

## **Определение мощности и фракционной дифференциации селевых наносов в пойме р. Дуруджи по геофизическим данным**

**Г.Г. Джаши, В.К. Чичинадзе, Т.Л. Челидзе, Т.О. Зардалишвили,  
Д.Ш. Китовани, Г.Г. Дзоценидзе, З.Л. Амилахвари**

Центральная часть южного склона Большого Кавказа в пределах Кахети по своим геодинамическим условиям является классическим примером проявления оползневых и селевых процессов. Ярким примером этого является р. Дуруджи, в бассейне которой частые и мощные селевые проявления непосредственно угрожают населению г. Кварели и объектам народного хозяйства. За последние 100 лет прохождение катастрофических селей было зафиксировано более 36 раз. Они унесли жизни около 200 человек.

Происшедшие за последние годы землетрясения высоких энергетических классов значительно ослабили динамическую устойчивость оползневых и селеопасных склонов. Считается, что площадь очага постоянно обновляющихся селевых процессов составляет 20 км<sup>2</sup>. Прогнозные запасы селеформирующего материала определены в объеме 500 млн. м<sup>3</sup>, из них особо активными являются 150 млн.м<sup>3</sup>. В результате экзогенных процессов ежегодно разрушается и сносится в пойму р. Дуруджи 1 млн.м<sup>3</sup> твердого материала. Объем отложений на конусе выноса за одну селевую фазу определяется в размере 300000-640000 м<sup>3</sup>.

Длина р. Дуруджи 26 км. В верховьях река течет в узком ущелье, бассейн ассиметричен, отложения в основном представлены крупными валунами. В средней части течения каньон относительно широк и представленный аллювиальный и делювиальный материал более дифференцирован. В нижней части бассейна аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения более мелкозернисты, а их мощности увеличиваются. По геологическим и геофизическим представлениям максимальная мощность селевых отложений доходит до 500 м. Морфологический облик бассейна сформировался в четвертичном периоде – в конце плиоцена - на фоне новейших тектонических движений: воздымания Большого Кавказа и опускания Алазанской депрессии.

Общая площадь конуса выноса составляет 95 км<sup>2</sup>.

В геологическом строении бассейна р. Дуруджи принимают участие следующие формации: 1. глинистые сланцы верхнего лейаса, слагающие верховья р.р.Тетри и Шави Дуруджи. Литологически эти отложения в основном однородны и составлены из сильно раздробленных сланцев, в которых встречаются маломощные слои песчаников и мергелистых сланцев; 2. песчано-сланцевые породы верхнего лейаса, слагающие среднее течение р. Дуруджи. Они представлены мощными слоями песчаников, чередующихся с пачками тонких слоев раздробленных глинистых сланцев; 3. сланцы верхнего лейаса, представленные мелкозернистыми карбонатными глинистыми сланцами; 4. карбонатная формация верхней юры и нижнего мела, обнажающаяся в нижнем течении р. Дуруджи в виде гряды, представлена массивными известняками,

которые чередуются с рассланцованными мергелями, песчанистыми мергелями и брекчиевидными известняками; 5. четвертичные и современные отложения бассейна р. Дуруджи, представленные террасовыми и молодыми речными (аллювий) образованиями, деловием склонов и пролювием притоков.

Отмеченные выше отложения дислоцированы опрокинутыми на юг изоклинными складками, микробросами и надвигами.

Динамика селевых процессов в пойме р. Дуруджи изучена довольно подробно [1,2,4,6,7,10,11]. Выявлены относительно устойчивые и опасные участки, составлены специальные геологические, геоморфологические и инженерно - геодинамические карты масштаба 1:25000, а для селевого водосброса – М.1:2000. На основе указанных материалов разработан проект защиты г. Кварели от селевой опасности [1,4,6].

За последние годы работы по защите от селевых явлений в бассейне р. Дуруджи практически прекращены и, исходя из этого, г. Кварели и примыкающие территории находятся в постоянной опасности.

