



RS Global  
Journals

Scholarly Publisher  
RS Global Sp. z O.O.  
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773  
Tel: +48 226 0 227 03  
Email: editorial\_office@rsglobal.pl

<b>JOURNAL</b>	World Science
<b>p-ISSN</b>	2413-1032
<b>e-ISSN</b>	2414-6404
<b>PUBLISHER</b>	RS Global Sp. z O.O., Poland
<b>ARTICLE TITLE</b>	FEATURES OF FORMATION AND SEARCH FOR GROUNDWATER IN VOLCANIC REGIONS (BASED ON COMPREHENSIVE STUDIES OF THE DRAINAGE BASINS OF MOUNT ARAGATS MASSIF, RA)
<b>AUTHOR(S)</b>	Ani Gevorgyan, Robert Minasyan
<b>ARTICLE INFO</b>	Ani Gevorgyan, Robert Minasyan. (2024) Features of Formation and Search for Groundwater in Volcanic Regions (Based on Comprehensive Studies of the Drainage Basins of Mount Aragats Massif, RA). <i>World Science</i> . 3(85). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30092024/82181
<b>DOI</b>	<a href="https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092024/82181">https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092024/82181</a>
<b>RECEIVED</b>	01 July 2024
<b>ACCEPTED</b>	16 September 2024
<b>PUBLISHED</b>	18 September 2024
<b>LICENSE</b>	 This work is licensed under a <b>Creative Commons Attribution 4.0 International License</b> .

© The author(s) 2024. This publication is an open access article.

# FEATURES OF FORMATION AND SEARCH FOR GROUNDWATER IN VOLCANIC REGIONS (BASED ON COMPREHENSIVE STUDIES OF THE DRAINAGE BASINS OF MOUNT ARAGATS MASSIF, RA)

**Ani Gevorgyan**

PhD, Researcher, A. Nazarov Institute of Geophysics and Engineering Seismology, Gyumri, Armenia

**Robert Minasyan**

Prof., A. Nazarov Institute of Geophysics and Engineering Seismology, Gyumri, Armenia

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/30092024/82181](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092024/82181)

---

## ARTICLE INFO

**Received:** 01 July 2024

**Accepted:** 16 September 2024

**Published:** 18 September 2024

## KEYWORDS

Groundwater, Volcanic Regions, Relief, Hydrogeology, Specific Electrical Resistance.

## ABSTRACT

Numerous targeted studies have been conducted in many regions of volcanism due to the exploitation of the Earth's natural heat, the use of thermal springs, and the search for mineral resources. Scientific and practical tasks are solved, in particular, during exploration and prospecting for water to meet water supply and irrigation needs. Increasing the efficiency of surveys and the reliability of the results obtained requires the improvement of search methods and techniques. Solving problems in volcanic regions is complicated by the fact that the sought-after marker horizons are mainly hidden under a thick cover of lava flows and sheets. This circumstance particularly necessitates the use of a combination of various research methods during water exploration and prospecting.

---

**Citation:** Ani Gevorgyan, Robert Minasyan. (2024) Features of Formation and Search for Groundwater in Volcanic Regions (Based on Comprehensive Studies of the Drainage Basins of Mount Aragats Massif, RA). *World Science*. 3(85). doi: 10.31435/rsglobal\_ws/30092024/82181

---

**Copyright:** © 2024 Ani Gevorgyan, Robert Minasyan. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

---

## Введение.

Известно, что ресурсы подземных вод вулканических областей формируются, главным образом, за счет инфильтрации атмосферных осадков, конденсирующейся влаги и в целом наблюдается зональность в их распределения [1,5]. Отклонения возникают, в частности, под влиянием отдельных локальных факторов: фильтрационных потерь из высокогорных водохранилищ и орошения, наличия тектонических нарушений по которым происходит поступление напорных, высокоминерализованных и термальных вод.

