-10	0.06 – 0.3	Rought	0.3-0.5	Hard<5mm
J5 (join set / снст. тр)	240-250 / 40°-50°	3-7	0.06 – 0.1	Rought	0.3-0.4	Hard<5mm
J6 (join set / снст. тр)	350-360 / 20°-25°	3-10	0.06 – 0.2	Rought	0.3-0.4	Hard<5mm

**Рисунок 6.** Контурный график и стереографическая проекция основных неоднородностей в горных массивах вокруг П-5

На рисунке 4 и рисунке 5, на плане и продольном геологическом профиле тоннеля П-5 показаны разломы. Эти представленные типы разломов не пересекаются при проходке тоннеля. Направление падения и падение трех из этих разломов (первой и второй ветвей F21 и Ионахшского) представлены в таблице 2. Падения и направления падения разломов в горных массивах вокруг подходного тоннеля П-5.

**Таблица 1.**

Разром	Направление падения / Падение [°]
F21 первая ветвь	135/75-80
F21 вторая ветвь	140/50-70
Ионахшского	140-180/85-90

В гидрогеологическом плане участок, по данным скважины RE16 на глубине 27-30 м, расположен в зоне синклиальной складчатости, что соответствует изменению типа пород, а также проходка тоннеля

транспортного тоннеля Т-39 может свидетельствовать об обводненности сеноман-альбских отложений. Учитывая сильную трещиноватость и распространение известковых и мергелистых пород, предполагается, что максимальная обводненность распространена на замочном участке складчатой области.

По данным скважин RE11 и RE15 в зоне близ Ионахшского разлома, УГВ не выявлено. Предположительно он находится на уровне реки. Проявление подземных вод, при проходке, прямо связано с климатическими условиями территории. Ожидается обильное водопоявление на период паводков и паводков, связанных с фильтрацией, в частности, с деятельностью поверхностных вод.

Физико механические параметры горных пород представлены в таблице 3.

**Таблица 3.** Физико-механические свойства горных пород, распространяющихся по трассе тоннеля П-5

Геологическая формация	Слагающие грунты	%-е содерж. литологических разностей	Средний объёмный вес, $\rho$ (г/см <sup>3</sup> )	Прочность ненарушенных образцов, UCS (МПа)	Модуль деформации, E (ГПа)	Значение $m_i$
K <sub>2</sub> cm	Песчаник	15	2.6	65	7	7
	Аргиллит	35				
	Известняк	50				
K <sub>2</sub> al	Песчаник	20	2.6	55	4	6.3
	Аргиллит	65				
	Известняк	1				
	Гипс	34				
K <sub>1</sub> lt	Песчаник	28	2.5	51	5	6.9
	Алевролит	20				
	Аргиллит	25				
	Известняк	20				
	Гипс	7				
Разлом 21	Алевролиты и аргиллиты	-	2.4	50	3	6.3
K <sub>1</sub> mg	Песчаник	80	2.7	75	7	14
	Алевролит	17				
	Аргиллит	3				
K <sub>1</sub> jv <sub>1</sub>	Песчаник	7	2.7	42	3.5	7
	Алевролит	48				
	Аргиллит	45				

Геологическая формация	Слагающие грунты	%-е содерж. литологических разностей	Средний объёмный вес, $\rho$ (г/см <sup>3</sup> )	Прочность ненарушенных обр., UCS (МПа)	Модуль деформация, E (ГПа)	Значение $m_i$
Ионахшский разлом	Алевриты и аргиллиты	-	2.4	15	1	-
J <sub>3gr</sub>	Аргиллит и гипсы	100	2.2 - 2.4	20	2	6.3

### **Из вышеизложенных сведений можно сделать следующие выводы:**

-для консолидации скального массива, вокруг строящейся подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС необходимо предусмотреть большие работы по устройству цементированных завес и цементации породы за обделками сооружений, чтобы предотвратить фильтрацию воды, и избежать значительного их давления на обделку подземных сооружений;

-при качественном выполнении цементации с промывкой трещин значительно уменьшается деформируемость массива, повышается модуль деформации и до некоторой степени сопротивляемость сдвигу;

