

Исследование инженерно и гидро-геологических условий Маднеульского рудного поля геофизическими методами разведки

Г.Г.Джаши, В.К. Чичинадзе, Т.Л.Челидзе, Г.И.Меликадзе, З.Л.Амилахвари,
Д.Ш.Китовани, Г.Г.Дзопенидзе, А.Л.Ревазшвили, А.Г. Тархншвили

Маднеульское рудное поле охватывает часть Локского и Храмского массивов. В геологическом отношении Локский и Храмский массивы представляют собой обнаженную часть так называемой Артвинско-Болнисской глыбы. Начиная с раннего кембрия область развития глыбы представляла собой крупную геосинклиналь, в которой происходили осадконакопление и интенсивная вулканическая активность основной магмы, в результате чего образовалась мощная вулканогенно-осадочная свита, состоящая из различных теригенных (глинистые породы, песчаники, конгломераты и др.) и магматических пород (интрузивы, эффузивы, жилы и небольшие массивы) [1].

Артвинско-Болнисская глыба делится на более мелкие единицы. Исследуемый нами участок находится в пределах Маднеульско-Поладаурской подзоны Болнисской зоны. Отмеченная подзона сложена, в основном, верхнемеловыми образованиями и, прерываемыми их, альбитофирами, порфиритами и дацитовыми телами и многочисленными жилами разного состава. Подзона содержит в себе все наиболее крупные барито-полиметаллические, медноколчеданные, железорудные, полиметаллические и другие месторождения. На рудоносных участках породы окварцованы, хлоритизированы, пиритизированы и каолинитизированы [1].

На исследуемом участке большим распространением пользуются нормальноосадочные верхнемелово-четвертичные образования (озерные, аллювиальные, пролювиальные, делювиальные). Озерные отложения представлены тонкослоистыми псамит-алевролитовыми песчаниками и песчанистыми глинами, реже конгломератами. В их составе принимают участие разные породы - гранитоиды и гнэисы, эффузивные образования мела и палеогена и постпалеогеновые вулканогенные породы. Мощными аллювиальными отложениями покрыты обширные площади. В частности, картировочная скважина, пробуренная на юго-восточной окраине селения Квемо-Болниси, вскрыла аллювиальные отложения, имеющие мощность 131 м. Ниже, до глубины 144 м, т.е. до коренных вулканогенных пород верхнего мела, выявлены пролювиальные и делювиальные суглинки с обломками вулканогенных пород. Литологический состав этих отложений весьма разнообразен. Поймы и русла рек характеризуются валунами, галечниками и гравием с песком. Проловиальные отложения, в основном, представлены суглинками со щебнем и глинисто-песчаным материалом. Эти отложения, обычно, рассматриваются совместно с делювиальными, т.к. они часто накапливаются вместе и разграничить их не удается. Делювиальные образования представлены древними и современными наносами (глины, суглинки).

Целью, проведенных в Маднеульском рудном поле в ущелье р.Поладаури, геофизических исследований является определение мощности четвертичных отложений; их дифференциация по вещественному составу и водонасыщенности;

определение уровня грунтовых вод и направления фильтрационных потоков; установление пористости и коэффициента фильтрации четвертичных отложений.

Для выполнения поставленной задачи были использованы разные модификации вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и естественного электрического поля (ЕЭП); инженерная сейсморазведка (корреляционный метод преломленных волн – КМПВ); а для расчета фильтрационных свойств четвертичных отложений было проведено слаг-тестирование методом налива воды в искусственные водопункты (скважины, колодцы).

Геофизические профили, в основном, направлены вдоль течения р.Поладаури между населенными пунктами Самцевриси и Квемо-Болниси (Капанахчи). Расположение геофизических профилей и точек наблюдения даны на рис. 1.