## 1. Обобщенная физико-гидрогеологическая модель вулканических сооружений.

Рассматриваемая модель представляется, как водовмещающая ёмкость подземных вод и по аналогии с известными физико-геологическими моделями (ФГМ) нами они названы физико-гидрогеологическими моделями (ФГТМ). В основу формирования таких моделей приняты водно-физические и петрофизические свойства пород, характеризующих области питания, стока и разгрузки подземных вод (рис. 1).

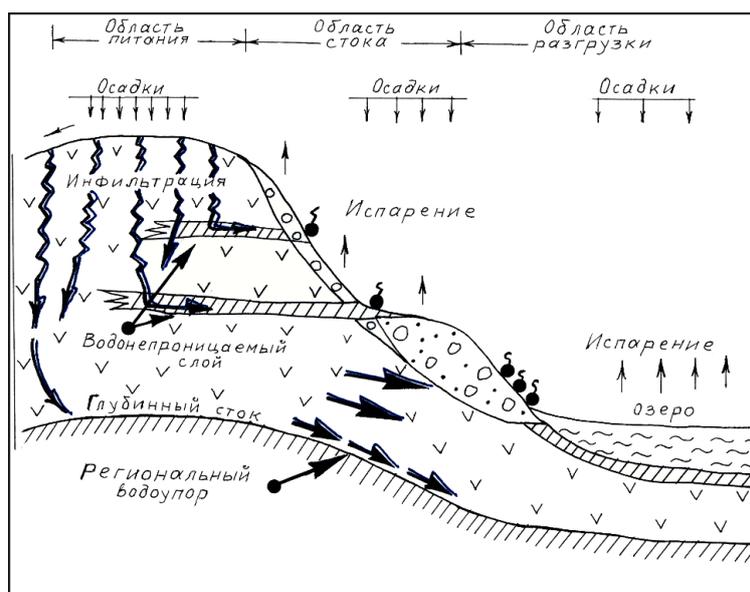


Рис. 1. Схема ФГГМ вулканических сооружений.

Модель ФГГМ - 1 - характеризует высокогорную область вулканического сооружения. В площадном отношении это водораздельные районы, где практически отсутствуют или маломощны наносные образования, и основная часть атмосферных осадков и конденсационная влага, через трещиноватые и пористые лавы, проникают вглубь, образуя глубинный сток.

Модель ФГГМ-2 - характеризует среднегорные и предгорные районы и в гидрогеологическом отношении представляет область транзита (стока) подземных вод. Исследования в этой области направлены на изучении распределения глубинного стока с выделением меж- и подлавовых водотоков.

Модель ФГГМ - 3 - характеризует область накопления и разгрузки подземных вод. Это межгорные котловины с безнапорно-напорными водоносными горизонтами. Литологический разрез области представлен надлавыми аллювиально-делювиально-пролювиальными и региональными подлавыми отложениями.

## 2. Возможности и особенности применения гидрогеофизических методов при изучении подземных вод.

Место и задачи гидрогеофизических исследований при изучении подземных вод вулканических сооружений определяются стадией и назначением проводимых работ. Выяснение общих закономерностей формирования подземных вод, оценка водоносности территории осуществляются на стадии региональных исследований с широким привлечением результатов палеогеоморфологических исследований и дешифрирования аэрокосмофотоснимков [2,3,6]. Основными задачами являются: 1) картирование рельефа подлавого регионального водоупора; 2) выделение и прослеживание межлавовых водотоков; 3) оценка водно-физических характеристик лавовых пород; 4) детализация гидрогеологических условий участков перехвата подземных вод и определение мест намечаемых водозаборов, в особенности на относительно высоких гипсометрических отметках.

Анализ обобщенной ФГГМ вулканических сооружений показывает, что доминантным физическим свойством, наиболее контрастно отражающим гидрогеологические особенности территории, являются электрические свойства пород.

## 3. Методика определения удельных сопротивлений лав и закономерности их изменения в пространстве.

Обработка полевых кривых электроразведки выполняется поэтапно. На предварительном этапе с помощью известных компьютерных программ для каждого пункта

зондирования определяется  $\rho$  лавовых пород. Полученные сопротивления считаются случайными величинами, т.е. ни одно из них не является достоверным значением искомой величины  $\rho$ . В данном случае интерес представляет не отдельные, частные значения сопротивления лавовых пород, а общие закономерности их распределения на площади [4,9].