Целью настоящих исследований является определение мощности аллювиальных, делювиальных и пролювиальных отложений и их дифференциация по вещественному составу и водонасыщенности в бассейне р. Дуруджи, а также определение направления подземных вод, установление литологических неоднородностей основных пород, их привязки к стратиграфическим горизонтам и уточнение микротектонической картины района исследования.

Геофизические исследования были проведены в пределах среднего и нижнего течения р. Дуруджи. Основной профиль начинается примерно в 12 км от истока и простирается вдоль поймы реки в юго-западном направлении на расстояние 12 км, понижаясь от абсолютной отметки 650 м до 320 м.

Для выполнения поставленной задачи были использованы электрометрические (вертикальное электрическое зондирование - ВЭЗ, круговое вертикальное электрическое зондирование - КВЭЗ, симметричное электропрофилеирование – СЭП и метод естественного электрического поля – ЕЭП) и сейсморазведочные (корреляционный метод преломленных волн – КМПВ) методы.

На профилях точки ВЭЗ в основном распределены равномерно. Расстояние между ними в верхней части (на первых 3500 м) равно 100 м, в средней – 150 м, а в нижней части поймы, на отрезке длиной 3200 м – 450-550 м.

Сейсморазведочные работы, в основном, проведены в северной части долины. Было отработано 15 стоянок (по 110 м), что составило в общей сложности 1650 м непрерывного профиля. Кроме этого, на отдельных участках поймы были отработаны еще 6 стоянок. Расстояния между сейсмоприемниками – 10 м. Использовалась полная система наблюдений (прямые, обратные и нагоняющие годографы) [3]. Максимальное расстояние выносов колебалось в пределах 30-35 м.

Расположение геофизических профилей и точек наблюдения показано на рис.1

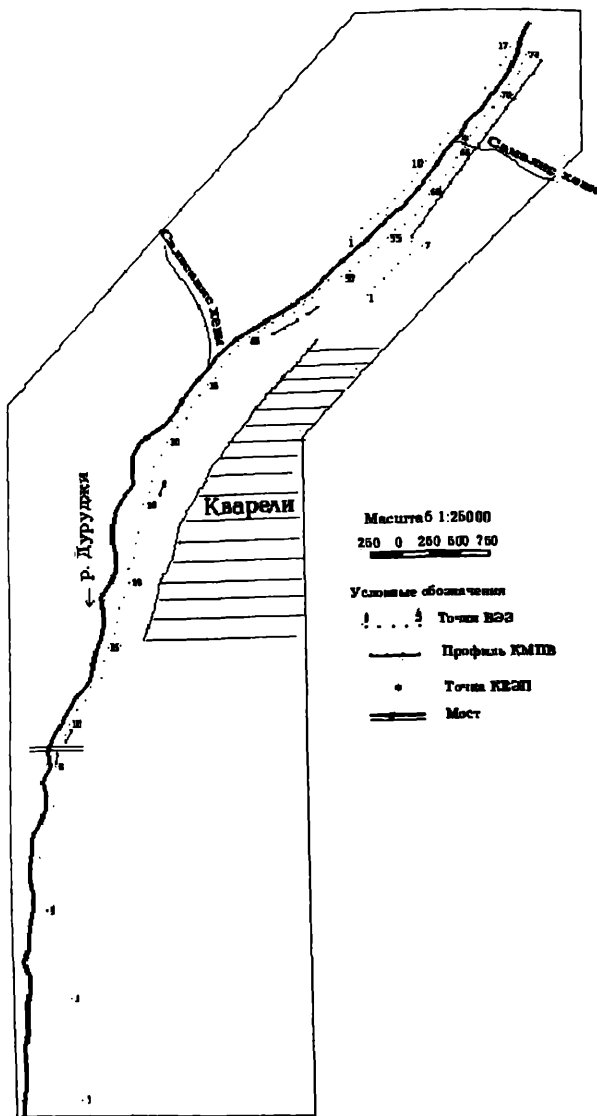


рис.1

Удельные электрические сопротивления аллювиальных, делювиальных, пролювиальных и основных пород были установлены на основе параметрических измерений. При этом электрические сопротивления отмеченных выше пород, установлены не совсем точно, т.к. часто электрические параметры одной и той же