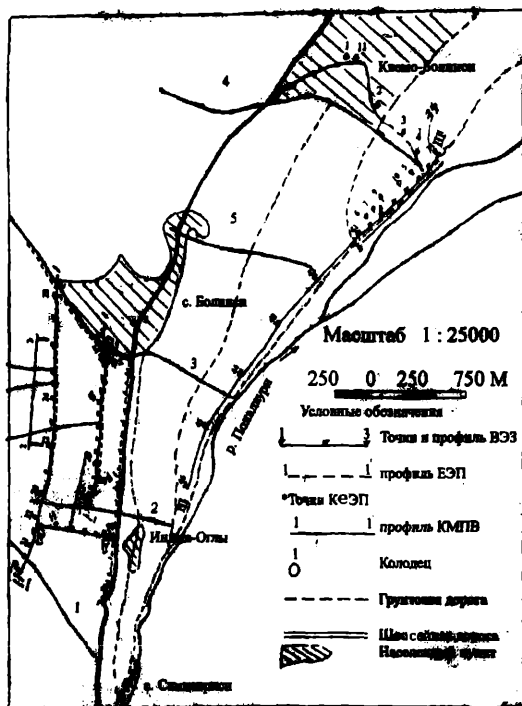


Рис. 1

Интерпретация кривых ВЭЗ выполнена как традиционным методом палеток [3], так и компьютерным методом [5]. На основе интерпретации ВЭЗ построены геоэлектрические разрезы, в которых четко выявляется фракционная дифференциация осадочных пород.

Геоэлектрический разрез 1-1' (Рис. 26) расположен в равнинной местности, которая покрыта сельскохозяйственными культурами.

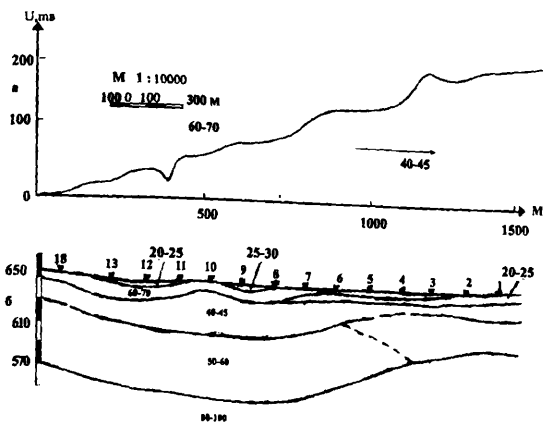


Рис. 2

Выделенный по ВЭЗ-ам 11-13 и 8,9 верхний слой с мощностью 3 м и с электрическим сопротивлением 20-30 омм соответствует глинистой почве, которая в свою очередь перекрывает слой с сопротивлением 60-70 омм, максимальная мощность которого по данным ВЭЗ 12,13 и 8,9 достигает 10 м. Отмеченный слой по данным ВЭЗ 2-7 выходит на дневную поверхность. Он перекрывает слой с сопротивлением 20-25 омм и мощностью 5-8 м. По нашей интерпретации отмеченный слой соответствует пелитовым глинам.

В геоэлектрическом разрезе большим распространением пользуется горизонт, характеризующийся сопротивлением 40-45 омм, поверхность которого должна соответствовать уровню грунтовых вод. Мощность этого слоя в центральной части геоэлектрического разреза превышает 20 м. Указанный слой по данным ВЭЗ 7-8,18 перекрывает горизонт с сопротивлением 50-60 омм, который должен соответствовать аллювиально-пролювиально-делювиальным отложениям, вещественный состав которых определяется свойствами основных пород (верхний мел) и их дифференциация, как было отмечено, не всегда возможна. По данным ВЭЗ 1-6 отмеченный слой переходит в слой с сопротивлением 20-25 омм, что по нашей интерпретации, должно быть вызвано большей водонасыщенностью этого участка.

В геоэлектрическом разрезе горизонт с сопротивлением 80-100 омм, погруженный в центральной части разреза до глубины 80-90 м, должен соответствовать основным породам, которые состоят из вулканогенных пород верхнего мела.

По геофизическим данным, мощность четвертичных нормально-осадочных отложений вдоль электрического разреза довольно значительна. Это подтверждается и разрезами, построенными по скважинным данным.

Геоэлектрический разрез I—I' проходит западнее и параллельно разреза I—I' (рис. 36). Мощность четвертичных отложений вдоль разреза меняется в пределах 20-40 м. Поверхность подстилающего слоя указывает на глубину залегания основных вулканогенных пород верхнемелового возраста.