Предполагается, что изменения электросопротивления лавовых пород подчиняется нормальному или логнормальному закону распределения и строится график накопленных частот. Основные параметры распределения -  $\rho$  (среднее арифметическое значение) и  $\sigma_{\rho_i}$  (стандарт или квадратичное отклонение величины  $\rho_i$  от  $\rho$ ) вычисляются на основании построения кривых накопленных частот  $\rho = f(\rho_i)$  на вероятностной бумаге. Полученные наиболее вероятные значения  $\rho$  лав закрепляются за отдельными участками, и с учетом возможных пределов их изменения, выполняется окончательная количественная интерпретация.

Данный способ обработки кривых зондирования нами использован при решении картировочных гидрогеологических задач во многих вулканических районах Армении.

#### **4. Учет особенностей геоэлектрических разрезов вулканических сооружений.**

##### **4.1. Установление связи между современными и древними (погребёнными) рельефами.**

Рассматриваемый вопрос является одним из важных при гидролого-гидрогеологических исследованиях в вулканических областях. Его решение позволяет определить ряд практических задач по установлению распределения подземного стока отдельных регионов. Одним из способов решения задачи является установление корреляционных связей между современными и древними водоразделами. В условиях сложного палеорельефа и его мало-изученности установить эту связь в аналитической форме сложно. Поэтому для практического решения задачи по установлению связи между палео- и современными рельефами  $H_n=f(H_c)$  составляются корреляционные графики и определяется их коэффициент корреляции. Случай  $R=-1$  соответствует связи поверхностей при обращённом палеорельефе, при  $R=+1$  наблюдается полное соответствие (унаследованность) исследуемых рельефов и при  $R=0$  – имеется отсутствие унаследованности. Полученные связи используются при решении поставленных поисково-картировочных задач.

##### **4.2. Выделение и прослеживание межлавовых водоносных и водоупорных горизонтов.**

Задача выделения межлавовых водотоков одна из сложных. В ряде случаев, хотя они находятся на небольших (до 100 м) глубинах, но их малая мощность и экранирование полей приповерхностными физико-геологическими неоднородностями не позволяют их выделение. При решении рассматриваемой задачи нами дополнительно используются другие модификации электрозондирования. В частности в состав комплекса методов включено зондирование становления в ближней зоне (ЗСБ) [8]. Известно, что обработка данных ЗСБ заключается в пересчете полученных на различных временах задержки значений ЭДС в значения кажущегося сопротивления пород. На рис. 2 приведен пример выделения межлавового водоносного горизонта в пределах Арагацкого вулканического массива (Армения). На рассматриваемой кривой ЗСБ водоносный горизонт установлен на глубине 110 метров, что подтверждено пробуренной здесь скважиной.