формации фациально изменяются в латеральном направлении. Несмотря на это, с учетом геологической ситуации исследуемого объекта, сделана попытка геологической индексации выделенных в геологических разрезах горизонтов. В общем можно отметить, что электрическая дифференциация горных пород и отдельных образований довольно четкая. Эти данные использовались при выделении стратиграфических горизонтов в геоэлектрических разрезах. При этом также использованы данные ранее проведенных электроразведочных исследований в пойме р. Дуруджи [8,9].

В пойме реки Дуруджи по кривым ВЭЗ построены трех и четырехслойные разрезы [5]. В нижней части течения реки в конусе выноса по скважинным данным мощность наносов превышает 360 м, и здесь получены двухслойные кривые ВЭЗ. Выделенные в геоэлектрических разрезах горизонты хорошо прослеживаются вдоль профилей.

Геоэлектрический разрез на первых 2850 м от начала профиля построен по данным двухслойных кривых ВЭЗ. Первый слой мощностью 3-5 м и электрическим сопротивлением 50-60 омм перекрывает горизонт, характеризующийся сопротивлением 40-60 омм (ВЭЗ 1-4). Начиная с ВЭЗ 5 до ВЭЗ 30 в разрезе непрерывно прослеживается слой мощностью в 5-10 м и с электрическим сопротивлением 300-400 ом.м. Этот слой перекрывает горизонт с сопротивлением 150-200 омм (рис.26).

Литологический состав пород, представленных в геоэлектрическом разрезе, фиксирует скважина, совпадающая с ВЭЗ-4. Глубина скважины 360 м; первые 220 м проходят в отложениях голоцена, а ниже следуют отложения верхнего плейстоцена. Отложения голоцена по литологическому составу почти не отличаются друг от друга. Поэтому первый и второй слои без дифференциации приписываем к аллювиальным, делювиальным и пролювиальным отложениям голоцена, сопротивления которых изменяются в латеральном направлении.

В электрических разрезах по данным ВЭЗ 7-14 выделяются три слоя, где третий слой с электрическим сопротивлением 200-250 омм должен соответствовать аллювиальным и пролювиальным отложениям плейстоцена ( $apQ_{...}$ ), который в северном направлении фациально изменяется, что приводит к уменьшению сопротивления до 50-100 омм. Этими отложениями составлены террасы по правому берегу р. Дуруджи, где в точке ВЭЗ-21 проведены параметрические измерения. В геоэлектрических разрезах по данным ВЭЗ 16-40 выделяются 4 слоя, где сопротивление первого слоя 300-400 омм, второго 150-200 омм, третьего 50-100 омм и четвертого 200-250 омм. Последний горизонт по нашей интерпретации должен соответствовать известнякам и мергелям кимеридж-титона ( $J, km + t$ ). По данным ВЭЗ 42-46 этот горизонт приближается к дневной поверхности.

По данным ВЭЗ 49-50 имеем кривые типа К. Они не коррелируют с данными соседних (по обе стороны) ВЭЗ (рис.3), что можно объяснить тектоническими условиями.

Начиная с ВЭЗ 51 до ВЭЗ 62 все кривые - трехслойные, типа Q, с хорошей взаимной корреляцией.

