
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС) НА РЕКЕ МТКВАРИ

Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л. Тархнишвили А.Г.
Варазанаშвили О.Ш., З.Д., Одиладзе Д.Т.

Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. Алексидзе, 1

Геоморфологические условия бассейна р. Мтквари по территории сел. Рустави (Аспиндзский район) дает убедительные критерии для строительства ГЭС.

С точки зрения геотектонического строения, бассейн р. Мтквари находится в пределах мегаантиклинория Малого Кавказа, где структурно и морфологически резко выделяется Аджаро-Триалетская зона. Она в основном, построена довольно мощными вулканогенно-карбонатными, флишево – вулканогенными и теригенными отложениями кайнозойского и мезозойского возрастов, которые, в основном, представлены вулканогенными брекчиями, туфами и туфолавами, песчаниками, аргилитами, мергелями, известняками и андезитами разного состава. Геологический разрез осложнен пликативными дислокациями и разрывными нарушениями разной мощности. На участке вероятного строительства гидроэлектростанции (ГЭС), в зоне выветривания осадочных пород, развиты оползневые явления. Вместе с этим, исследуемый объект относится к региону с высокой сейсмической опасностью, что еще более способствует развитию экзодинамических процессов.

Основной задачей геофизических исследований является уточнение литостратиграфического и тектонического строения осадочных отложений, их дифференциация по физическим параметрам по глубине и латеральному направлению. выявление и оконтуривание оползневых и потенциально оползневоопасных участков, уточнение их динамических, кинематических параметров и мощностей, установление доминирующего направления фильтрации подземных вод и оценка сейсмической опасности территории вероятного строительства ГЭС и прилегающих территорий.

Для решения поставленных задач были использованы электроразведочные (вертикального электрического зондирования – ВЭЗ, симметрического электрического профилирования – СЭП, естественного электрического поля – ЕЭП) и сейсморазведочные (корреляционный метод преломленных волн – КМПВ) методы.

Полевые электро и сейсморазведочные исследования были проведены на следующих участках:

1. участок главного водосборного узла ГЭС;
2. зона затопления распространённых вокруг водохранилища осадков;
3. ось подземного деривационного тоннеля;
4. участок строительства административных объектов.

На водосборном узле Мтквари ГЭС морфологически выделяется участок, который имеет северо – восточное направление (NO-35°) с остронаклонными склонами на севере и юге. В формировании рельефа значительную роль сыграло эрозионное действие р. Мтквари. В частности, у плато река Мтквари упирается в относительно массивные породы и на 90° меняет направление, в результате создавая впечатление естественной плотины.

С целью установления лито-стратиграфического строения осадков на территории плато были проведены два электро и один сейсморазведочный профили и были составлены

соответствующие геоэлектрические и сейсмогеологические разрезы. Вдоль разрезов расположены проектные скважины, документация которых легла в основу интерпретации геофизических материалов.

Геофизические разрезы проходят в отложениях верхнего эоцена, который построен фораминиферовыми мергелями, грубозернистыми кварц-аркозовыми песчаниками, сланцеватыми карбонатными глинами майкопского типа. В разрезах отмечается существование конгломератов и брекчий, в некоторых случаях, прослоев базальтов, андезит – базальтов и трахитов.

Разрезы составлены до глубины 30м, что достигнуто максимальными разносами питающих электродов ($\frac{AB}{2} = 220\text{ м}$)

Вдоль геоэлектрического разреза 1-1¹ первый выделенный слой ($h=1-1,5\text{ м}$, $\rho_1 = 100-120\text{ Омм}$) получен выветриванием глинистогалечниковых отложений.

Второй слой с высоким удельным сопротивлением ($\rho = 400-450\text{ омм}$) соответствует андезита и массивным песчаникам. Удельное элсопротивление с глубиной уменьшается ($\rho = 200-250\text{ Омм}$), что, по нашей интерпретации, вызвано обводнением осадков. На геоэлектрических разрезах пунктиром нанесен уровень воды в скважинах, что находится ниже уровня высокоомного горизонта (Рис 1).