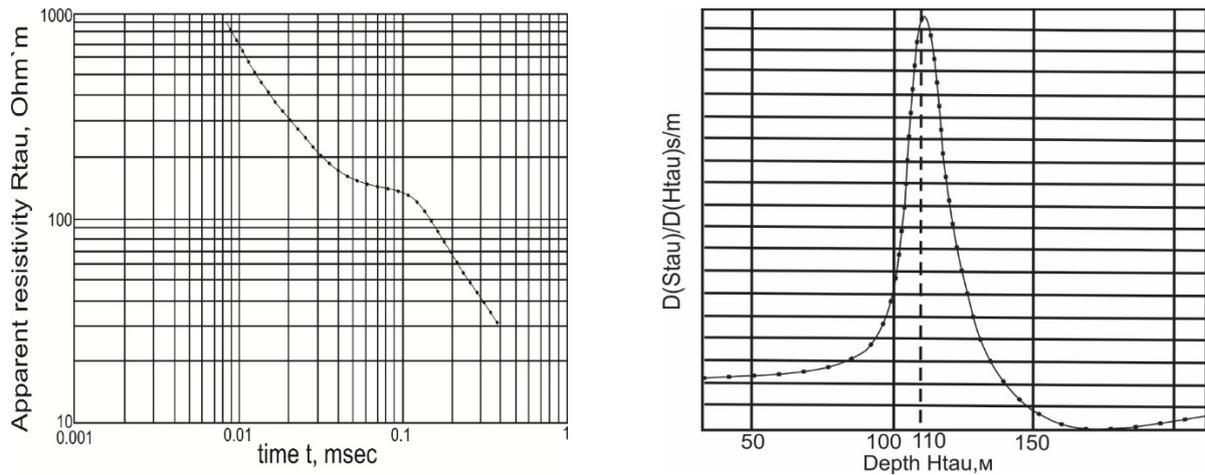


Рис. 2 Пример выделения маломощного водоносного горизонта в лавовых образованиях методом зондирования становления в ближней зоне (ЗСБ).

Из дифференциальных модификаций метода зондирования нами используется также зондирование методом вычитания полей (ЗМВП), разработанного для практики Б.И. Рабиновичем с использованием при расчетах известной формулы А.А. Петровского [7]:

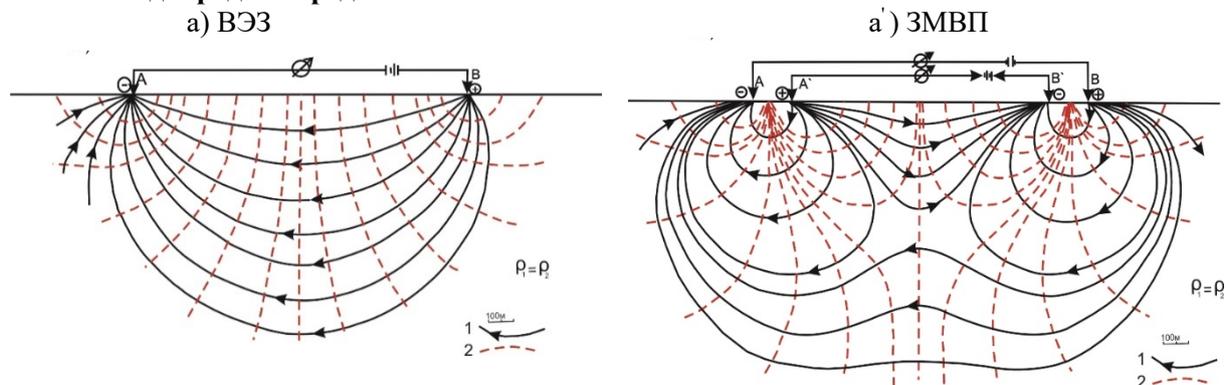
$$p^T = dl/d(l/p_k), \quad (1)$$

Для полевых исследований она представлена в следующем виде:

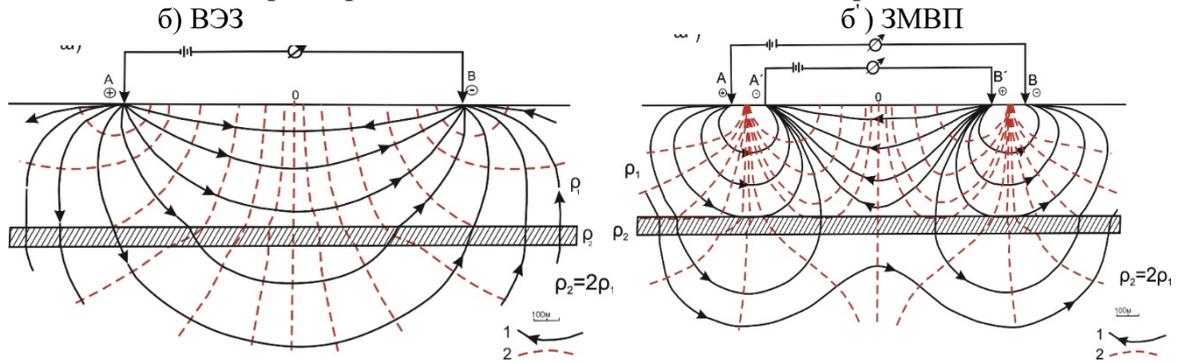
$$\rho_k^T = k^T \frac{\Delta V_1 \Delta V_2}{l_2 \Delta(\Delta V)}, \quad (2)$$