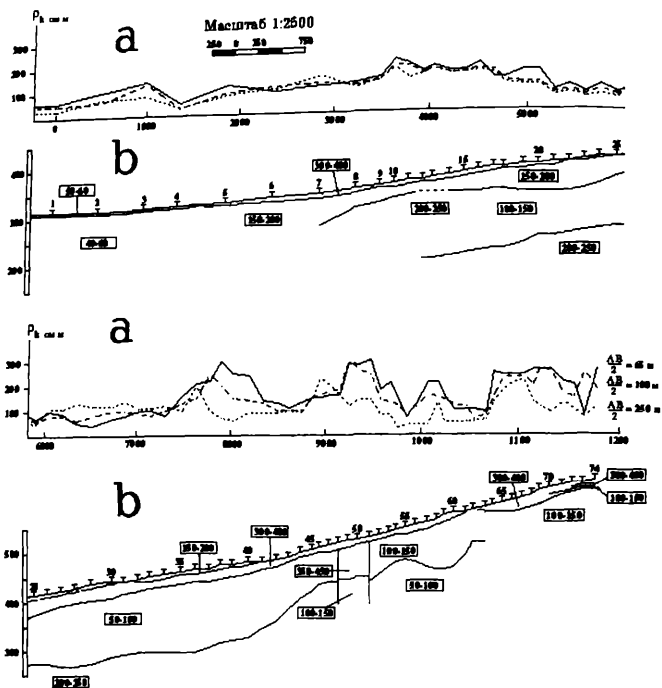


рис 2.

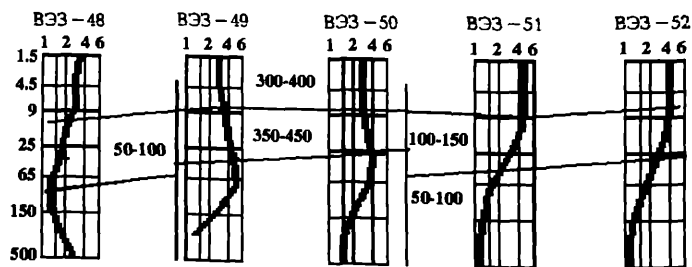


Рис 3.

Выделенный по данным ВЭЗ 65-74 слой с мощностью 25-30 м и с сопротивлением 300-400 ом соответствует аллювиально-делювиальным отложениям голоцена. Выделение в нем слоя с мощностью 10-15 м с сопротивлением 100-150 ом объясняется водонасыщенностью этих отложений. Представленный в основе горизонт с сопротивлением 100-150 ом по данным геологической карты соответствует глинистым сланцам с прослоями песчаников и спилитов аалена ( $J_1a$ ).

Проведенные по левому берегу р. Дуруджи, вблизи ВЭЗ -74, параметрические измерения на поверхности основных пород (глинистые сланцы) дали значения геоэлектрических сопротивлений 150-160 ом.

Геологическая карта показывает, что южнее места слияния р.р. Дуруджи и Самалисхеви на протяжении 4-5 км отмечается сложная тектоническая картина – надвиги и сбросы, которые падают в северном направлении под углом, в основном 45-50°. На основе проведенных исследований трудно однозначно судить о тектоническом строении района, хотя возможно сделать некоторые выводы. В частности, выделенный по данным ВЭЗ 49-50 второй высокоомный слой (известняки и мергели кимериджитона) должен быть ограничен разрывными нарушениями на что указывают различные конфигурации кривых ВЭЗ (кривые типа К, соседствуют с кривыми типа Н и Q). По нашей интерпретации, выделенное тектоническое нарушение, соответствует основному надвигу, вследствие чего юрские отложения Большого Кавказа перекрывают флишевые отложения Алазанской депрессии. Также примечательна конфигурация подошвы второго слоя ( $\rho = 100-150$  ом) в пределах ВЭЗ 51-64, что возможно объяснить тектоникой этого участка.

На рис. 2а вдоль геоэлектрического разреза дан характер изменения кривых электропрофилеирования при разных разностях питающих электродов ( $\frac{AB}{2} = 65, 100$  и 250 м). В нижнем течении реки (ВЭЗ 1-35) при разных разностях электрические сопротивления почти не меняются, что указывает на однородность отложений в вертикальном и латеральном направлениях.