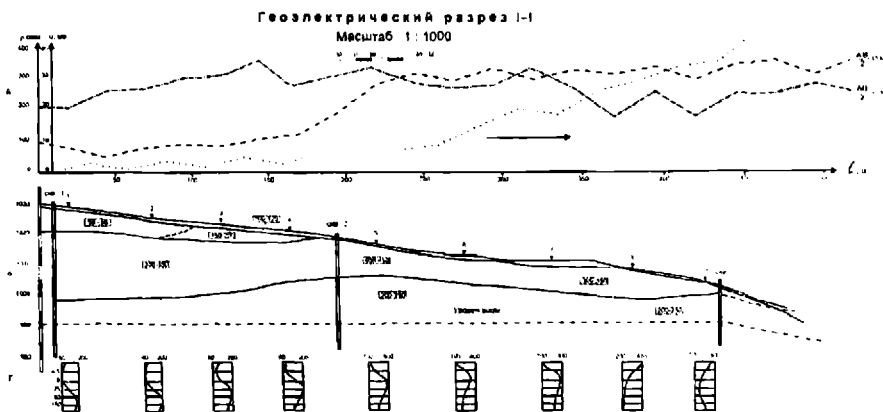


Рис 1

Вдоль геоэлектрического разреза 1-1 проведен СЭП АА¹МНВ¹В ($\frac{AB}{2} = 40\text{ м}$, $\frac{A^1B^1}{2} = 15\text{ М}$). Разносы питающих и приемных электродов были выбраны исходя из результатов интерпретации ВЭЗ.

Полученные результаты интерпретации СЭП находятся в хорошем согласии с данными интерпретации по методу ВЭЗ. [2]

В геоэлектрическом разрезе также показано распределение ЕЭП, что указывает на направление фильтрации подземных вод. По градиенту потенциала можно условно предположить о величине скорости течения. На этом же рисунке показан вид кривых ВЭЗ (рис. 1,в), что указывает на надежность представленного геоэлектрического разреза. Условные обозначения общие для всех рисунков.

1 2 3

- точки и профиль ВЭЗ

1 2 3

- точки и профиль КМПВ

- профиль ЕЭП

50 - 70

- удельное электрическое сопротивление ρ Омм

410

- скорость распространения сейсмических волн V



направление фильтрации подземных вод

----- - кривая СЭП, $\frac{A'B'}{2} = 15$ м

..... - кривая СЭП, $\frac{AB}{2} = 40$ м

----- - граница раздела слоев



- скважина

Геоэлектрический разрез II-II¹ в принципе аналогичен разрезу I-I¹. По проведенным на плато исследованиям построен геоэлектрический разрез, выполненный по программе „Сарфер-8“, в которой показана пространственная ориентация подошвы горизонта высокого удельно-электрического сопротивления (Рис. 2). Вдоль разреза скорость фильтрации подземных вод несколько увеличена, на что указывает повышение потенциала с относительно высоким градиентом. Проведенными на плато исследованиями было построено двухмерное распределение ЕЭП и его градиента, выполненное по программному обеспечению „Сарфер-8“ (Рис. 3).

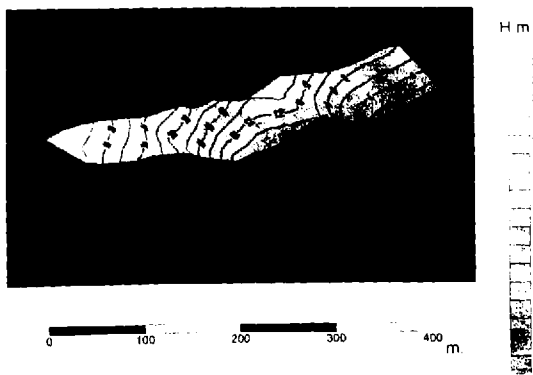


Рис 2

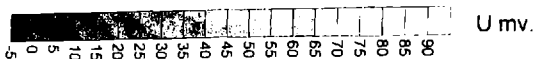


Рис 3

Геозлектрические разрезы III-III¹ и IV-IV¹ проходят по левому берегу р. Мтквари в аллювиально-делювиальных отложениях.