где  $\Delta(\Delta V) = \Delta V_1 - \Delta V_2$ , - разность потенциалов, измеренные соответственно при большой ( $\Delta V_1$ ) и малой ( $\Delta V_2$ ) питающих линиях (АВ),  $k^T$  - коэффициент установки. Непосредственное измерение величины  $\Delta(\Delta V)$  уменьшает ошибки в их определении, что приводит к сужению области влияния известного принципа эквивалентности. С целью получения представления о структуре электрического поля метода ЗМВП и ее сравнительной характеристики с симметричным электротондированием нами выполнено в частности физическое моделирование. Исследовано распределение электрического поля для трех сред: 1) однородной; 2) с маломощным проводящим горизонтом; 3) с относительно высокоомным горизонтом. Сопоставление распределения токовых и эквипотенциальных линий электрических полей, методов ВЗЗ и ЗМВП показаны на рис 3 а, б и а', б', в'.

### 1. Однородная среда:



## 2. Наличие в среде сравнительно мощного водоносного горизонта:



## 3. Наличие в среде сравнительно маломощного проводящего горизонта:

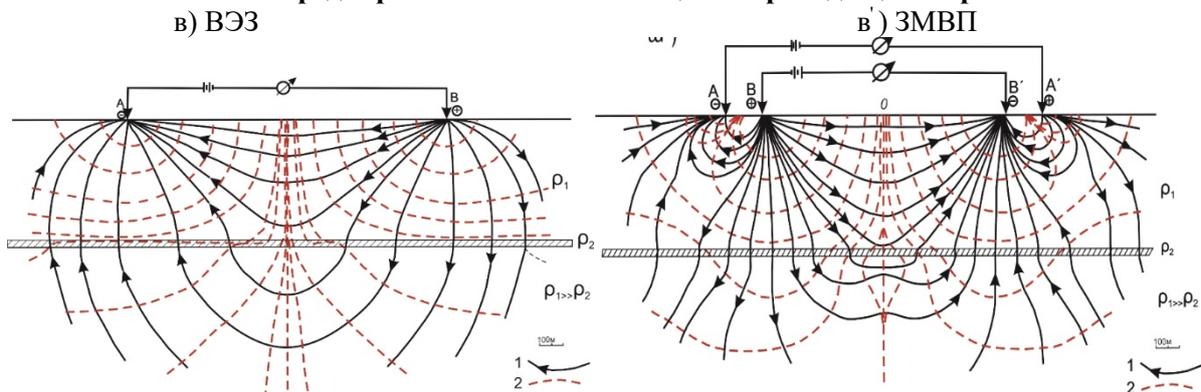


Рис.3,а,б,в. Распределение электрического поля двух точечных источников методов ВЭЗ (а,б,в) и ЗМВП (а',б'в'): а,а' -  $\rho_1 = \rho_2$ ; б,б' -  $\rho_2 = 2\rho_1$ ; в,в' -  $\rho_1 \gg \rho_2$ ; 1- токовые линии, 2-экипотенциальные линии.

Анализ распределения электрических полей подтверждает, что на одних и тех же глубинах плотность тока в методе ЗМВП намного больше, чем при ВЭЗ. Главным образом именно это обстоятельство делает метод ЗМВП намного эффективнее, чем метод ВЭЗ, в особенности, при выделении маломощных вулканических водоносных горизонтов.

Для количественных расчетов кривых ЗМВП нами используется также приближенный способ интерпретации. С этой целью составляются соответствующие кумулятивные графики. По точкам излома графиков оцениваются глубины поверхностей раздела слоев, что позволяет в частности выделить маломощные слои с приемлемой точностью, в особенности, при исследованиях глубин до 100-150м. Пример сопоставления полевой и трансформированной кривых ЗМВП и ВЭЗ приведен на рис. 4.