Кривые  $\rho$ , точек, расположенных севернее ВЭЗ-35, довольно резко варьируют, что указывает на неоднородность отложений в латеральном направлении. Кроме того, небольшие различия наблюдаются при разных  $\frac{AB}{2}$  в частности, на участке нахождения

точек ВЭЗ 49 и 50 при  $\frac{AB}{2} = 65$  и 100 ом. Сопротивления намного больше чем, при  $\frac{AB}{2} = 250$  м. Кроме того, большие различия в кривых симметричного электрического профилирования при разных разностях в точках 37-42 можно объяснить увеличением электрического сопротивления второго слоя на этом участке до 300-400 ом. Эти данные находятся в полном соответствии с геоэлектрическим разрезом (рис. 2б).

Непрерывный профиль КМПВ длиной 1650 м (стоянки 1-15) совпадает с точками ВЭЗ 57-74 (рис.4). На стоянках 1-12 в первых вступлениях прослеживается волна от преломляющего слоя с граничной скоростью 2000-2320 м/сек. Средняя скорость в покрывающем комплексе - 730-810 м/сек. Глубина залегания меняется от 16 до 4 м. В районе стоянки 5 наблюдаются дифрагированные волны, с помощью которых удалось выявить ступень с амплитудой 8 м.

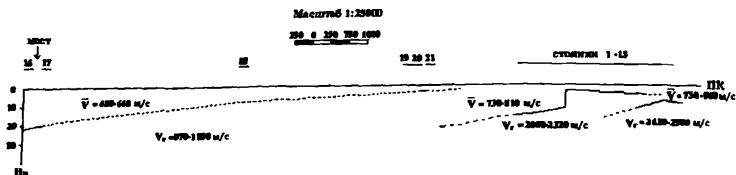


Рис 4.

На стоянках 13-15 в первых вступлениях фиксируются волны, граничные скорости которых  $V_s = 2620 - 2900$  м/сек. Средняя скорость в покрывающей среде 750-960 м/сек. Глубина залегания - 8-11 м. Эта поверхность, по-видимому, соответствует поверхности глинистых сланцев с прослоями песчаников и спилитов аалена.

В низовьях реки, где условия работ были более или менее нормальны, были отработаны отдельные стоянки (16-21). На этих стоянках в первых вступлениях фиксируются волны с граничной скоростью 970-1120 м/сек. Средняя скорость в покрывающей среде - 480-660 м/сек. Преломляющая граница в начале 16-ой стоянки находится на глубине 22 м, вверх по течению реки воздымается и в конце 21-ой стоянки находится на глубине 3 м. Эту поверхность относим к кровле аллювиально-пролювиальных отложений.

Геозлектрический разрез II-II (ВЭЗ 1-17) проходит по ущелью (на правой стороне параллельно разреза I-I в створе с ВЭЗ 52-74). Геозлектрический разрез аналогичен разрезу соответствующего участка разреза I-I (рис. 5б). Следует отметить, что кривые ВЭЗ хорошо коррелируются, что придает большую уверенность в правильности построения геозлектрических горизонтов (рис.5в). Как показало сравнение разрезов, удельное электрическое сопротивление выделенных горизонтов в пойме реки вдоль ее левого и правого берегов одинаковы, хотя мощность первого и второго слоев на правом берегу значительно больше, чем на левом. На правом берегу имеется вертикальная стена, построенная из слабодислоцированных аллювиальных отложений удельное электрическое сопротивление которых (300-400 ом.м) установлено также и параметрическими измерениями. На рис. 5а даны кривые СЭП.