Исходя из геоморфологии рельефа, уменьшение мощности четвертичных отложений вдоль разреза логично, поскольку в этих местах вулканогенные отложения мелового возраста приближаются к дневной поверхности, даже по визуальным наблюдениям. Горизонт с сопротивлением 20-40 омм должен соответствовать водоносным четвертичным отложениям, которые по данным ВЭЗ 20-28,33

перекрываются слоем с мощностью 3-5 м и с электрическим сопротивлением 100-150 ом. По данным ВЭЗ 29-32 сопротивление первого слоя меняется в пределах 10-15 ом, что, по всей вероятности, вызвано обводнением этого участка. Существование низкоомного первого слоя отмечается и в конце профиля по данным ВЭЗ 25, 26 и 28, где обводнение грунта отмечается и визуально.

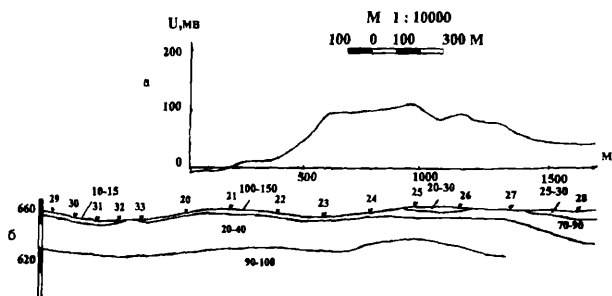


Рис. 3

Геоэлектрический разрез III-III' проходит параллельно р.Паладаури от деревни Инджа-Оглы до дер. Квемо-Болниси (Капанахчи). Как видно из рис.4б,

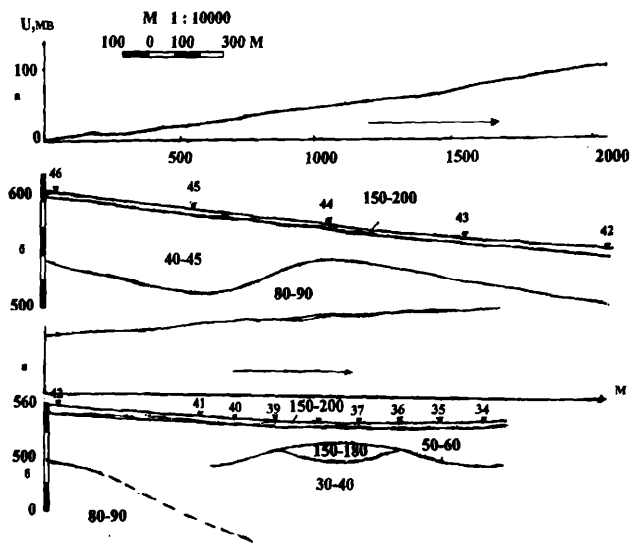


Рис. 4

первый слой мощностью 4-6 м и удельным электрическим сопротивлением 150-200 ом непрерывно простирается вдоль всего разреза. Он соответствует конгломератам, распространенным вдоль речных террас (видно визуально). Конгломераты состоят из вулканогенных образований и известняков верхнемелового возраста. Мощность

второго обводненного аллювиально-пролювиально-делювиального слоя достигает максимума (65м) в окрестностях ВЭЗ 45. Начиная с ВЭЗ 45 его мощность резко уменьшается до 18 м, а потом постепенно увеличивается до 40 м (ВЭЗ 42). Относительно сложный геоэлектрический разрез наблюдается в конце профиля (ВЭЗ 34-41). В частности, по ВЭЗ 37,38 выделяется линза с максимальной мощностью 15 м и сопротивлением 150-180 ом. Существование этой линзы в геоэлектрическом разрезе отчетливо видно на рис.5.

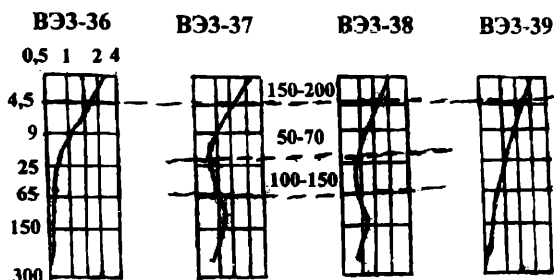


Рис. 5.