На геозлектрическом разрезе III-III¹ (Рис. 4) по ВЭЗ 3-7 зафиксированы ярко выраженные кривые К, где первый слой ($h = 2\text{ м}, \rho = 30 - 40\text{ ом м}$) перекрывает горизонт с $\rho = 200 - 250\text{ ом м}$, соответствующий аллювиальным отложениям р. Мтквари, мощность которых от ВЭЗ-3 к ВЭЗ-7 уменьшается с 12 м. до 4-5 м. Отмеченный слой перекрывает глины ($\rho = 20 - 30\text{ ом м}$), мощность которых, несмотря на солидные разности питающих электродов ($\frac{AB}{2} = 220\text{ м}$), по данным ВЭЗ определить не удается. Геозлектрический разрез в

хорошем согласии с данными СЭП и сейсморазведки.

Геозлектрические разрезы V-V¹ и VI-VI¹ расположены на правом берегу р. Мтквари в аллювиально-делювиальных отложениях.

На геозлектрическом разрезе ВЭЗ-4-7 аналогичны. Они характеризуют двухслойный разрез, где первый слой ($h = 3 - 5\text{ м} = \rho = 40 - 50\text{ ом м}$) соответствует выветренным сухим глинам, а второй – типичным глинам ($\rho = 25 - 30\text{ ом м}$). Выделение подошвы из-за большой мощности не удалось.

Геозлектрический разрез III-III¹

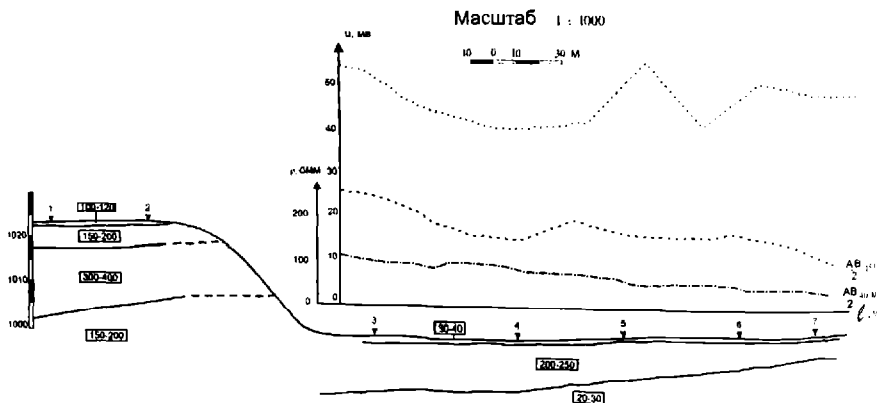


Рис 4

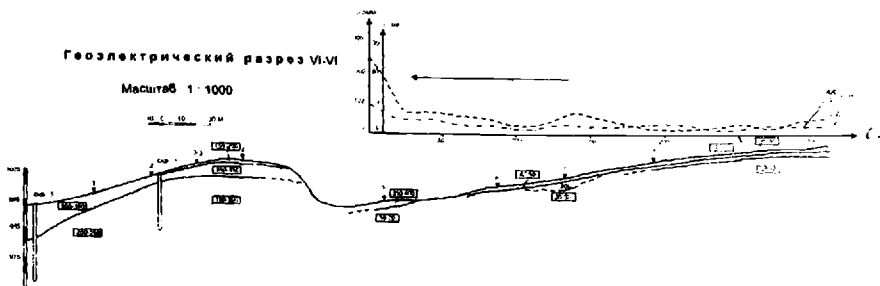


Рис 5

На геoeлектрическом разрезе VI-VI¹ (Рис. 5) по данным ВЭЗ 2,3-3¹ и 4 выделяются три слоя: первый ($h=1.5-2\text{м}$; $\rho = 150 - 200\text{омм}$), второй ($h=3-5\text{м}$; $\rho = 350 - 450\text{омм}$) и третий ($\rho = 150 - 200\text{омм}$). Первый слой соответствует сухим выветренным породам, второй – чередованию песчаников и андезитов, третий – андезитам. Удельное электрическое сопротивление последних, в соответствии с их вещественным составом и обводнением, уменьшается. По ВЭЗ 6-9 весь геoeлектрический разрез проходит в глинах, которые по ВЭЗ 8-9 у поверхности несколько дифференцированы. Установить мощность глин не удалось.

На р. Мтквари, после возведения плотины, зона затопления, по всей вероятности, будет распространена на 5-6км от плотины.

Целью геофизических исследований является уточнение литофациального строения, распространенного по правому берегу реки, вдоль автомобильной дороги и выявление и оконтуривание оползневых и потенциально оползневоопасных участков.