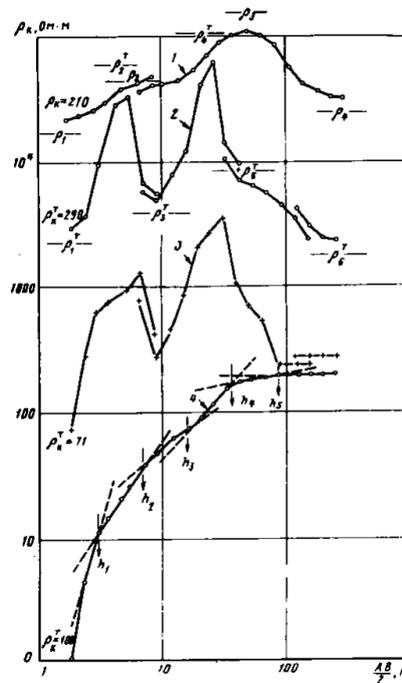


Рис.4 Сопоставление результатов интерпретации кривых ВЭЗ и ЗМП при выделении маломощных лавовых горизонтов

1-наблюденная кривая ВЭЗ. Кривые ЗМП: 2- наблюдаемая; 3- трансформированная; 4-кумулятивная (расчетная с использованием данных кривой ВЭЗ).

При поисках подземных вод в вулканических районах нами впервые использован метод предложенный китайскими специалистами, названным методом выбора частоты (МВЧ) естественного электрического поля [9]. В данном методе измеряется электрическое составляющее электромагнитного поля распространяющееся в ионосфере. Исследуемое поле определяется известным уравнением Максвелла:

$$\rho_s = \frac{1}{5f} \left( \frac{E_x}{E_y} \right)^2 \quad (3),$$

где  $\rho_s$ - удельное электрическое сопротивление среды,  $f$ - рабочая частота,  $E_x$ ,  $E_y$  - соответственно электрическое и магнитное составляющие поля. Учитывая ограниченность исследуемых площадей магнитная составляющая поля считается постоянным. Глубина проникновения в землю рассматриваемого поля определяется по выражению

$$\delta = 503.3\rho f \quad (4)$$

Когда изучаемая частота постоянна, то чем больше удельное сопротивление среды, тем больше глубина исследования. При постоянном удельном сопротивлении изучаемая глубина регулируется в зависимости от используемой частоты. Следовательно, можно увеличить глубину исследования путем изменения рабочей частоты. Рассматриваемый геофизический метод нами использован при решении гидрогеологических задач, в особенности, там где имелись сложные и ограниченные рельефные условия. На рис. 5 приведен пример, исследования выполненного на участке с. Карби. Здесь у пикета 14 выделяется аномалия естественного электрического поля, связанная с наличием межлавого водоносного горизонта, подтвержденного пробуренной скважиной. Учитывая эффективность применения данного метода, в особенности при поисках межлаговых водоносных горизонтов в сложных рельефных условиях, он включен в комплекс используемых нами геофизических методов.

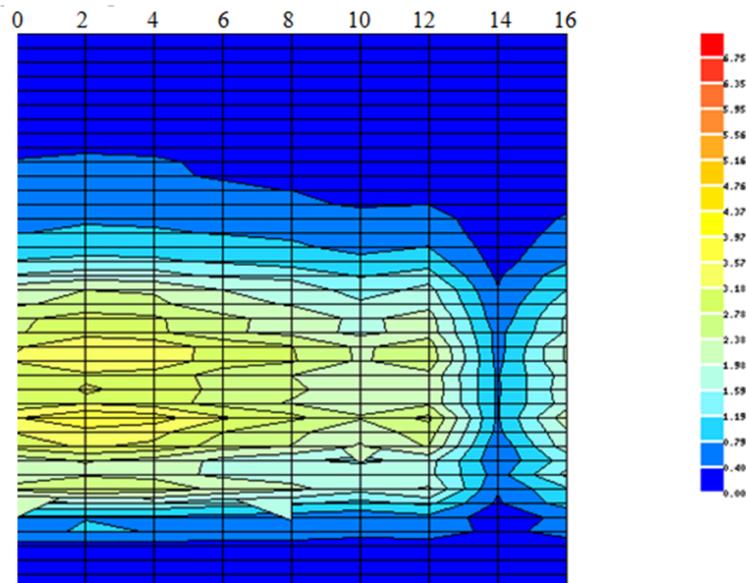


Рис 5. Результат исследования методом выбора частоты (МВЧ), полученный у скважины с. Карби. Водоносный горизонт установлен в районе ПК 14.