По нашей интерпретации она должна соответствовать базальтовому покрову верхнего эоцена ($BN_2^2 - Q_2$), внедренному в четвертичные отложения. В геоэлектрическом разрезе поверхность отложений верхнемелового возраста к северу от ВЭЗ 42 исчезает и вновь появляется у ВЭЗ 39 на глубине 95-100 м. Геоэлектрические разрез находятся в хорошем согласии с скважинными данными. Из поперечного геоэлектрического разреза IV-IV' (рис 6) видно, что глубина

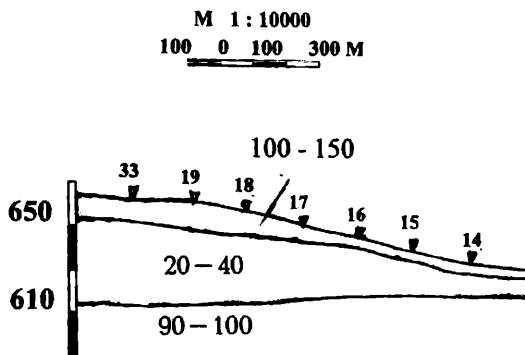


Рис. 6.

залегания основных пород по направлению с.Инджа-Оглы уменьшается. В разрезе первый слой с сопротивлением 100-150 омм выделяется по всему профилю. Уменьшение мощности четвертичных отложений происходит за счет уменьшения мощности второго обводненного слоя ($\rho = 20-40$ омм).

Работы по методу КМПВ проводились с помощью 12-ти канальной инженерно-сейсмической аппаратуры АСМ-6/12. Ввиду невозможности проведения взрывных работ, упругие сейсмические волны возбуждались сбрасыванием груза весом 30 кг с высоты примерно 3.5-4 м. Длина одной стоянки – 110 м.

Схема расположения профилей дана на рис.1.

Работы проводились по полной схеме наблюдений для получения прямого, обратного и нагоняющих годографов.

Всего было проведено 5 профилей. Каждый профиль состоит из нескольких стоянок. Стоянки перекрывались друг с другом одной корреляционной точкой.

Полевой материал был обработан методом разностного годографа (t) [2], а также модифицированным вариантом этого метода, который был разработан в отделе сейсмометрии нашего института. Полученные результаты практически совпадают между собой, что говорит о высокой достоверности полученных результатов. Скорость V_1 (скорость распространения упругих сейсмических волн в верхнем слое, определялась по прямым годографам (т.н. эмпирический метод).

В результате обработки материалов, были получены следующие результаты: на профиле 1-1' (рис.7) (общей длиной 660 м) выделяется одна преломляющая граница с граничной скоростью 950-1100 м/сек.; скорость распространения упругих волн в покрывающей толще составляет 550-580 м/сек. Глубина залегания преломляющей границы колеблется от 10 м (начало профиля) до 28 м (конец профиля).

Сейсмический профиль 1-1' совпадает с электрическим профилем I-I' от ВЭЗ-18 до ВЭЗ-9. По нашей интерпретации, выделенный горизонт должен соответствовать кровле слоя с удельным электрическим сопротивлением 50-60 омм. Как видно покрывающая толща – это водонасыщенные четвертичные образования, а нижний слой аллювиально-делювиально-пролювиальные породы. Морфология преломляющей границы в довольно хорошем соответствии с геоэлектрическим разрезом (Рис.26).

Профиль 2-2' проходит западнее и параллельно профилю 1-1'. Расстояние между ними примерно 700 м. Этот профиль в начале и в конце пересекается профилями 3-3' и 4-4' (Рис.1).

В начале профиля 2-2' выделяется высокоскоростной ($V = 4200$ м/сек) слой с глубиной залегания 12-16 м. На расстоянии 120-340 м от начала профиля прослеживается преломляющая граница с граничной скоростью $V_g = 2720-2800$ м/сек., а на расстоянии 430 м от начала профиля и до его конца удалось выделить слой с граничной скоростью $V_g = 2140-2160$ м/сек. Морфология этих слоев показана на рис.8, где видно, что преломляющая граница имеет сложный рельеф. Скорость распространения упругих сейсмических волн в покрывающей толще вдоль всего профиля 2-2' составляет 700-850 м/сек.

Профиль 3-3' (Рис. 9) пересекает профиль 2-2' перпендикулярно. Его длина 330 м. На нем также выделяется высокоскоростной ($V = 4150$ м/сек) слой на аналогичных глубинах. Начиная с 110 м от начала профиля высокоскоростной слой исчезает и появляется преломляющая граница со скоростью $V = 1840-2000$ м/сек., которая углубляется к востоку.