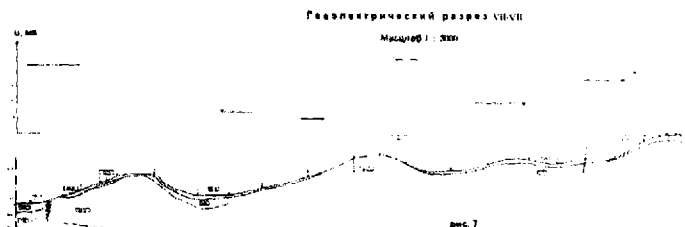


Рис 6

Вдоль автомобильной дороги было проведено два субпараллельных профиля методами ВЭЗ, ЕЭП и КМПВ.

На геoeлектрическом разрезе VII-VII¹ (Рис. 6) между ВЭЗ-ами 1 и 2 должна проходить линия разлома, вдоль которой глины контактируют с высокоомными породами. В глинистых породах первый выделенный слой ($h=2-3\text{м}$; $\rho = 25 - 30\text{омм}$) соответствует относительно сухим глинам, второй слой ($\rho = 10 - 20\text{омм}$) - глинам майкопского типа. В них выявлены участки, где удельное электрическое сопротивление падает до 5-10омм, что указывает на существование оползневых и потенциально оползневоопасных участков. Действительно, вдоль всего протяжения автодороги отмечаются оползневые участки, где проводятся мероприятия по уменьшению оползневых процессов, но их ликвидация практически не удается.

Для более уверенного установления динамических и кинематических параметров оползнеопасной массы, на ярко выраженном оползне, который перекрыт защитным габионом, были проведены специальные исследования.

Перпендикулярно оползневому склону, 10 метровым шатом, на пяти параллельных профилях, расстояния между которыми также были 10м, было изучено распределение ЕЭП на площади.

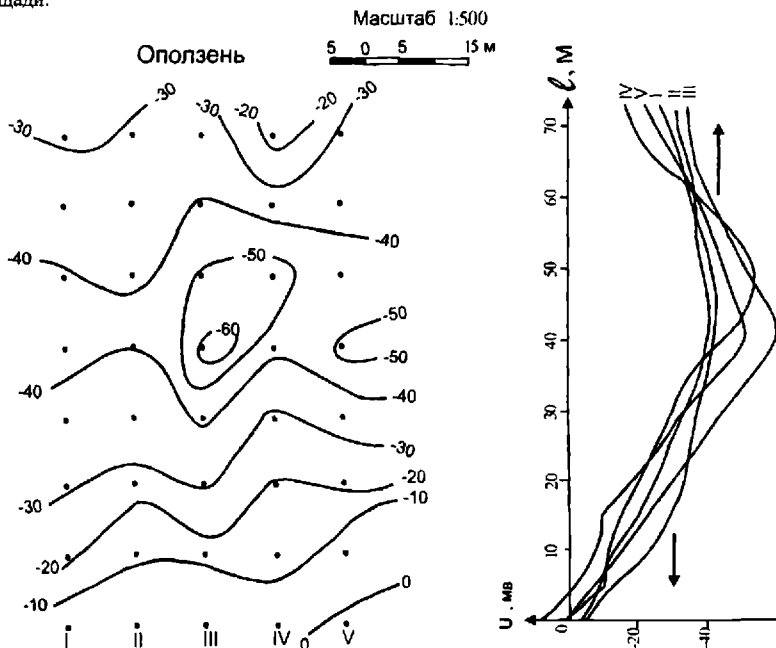


Рис 7

На рис. 7,а изолиниями показано положение максимального накопления оползневой массы, которое соответствует площади, околонтурной 50-60 мВ изолиниями. По ВЭЗ-ом были определены мощность ($h=2-3$ м) накопления и его удельное электрическое сопротивление.

На рис. 7,б показан вид распределения ЕЭП на всех пяти микропрофилях, что ясно указывает на направление движения воды из оползневой массы, и исходя из этого, с учетом мощности оползневой массы, и направления перемещения зеркала скольжения.

Длина подземного деривационного тоннеля 9км. Первые 3.75км он проходит в северном, а потом, у с. Сакунети в северо-западном направлении.