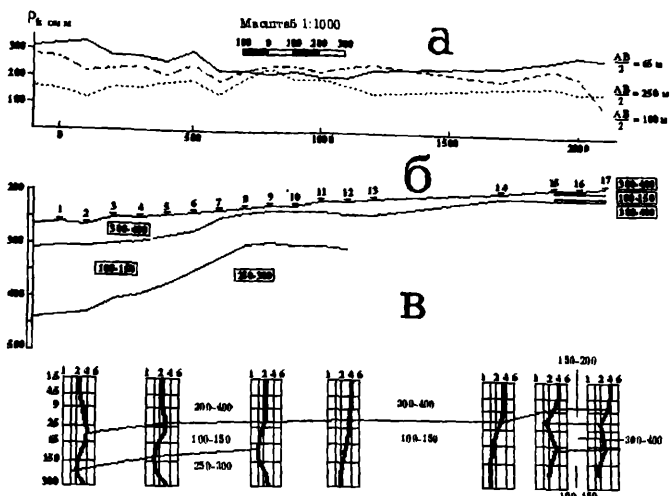


Рис. 5

Геозлектрический разрез III-III (ВЭЗ 1-7) проходит по левому берегу реки параллельно геозлектрического разреза вдоль участка ВЭЗ 50-57. Выделенный по данным ВЭЗ 1-3 первый почвенный слой ( $H=1-2$  м,  $\rho=100-150$  ом $\cdot$ м) покрыт сельскохозяйственными культурами. Второй слой ( $H=10-25$  м,  $\rho=300-400$  ом $\cdot$ м) соответствует аллювиально-пролювиальным отложениям голоцена. Он перекрывает глинистые сланцы аалена ( $H=40-70$  м,  $\rho=100-150$  ом $\cdot$ м), в подошве которых выделяется горизонт с сопротивлением 200-250 ом. Возможно, этот горизонт соответствует глинистым сланцам верхнего тоара (рис.6).

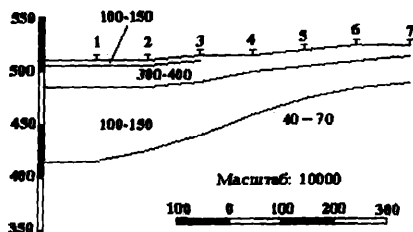


Рис. 6

Для установления направления подземного фильтрационного потока с конца разреза I-I в южном направлении на участке 1,2 км были проведены работы методом естественного электрического поля с шагом 50 м. На рис. 7а показано направление фильтрационного потока. Для уточнения картины изменения ЕЭП в месте слияния р.р. Дуруджи и Самалисхеви, где пойма довольно широка, наблюдения были проведены по четырем направлениям (рис. 7б), было установлено, что господствующее направление фильтрационного потока в этой точке имеет юго-восточное направление.



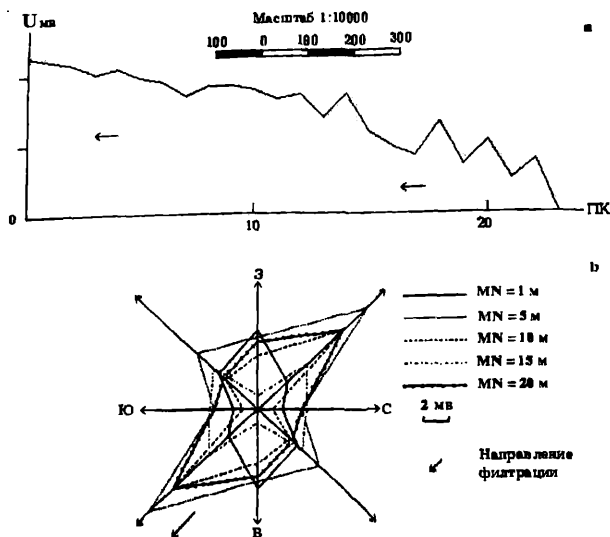


Рис. 7

В пойме р. Дуруджи геофизический разрез изучен до глубины 200 м. Поскольку по течению реки мощность селевых отложений увеличивается, в геоэлектрическом разрезе на первых 3.5 км выделить поверхность основных отложений не удалось. Кровля основных пород, по данным ВЭЗ 13-48 воздымается с глубины 200 м с малыми флюктуациями воздымается до глубины 45-80 м.