Профиль 4-4' длиной 220 м пересекает профиль 2-2' перпендикулярно в его конечной части. Преломляющая граница с граничной скоростью $V = 2200-2260$ м/сек. углубляется к востоку (Рис.10).

По нашей интерпретации, верхний слой (покрывающая толща) со скоростью 700-850 м/с, должен соответствовать четвертичным аллювиально-делювиально-

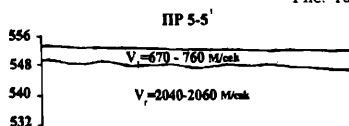
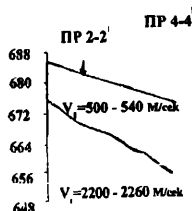
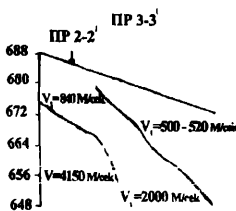
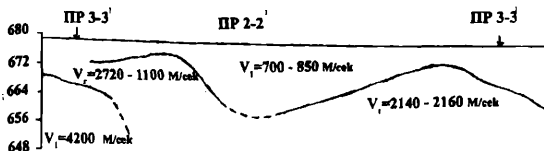
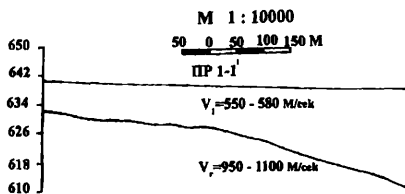
пролювиальным отложениям, а нижний слой – вулканогенным породам верхнего мела. Высокоскоростной слой, выделяемый в начале профилей 2-2' и 3-3', по нашим соображениям, соответствует локальному интрузивному телу, вклиненному в основные породы, которое способствует некоторому увеличению скорости распространения упругих волн в основных породах. В частности, в непосредственной близости от предполагаемого интрузивного тела (120-340 м от начала на профиле 2-2') скорость имеет повышенные значения.

В 2001 году на исследуемой территории в рамках *inco-sorepticus* греческим ученым Ф. Зервосом совместно с грузинскими специалистами на 5-ти профилях были проведены электрометрические исследования методом постоянного тока АВЭМ [4]. Расположение профилей дано на рис.1 Следует отметить, что в начале профиля 2 выделяется высокоомный участок (160 ом), который резко погружается в восточном направлении. Считается, что это соответствует тому интрузивному телу, которое выделяется по сейсмическим профилям 2-2' и 3-3'.

Сейсмический профиль 2-2' проходит западнее и параллельно геоэлектрическому профилю на расстоянии ~300 м. Можно сказать, что сейсмический разрез хорошо совпадает с геоэлектрическим разрезом. Визуально хорошо видно, что основные породы в районе профиля 2-2' приближаются к дневной поверхности, а к востоку они усугубляются, что подтверждается профилями 3-3' и 4-4'.

Профиль 5-5' (Рис.11) проходит по берегу и параллельно реке Поладаури. Здесь выделяется преломляющий горизонт на глубине 3.5-4 м, с граничной скоростью $V \approx 2200$ м/с.

Для установления существования подземных фильтрационных потоков и их направления на исследуемом участке были проведены работы методом ЕЭП. На рис.2а показан ход кривой ЕЭП вдоль профиля I-I', где видно, что значение потенциала постепенно возрастает в северном направлении, что указывает на направление подземного потока (на рисунке направление потока отмечено стрелкой). Отмеченное направление подземного потока вполне логично, поскольку уровень грунтовых вод и их фильтрацию на этом участке определяют р.Поладаури и ее левые притоки. С экологической точки зрения особое значение имеет загрязнение почвы и русла реки этими притоками, поскольку текущие от



карьера Маднеульского полиметаллического оруденения воды загрязнены токсичными химическими компонентами.

На рис.3а показан характер хода кривой ЕЭП вдоль геоэлектрического профиля П-П'. Распределение потенциала наглядно указывает направление подземного потока, поскольку оно соответствует особенностям рельефа (зеркальное отображение рельефа). Отдельные отклонения от основного хода кривой потенциала указывает на заболоченные участки вдоль профиля.

На рис.4а показан характер хода кривой ЕЭП вдоль р.Поладаури. По течению реки потенциал постепенно увеличивается. Исходя из угла наклона кривой потенциала к оси абсцисс, скорость фильтрации на этом профиле меньше, чем на профилях I-I' и II-II'.