Вдоль оси тоннеля представлены: верхняя часть среднего эоцена – грубозернистые вулканические брекчи, туфы и лавовые покровы (в основном базальтоиды, реже андезитбазальты, андезиты, дололиты и трахиты) верхнеэоценового возраста. В нейтральной части ось тоннеля пересекают антиклинарные и синклинарные структуры.

Целью исследований является установление литостратиграфического строения осадочных формаций до уровня подошвы тоннеля. Ввиду большой мощности осадочных

формаций, несмотря на максимальные разности питающих электродов ($\frac{AB}{2} 340 м$), установить положение подошвы тоннеля практически не удалось.

Геоэлектрический разрез сравнительно детально изучен у южного портала, где по ВЭЗ 1 и 3 зафиксировано существование трехслойного разреза (Рис. 8), который состоит из кривых Q типа. Первый слой ($h=2-3 м$; $\rho = 350 - 400 ом.м$) соответствует верхней выветренной части вулканогенных пород. Он перекрывает отложения сланцев и песчаников 10-12 м. толщины, в которых отмечается существование лавовых покровов. По визуальным наблюдениям хорошо фиксируются элементы их залегания. Осадки, в основном, расположены почти вертикально и, по всей вероятности, должны находиться в пределах антиклинарных структур. Корреляция между ВЭЗ-ами 3 и 4 нарушена. Это ясно отмечено и по данным СЭП, что подсказывает о существовании между ними разрывных нарушений.

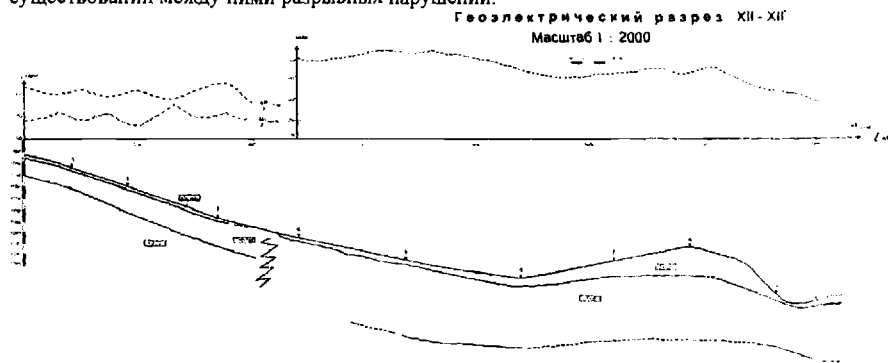


Рис 8

По данным ВЭЗ - 4-10, удельное сопротивление первого слоя ($\rho = 90 - 100 ом.м$), мощность которого постепенно увеличивается от ВЭЗ - 4 до ВЭЗ - 8 от 3 до 13 метров. Он перекрывает глины ($\rho = 15 - 20 ом.м$), мощность которых хорошо зафиксирована по данным ВЭЗ 5, ВЭЗ 9 и ВЭЗ -10-10¹. По данным ВЭЗ 9 и ВЭЗ 10-10¹ на глубине 25-30 м. должны находиться сравнительно массивные породы. Это указывает на то, что на этом участке (в ущелье) тоннель должен пройти в плотных породах ($\rho=60-70 ом.м$). Данные СЭП совпадают с данными геоэлектрического разреза.

Строительство административного здания и уравнивающего резервуара ГЭС запланировано на правом берегу р. Мтквари (с. Сакунети), где довольно широкая низина дает возможность построения этих сооружений.

Геоэлектрический разрез IX-IX'

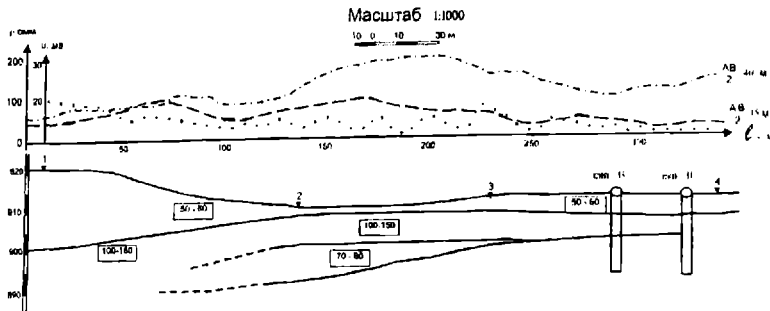


Рис 9

Этот участок изучен электрическими и сейсморазведочными методами. Полученные электрические и сейсмогеологические разрезы находятся в хорошем согласии.