По данным ВЭЗ 52-74 кровля основных пород приподнята, и она соответствует глинистым сланцам с прослоями песчаников и спилитов аалена ( $\rho = 100-150$  ом). Этот горизонт находится в тектоническом контакте с отложениями известняков и мергелей кимеридж-титона, на что указывают данные симметричного электропрофилеирования и вертикального электророндирования. В частности, выделенный по данным ВЭЗ 49-50 второй высокоомный слой должен быть ограничен разрывными нарушениями вследствие чего юрские отложения Большого Кавказа перекрывают флишевые отложения Алазанской депрессии.

Селевые отложения в геоэлектрическом разрезе представлены единым слоем, и их дифференциация происходит в латеральном направлении вследствие различий в водонасыщенности и фракционном составе твердых материалов.

По данным сейсморазведки в разрезе выделены 3 горизонта с различными скоростями распространения сейсмических волн. Граница с  $V_1 = 2620-2900$  м/сек. выделяется в конце геоэлектрического разреза, и соответствует поверхности глинистых сланцев аалена. Так как максимальная глубина просвечивания не превышает 22 м, то остальные выделенные горизонты с  $V_2 = 1000$  м/сек и  $V_3 = 2200$  м/сек соответствуют отдельным горизонтам селевых отложений.

В селевых отложениях установлено господствующее направление подземного фильтрационного потока.

1. Беруашвили Г.М. Некоторые результаты исследования селевых водостоков. Тр. «ЗакНИГМИ», вып.33, М., 1969, с.42-62.
2. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. Изд. «Сабчота Сакартвело», Тбилиси, 1970, с.385.
3. 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, М., 1953.
4. Вольский А.И., Церетели Э.Д., Бердзенишвили Д.П. и др. Инженерно-геологические условия селевого бассейна р.Дуруджи. «Грузгеология» Фонды, Тбилиси, 1980.
5. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. Госгеологиздат, М., 1948.
6. Церетели Э.Д., Церетели Д.Д. Геологические условия развития селей в Грузии. «Мецниереба», Тбилиси, 1985, с.185.
7. Церетели Э.Д., Бердзенишвили Д.П., Таташидзе З.К., Челидзе Т.Л., Тавелишвили О.Г., Тавадзе В.И., Херхеулидзе Д.И. Особенности формирования катастрофических селей в бассейне р. Дуруджи и безопасность г. Кварели. Эрозийно-селевые явления и некоторые смежные проблемы. Труды Международной конференции. Тбилиси, 2002, с.229-235.
8. Цицишвили Д.А., Гоциридзе К.С. Гидрогеологическое исследование в бассейне р. Дуруджи. Фонды «Грузгипроводхоза», 1947.
9. Цицишвили Д.А., Чантуришвили Л.С. Отчет по электроразведочным работам в бассейне р.Дуруджи за 1961г. Фонды «Грузгипроводхоза», Тбилиси, 1961.
10. Цома А.Ш. Обильные паводки на реках Грузии, методы вычисления их характеристик и рекомендации защиты. Материалы научной республиканской конференции, посвященной 60-летию основания географо-геологического факультета ТГУ, Тбилиси, 1984.
11. Херхеулидзе Г.И., Церетели Э.Д., Татошвили С.Г. Селевые явления и селеопасные работы. Груз.ССР. Труды «ЗакНИГМИ», вып.83(90). «Гипрометиздат», М.,1984, с.10-24.