Для более точного определения направления фильтрационного потока, в двух точках были проведены круговые измерения ЕЭП (точки нанесены на рис.1). Из рисунка 12а видно, что господствующее направление фильтрационного потока для больших разносов в точке 1 северо-восточное. На второй точке господствующее

направление выражено не четко, хотя и здесь оно северо-восточное (рис.126). Также направление потока соответствует геоморфологическим условиям исследуемой территории и указывает на участки вероятного загрязнения.

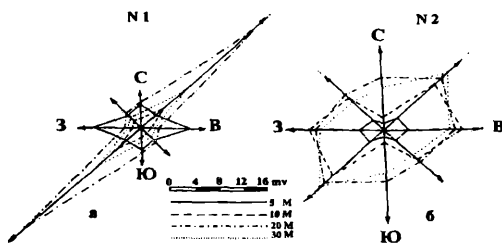


Рис. 12

Интересно, что на малых разностях электродов, что соответствует потоку самой дневной поверхности, направление потока на обоих пунктах несколько отличное – с запада на восток. Возможно, направления потоков в поверхностной и глубинной части разреза отличаются.

Следует отметить, что разработка Маднеульского полиметаллического месторождения до сегодняшнего дня ведется с нарушением технических нормативов. Эксплуатационные работы проводятся открытым способом с нарушением экологических нормативов. В частности, не производится перекачивание карьерных вод в полном объеме в хвостохранилище и часть токсически загрязненных вод попадает в осевые притоки р.Поладаури и загрязняет сельскохозяйственные угодья Болнисского района.

В стекающих из карьера водах содержание токсичных элементов значительно увеличено. В частности, содержание меди, цинка, свинца, и кадмия в миллиграммах в среднем составляет соответственно 10-20, 9-12, 0.5-1.5 и 0.04-2.5 [4].

С целью установления масштабов загрязнения водоносных горизонтов четвертичных отложений изучены гидродинамические параметры методом слаг-тестирования. Тестирование проведено в колодцах Квемо-Болниси. Расположение колодцев дано на рис.1. В колодцах пьезометрический уровень вод в сорону р.Поладаури постепенно понижается от 17 до 1-2 м. Глубже, в основных породах, эти воды фильтруются в мелко и среднезернистых брекчиеподобных туфах и глинах с высокими адсорбционными свойствами. Результаты слаг-тестирования колодцев показывают, что четвертичные отложения характеризуются низким коэффициентом фильтрации и высокой способностью адсорбции, в следствии чего в грунтовых водах и в четвертичных отложениях скапливаются токсические элементы. На рис.13 показаны результаты слаг-тестирования колодцев.

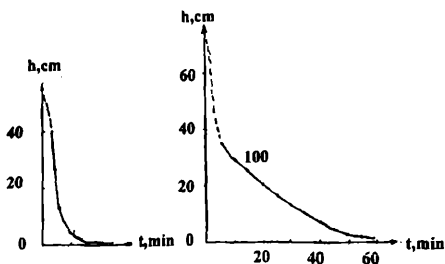


Рис. 13

На основе инженерных геофизических исследований удалось расщлнить четвертичные отложения по вещественному составу и водонасыщенности. Установлены физические параметры (удельные электрические сопротивления и скорость распространения сейсмических волн) отдельных слоев и их мощности, что хорошо согласуется с геологическими данными. В четвертичных отложениях выделена линза с высоким электрическим сопротивлением, которая, по геологическим соображениям, должна соответствовать эффузивным покровам. Кроме того, по сейсмическим данным на локальном отрезке профилей 2-2' и 3-3' выделен высокоскоростной участок, что, по нашему мнению, должно быть вызвано существованием интрузивного тела.

В депрессионной части исследуемого участка мощность четвертичных отложений (более 100 м) установлена по электрометрическим данным, что хорошо согласуется с геологическими данными.

С помощью электрометрических исследований изучен уровень грунтовых вод в четвертичных отложениях и господствующее направление фильтрационных потоков (северо-восток). Выделены отдельные обводненные участки. Следует отметить, что установление нами направления фильтрационных потоков дает возможность выявить особо опасные участки загрязнения окружающей среды, вызванные эксплуатацией Маднеульского полиметаллического комбината.