Как было отмечено в описании геоэлектрических разрезов, с целью установления глубины залегания и скорости распространения продольных сейсмических волн V_p были проведены сейсморазведочные работы.

Обработка встречных и нагоняющих годографов и построение преломляющих горизонтов было проведено методами пластовых скоростей, T_0 и взаимных точек. (Рис. 10).

По величине скорости распространения V_p волн выявлены четыре зоны. Первая зона – наносы, почвенный слой, глинистые образования ($V_p=320-600\text{м/сек}$). Вторая зона – щебень, галька, глины ($V_p=600-1600\text{м/сек}$). Третья зона – сухие глины, аргилиты, выветренные песчаники и андезиты ($V_p=1900-2800\text{м/сек}$). Четвертая зона – твердые породы ($V_p=2600-3800\text{м/сек}$).

Результаты, полученные по электро и сейсморазведочным работам довольно хорошо согласованы.

В лабораторных условиях были изучены физико-механические свойства, взятых из скважин горных пород. Установлены плотность σ , V_p и V_s , коэффициент Пуассона и динамические модули Юнга для аргилитов, андезитов и песчаников.

Для установления закономерностей наблюдаемого сейсмического поля исследуемого района были созданы три каталога: 1) каталог всех зафиксированных землетрясений в этом районе с древнейших времен до 2007 года; 2) каталог сравнительно сильных с $M^a 3.5$ землетрясений для такого же периода; 3) каталог макросейсмических данных сильных землетрясений и сводная карта изосейст.

На основе этого материала была построена карта эпицентров, которая практически показывает плотность распределения землетрясений.

На рис. 10 показана карта зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Самая большая величина максимального горизонтального грунта ожидается из зоны ВОЗ4.

Результаты проведенных геофизических исследований дают основание для следующих выводов:

1. методами электро и сейсморазведки была проведена дифференциация распространенных на исследуемом объекте осадков; установлены их мощности и физические параметры (удельное электрическое сопротивление, скорости распространения сейсмических волн). Статистическими расчетами установлено, что осадочные породы, в среднем, характеризуются следующими параметрами:

сухие аллювиально-делювиальные отложения $\rho = 400 - 450$ Омм.

обводненные аллювиальные отложения $\rho = 200 - 250$ Омм

чередование песчаников и аргилитов $\rho = 350 - 400$ Омм

щебень $\rho = 300$ Омм

сухая глина $\rho = 200 - 300$ Омм

глинистые образования $\rho = 50 - 60$ Омм

сухая глина $\rho = 25 - 30$ Омм

глины майкопского типа $\rho = 20 - 15$ Омм

оползневые и потенциально оползнеопасные глины $\rho = 5 - 10$ Омм;

2. в лабораторных условиях установлены физико-механические свойства некоторых пород;

Физико-механические свойства горных пород					
Горная порода	Плотность (г/см^3)	V_p (м/сек)	V_s (м/сек)	Коэффициент Пуассона	Динамический модуль Юнга $E_D (10^8 \text{ Pa})$
Аргилиты	2.11-2.59	1420-2860	860-1400	0.13-0.35	41-119
Песчаники	2.52-2.53	2550-3830	1630-2560	0.10-0.25	140-363
Андезиты	2.34-2.65	2560-4600	1700-2510	0.11-0.32	149-570