-проведён анализ инженерно-геологических и горно-механических исследований и проектирования выемки и крепи подходного тоннеля САСТ-5 на правом берегу Рогунской ГЭС;

-проанализированы геологические факторы, влияющих на устойчивость подземных сооружений. Одним из основных факторов, приводящих к разрушению горных пород, является её трещиноватость. В результате развития трещиноватости происходят такие процессы, как вывалы, переборы, выколы и т.п., что значительно усложняет строительство тоннелей;

### **Список литературы**

1. Саманиян (2020) - Геотехнические исследования правого берега - Фактический отчет по исследовательской скважине «PE-11» в оси затвора HLO1 - Отчет № STE-Rep-L3-FR-013, ред. 0.

2. Саманиян (2020) – Геотехнические исследования Правого берега – Фактический отчет по исследовательской скважине «PE-12» в Ионахшском разломе – Отчет № STE-Rep-L3-FR-015, ред. 0.

3. Исследование технико-экономической оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, Фаза II: Варианты определений проекта, Том 2: Основные данные, Глава 3: Геотехника, RP 45 Rev. A, 2013.

4. Исследование технико-экономической оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, Фаза II: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС (Анализ нагрузки деривационного тоннеля 1, включая неармированную облицовку), RP 46 Rev. A, 2013.



5.Хасанов Н.М., Сулейманова М.А. Выбор методов предварительного укрепления и снижения водопроницаемости грунтов и горных пород в зонах тектонических нарушений Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2016. № 1-1 (192). С. 202-205.

6. Хасанов Н.М., Холов Ф.А., Саидов С.А. Способы проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве. Вестник, ТНУ-Душанбе: Серия геологических и технических наук 2022. №3. –С. 85-93.

7.Хасанов Н.М., Ятимов У.А. Геологические факторы, влияющие на разрушение устойчивости гидротехнических тоннелей. Вестник КГУСТА. 2018. № 2 (60). С. 94-98.

8.Хасанов Н.М. Медеуов А.Т. Холов Ф.А. Влияние геологических и гидрогеологических условий на выбор трассы тоннел. МНПК Университет Дружбы народов имени академика А. Куатбекова, РК. 13 май, 2022. –С.48-51.

#### **ҲОЛАТИ ШИДДАТНОКӢ-ДЕФОРМАТСИЯШАВИИ НАҚБИ ЁРИРАСОНӢ 5-и НБО-и РОҒУН**

*Аннотатсия:* Дар мақола шароитҳои муҳандисӣ-геологӣ нақби ёрирасонӣ НБО-и Роғун оварда шудааст. Таҳлили шароитҳои муҳандисӣ-геологӣ ин нақб бо мушоҳида намудани ҳолати шиддатнокӣ-деформатсияшавӣ имконият медиҳанд, ки ин ба дуруст интиҳоб намудани хати бунёди нақб, макони ҷойгиршавӣ ва тарзи бунёди он мусоидат менамояд

*Калидвожаҳо:* Шароити муҳандисӣ-геологӣ, нақби ёрирасонӣ, таъсири, ҳолати шиддатнокӣ-деформатсияшавӣ, хати бунёди нақб, усулҳо

#### **ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS AND THEIR INFLUENCE ON THE STRESS-STRAIN STATE OF THE APPROACH SAST-5 OF ROGUNSKAYA HYDROELECTRIC POWER PLANT**

*Annotation:* The article presents the engineering and geological conditions of the approach tunnel P-5 of Rogun HPP. The analysis of the engineering-geological conditions of the approach tunnel P-5 allows investigating their influence on the stress-strain state of the construction object, which will allow choosing the correct construction route of the location as well as the method of its erection.

*Keywords:* engineering-geological conditions, approach tunnel, influences, stress-strain state, route, methods.

#### **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ**

**Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х.**

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии  
Национальной академии наук Таджикистана*

*Аннотация:* Данная статья посвящена исследованиям эффективности работы очистных сооружений на примере города Душанбе. На основе лабораторных данных проведена оценка эффективности работы механической и биологической очистки сточных вод. По некоторым традиционным загрязнителям, в том числе биогенных элементов и тяжёлых металлов выявлено, что выбрасываемые очищенные сточные воды