По данным слаг-тестирования установлено, что водоносный комплекс четвертичных отложений в пойме р.Поладаури характеризуется низким коэффициентом фильтрации и высокой степенью адсорбции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологическое строение и металлогения Юго-Восточной Грузии. Труды Геолин-та, новая серия, вып.1. Изд.»Мецниереба», Тбилиси, 1965.
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. – Сейсмическая разведка. Изд.»Недра», М., 1980.
3. Пылаев А.М. – Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. Госгеологиздат, М., 1948.
4. Chelidze T., Melikadze G., Zevvos F., Bendukidze G., Saanishvili A. – The study of heavy metal pollution at Madneuli complex ore deposit area. I Intern. Conference on ecology and environmental Management in Caucasus/ Tbilisi, 2001, p.p. 69-72.
5. Zohdy A. – A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves. Geophysics, vol.54, p.p.245-253.

მადნეულის მადნიანი ველის საინჟინრო და ჰიდრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით

გ. ჯაში, ვ. ჭიჭინაძე, თ. ჭელიძე, გ. მელიქაძე, ზ. ამილახვარი,
დ. კიტოვანი, გ. ძოწენიძე, ა. რევაზიშვილი, ა. თარხნიშვილი

რეზიუმე

საინჟინრო-გეოფიზიკური გამოკვლევების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ფოლადურის აუზში მეოთხეული ნალექების დანაწევრება ნივთიერი შედგენილობისა და გაწყვიანების ხარისხის მიხედვით.

დადგენილია ცალკეული ფენების ფიზიკური პარამეტრები (ხვ. ელ. წინაღობა, სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე) და მათი სიმძლავრეები, რაც კარგ თანხედრადშია გეოლოგიურ მონაცემებთან (ჰაბურდილების მიხედვით). მეოთხეული ნალექებში გამოყოფილია მაღალი ხვედრითი ელექტრული წინააღობის ღონეზე, რაც გეოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ეფუძიურ უნდა წარმოადგენდეს. სეისმური მონაცემების მიხედვით ლოკალურ უბანზე გამოყოფილია მაღალ სიჩქარული გარემო, რაც ინტრუზული სხეულით უნდა იყოს გამოწვეული.

ელექტრომეტრიული გამოკვლევების მიხედვით დადგენილია მეოთხეული ნალექებში გრუნტის წყლის ღონე და ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული (ჩრდილო-აღმოსავლური) მიმართულება. გამოყოფილია ცალკეული გაწყვიანებული უბნები. მდ. ფოლადურისა და მისი წყალმომკრები აუზის გაჭუჭყიანებაში მნიშვნელოვანია მადნეულის პოლიმეტალური კარიერებიდან და გამადნეული უბნებიდან მომდინარე შენაკადები. ხაკადის შიშართულების მიხედვით შეიძლება დადგინდეს გაჭუჭყიანების სამივე უბნები.

ძიების სლაგ-ტესტირების მიხედვით დადგენილია მდ.ფოლადურის აუზის მეოთხეული ნალექების დაბალი ფილტრაციის კოეფიციენტი და მაღალი აღსორბების უნარი, რაც განაპირობებს მათში პოლუტანტების დაგროვებას..

Study of hydrogeological structures of Madneuli by geophysical methods

G.Jashi, V.Chichinadze, T.Chelidze, G.Melikadze, Z.Amilakhvari
D.Kitovani, G.Dzotsenidze, A.Revazishvili, A. Tarkhnishvili

Abstract

Study of hydrogeological structures of Madneuli ore deposit area by geophysical methods. Geophysical investigations in r.Poladauri valley result in definition of crosssections of quarternary deposits, their material content and level of water saturation. Physical parameters of various layers (electrical resistivity, velocity of elastic waves) are defined, as well as their thickness. These results are in good agreement with geological data from boreholes.

Electrical prospecting allowed determination of underground water level and direction of filtration flow. Several water-saturated areas are delineated. The pollution of r.Poladauri and it's basin is connected with outlets of river that pass Madneuli carier and are mineralization areas. From direction of flow it is possible to define areas with potentially high pollution level.

Slug-tests of boreholes show that quartenary deposits of r. Poladauri basin have low hydraulic conductivity and high absorption ability, that leads to accumulation of pollutants.