## მდ. ღურუჯის აუზში სელური ნალექების სიმძლავრისა და ფრაქციული ლიფერენციაციის განსაზღვრა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით

გ. ჯაში, ვ. ჭიჭინაძე, თ. ჭელიძე, თ. მარდალიშვილი, დ. კიტოვანი,  
გ. ძოწენიძე, მ. ამილახვარი

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია ღურუჯის აუზში სელური ნალექების სიმძლავრის, ფრაქციული ლიფერენციაციის, გაწყლიანების ხარისხის, ძირითადი ქანების ლითოლოგიური არაერთგვაროვნების, მიკროტექტონიკური სურათის დამუშავება და მიწისქვეშა ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული მიმართულების დადგენა ძიების გეოფიზიკური (გეოელექტრული და სეისმომეტრიული) მეთოდებით.

გეოფიზიკური ჭრილები შედგენილია ღურუჯის აუზში გამოგანის კონუსში ფიზიკური პარამეტრების (ხვედრითი ელექტრული წინააღობა, სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარის ცვლილების მიხედვით).

აუზის ქვედა წელში პირველ 3,5 კმ-დე ჭრილის დიფერენციაცია ხვ. ელ. წინააღობის მიხედვით არ ხერხდება. აღნიშნულ ფართზე გავრცელებულია მძლავრი (500 მ-დე) პოლოცენური და ზედა ფლვისტოცენურ ასაკის ნალექები, რომლის პარამეტრები ხშირ შემთხვევაში საკმაოდ მკვეთრად იცვლება ლატერალური მიმართულებით მე-13 ვებ-დან ჩრთილოეთით გეოელექტრულ ჭრილში გამოიყოფა 200-250 ომმ წინააღობის მქონე პორიზონტი, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს კიმბრიჯ-გიგონის კორექტებსა და მერგელებს. ჩრთილოეთით იგი გარკვეული ფლქტუაციებით უახლოვდება დღიურ ზედაპირს და 52-ე ვების შემდეგ ტექტონიკურ კონტაქტშია აალენური ასაკის თიხაფიქლებთან ( =100-150 ომმ). კონტაქტი შეესაბამება ძირითად შეცოცებას, რომლითაც კავკასიონის სამხრეთი ფერდის იურული ნალექები გადაფარავენ ალაზნის დეპრესიის ფლიშურ ნალექებს.

სეისმოძიების მიხედვით გეოფიზიკური ჭრილი შესწავლილია 22 მ სიღრმემდე. გამოგანის კონუსის ზედა ნაწილში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარის მიხედვით გამოიყოფა ძირითადი ქანების (აალენურ ასაკის თიხაფიქლები, ქვიშაქვებისა და სპილიტების შუა შრეებით) სახურავი. სამხრეთით გამოყოფილი სამი პორიზონტი მიუთითებს სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარის მიხედვით სეულური ნალექების დიფერენციაციაზე.

გეოფიზიკური გამოკვლევების მიხედვით (ბეე-ის მეთოდით) დადგენილია ღურუჯის აუზში მიწისქვეშა ფილტრაციული ნაკადის გაბაგონებული (სამხრეთ-აღმოსავლეთის) მიმართულება.

## **Definition study of thickness and fractional differentiation of debris-flow sediments in r.Duruji valley by geophysical methods**

**G.Jashi, V.Chichinadze, T.Chelidze, T.Zardalishvili, D.Kitovani,  
G.Dzotsenidze, Z.Amilakhvari**

### **Abstract**

In the paper the results of geophysical (electric resistivity and seismic) prospecting Survey in r.Duruji valley (Eastern Georgia) are presented. The following problems were investigated by these methods: the thickness of debris flow sediments, their fractional differentiation, lithological heterogeneity of basement rocks, detalization of microtectonic features and preferential direction of underground filtration flow.

The penetration depth for seismic prospecting was 20 m and for electrical method – 200m.

The geophysical sections of deluvial cone of r.Duruji valley were compiled on the basis of distribution of physical properties of rocks (velocity of elastic waves and electrical resistivity).

The correlation of geophysical boundaries with geological stratigraphic units has been done. It seems possible to distinguish in debris-flow sediments several layers with different velocities of elastic waves.