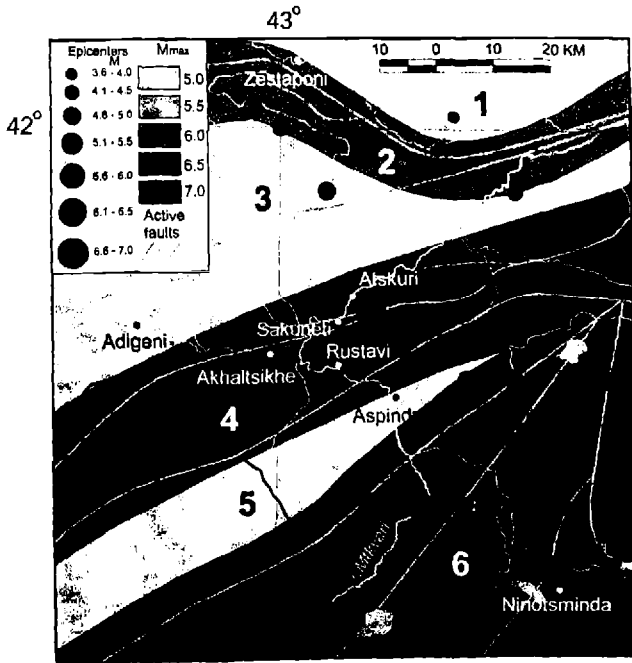


Рис 10

3. в геоэлектрических разрезах проведена дифференциация осадочных образований по глубине и в латеральном направлении;

4. в геоэлектрических разрезах установлены направления фильтрации подземных вод и определены их вероятные скорости;

5. проведенными на плато (участок первый) работами установлено пространственное распределение ЕЭП и его градиенты, а также подошвы, горизонта с высоким удельным сопротивлением по программе обеспечения „Сарфер-8”;

6. с точки зрения существования оползней, правый берег р. Мтквари нестабилен. Выделены потенциально особо оползневоопасные участки. На конкретных примерах установлены их динамические и кинематические параметры и мощности;

7. оценена сейсмическая опасность территории вероятного строительства ГЭС и прилегающих областей. Исследуемый район покрыт эпицентрами землетрясений с различными магнитудами. Зоны очагов исторических землетрясений в настоящее время представляют зоны затишья;

8. на основе активных разломов исследуемого района, была построена карта зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ), которая представляет потенциальными сейсмические возможности этого района. На объектах макросейсмический эффект с интенсивностью в 9 баллов может произвести одна зона ВОЗ-4 [3].

Литერატურა

1. Гамбурцев Г.А., Ризниченко Ю.В., Берзон И.С., Епинатьева А.М. Пасечник А.П. Карус Е.В. Корреляционный метод преломленных волн. Из-во АН СССР. Москва. 1959.

2. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. Москва. Госгеолтехиздат. 1948.

3. Varazanashvili O. Seismic hazard assessment of Georgia by deterministic and probabilistic methods. Journal of Georgian Geophysical Society (A). 1999. Vol 4.

მდინარე მტკვარზე ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის რაიონის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა გეოფიზიკური მეთოდებით

ჯაში გ., ჭიჭინაძე ვ., ქირია ჯ., ამილახვარი ზ., თარხნიშვილი ა., ვარაზანაშვილი ო., ოდილაძე დ.

რეზიუმე

გეოფიზიკური გამოკვლევების შედეგად შესწავლილია მდ. მტკვარზე ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის რაიონის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები. დადგენილია იქ გაერცელებული ნაღველების სიმპლავრეები და ფიზიკური პარამეტრები. გამოვლენილია მეწყურული და პოტენციალურად მეწყურსაშიშურბნები და დადგენილია მათში ფილტრაციის გაბატონებული მიმართულება შეფასებულია პეს მშენებლობის რაიონის სეისმურობა.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС) НА РЕКЕ МТКВАРИ

**Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Кириа Д.К., Амилахвари З.Л., Тархнишвили А.Г.,
Варазанашвили О.Ш., Одилавадзе Д.Т.**

Реферат

На основе геофизических исследований изучены инженерно-геологические условия в районе строительства ГЭС на р. Кура (Мтквари). Установлены мощности и физические параметры здесь распространенных осадков. Выявлены оползневые и оползне-опасные участки и установлено господствующее направление и фильтрация. Оценена сейсмичность района строительства ГЭС.

**INVESTIGATION OF THE ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS
OF THE MTKVARI RIVER HYDROELECTRO-STATION BUILDING REGION
BY THE GEOPHYSICAL METHODS**

**Jashi G., Tchitchinadze V., Kiria J., Amilakhvari Z., Tarkhnishvili A.,
Varazanashvili O., Odilavadze D.**

Abstract

The engineering-geological conditions of the Mtkvari River hydroelectro-station building region is studied. The depth of sediments and its physical parameters are established. The landslide and potentially dangerous plays are obtained and the dominant directions of the filtration are established in them. The seismicity of this region is estimated.