### 5. Результаты практических исследований, выполненных в пределах водосборных бассейнов вулканического массива горы Арагац.

Типичным примером научно-методических и практических исследований являются результаты работ, выполненных в пределах водосборных бассейнов массива горы Арагац. Несмотря на изученность этой территории применение разработанного комплекса геофизических методов позволило получить новые и дополнительные данные о гидрогеологическом строении ее отдельных водосборных бассейнов (рис. 6)

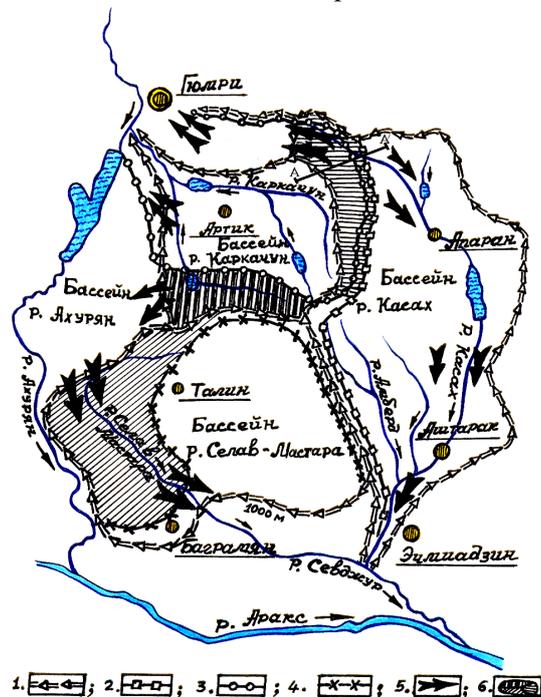


Рис. 6. Карта-схема современных и погребенных водосборных бассейнов массива горы Арагац. 1. современный водораздел; 2,3,4. палеоводоразделы бассейнов рек Касах, Каркачун, Ахурян, Селавамастара; 5. основные направления движения подземных вод; 6. территории, где установлены инверсии современных и погребенных рельефов.

### 5.1. Водосборный бассейн р. Касах.

Геоморфолого-гидрогеологические условия рассматриваемого бассейна характеризуются широким распространением здесь трещиноватого эффузивного чехла, наличием на севере обширной Апаранской котловины, и одноимённого водохранилища, а также особенностями строения подлавого водоупорного рельефа. Несмотря на огромную водосборную площадь и благоприятную природную обстановку для формирования и движения подземных вод, здесь суммарный дебит многочисленных родников незначителен. Это объясняется тем, что большая часть инфильтрационных вод дренируются отдельными погребёнными долинами. Исходя из характера рельефа регионального водоупора распределение подземного стока представляется следующим образом (рис. 6). К югу подземные воды современного бассейна р. Касах двигаются, главным образом, по отдельным погребённым долинам. Одна из крупных долин проходит по направлению гг. Апаран- Аштарак т.е., примерно параллельно современному руслу реки Касах. Исходя из ее географического положения погребений водоток назван р. Палеокасах.

Движение подземных вод на юг происходит по погребённым долинам. Здесь по данным гидрогеофизических работ, доказано существование погребённого бассейна грунтовых и напорных вод. Пробуренные здесь скважины вскрыли подземные воды с редким для массива горы Арагац гидравлическим напором: первый слабонапорный (или грунтовый) водоносный горизонт установлен на глубине 30-40 м, а второй, напорный - вскрыт на глубине 180-220 м.

### 5.2. Водосборный бассейн р. Каркачун.

Сопоставление современных и погребённых рельефов бассейна р. Каркачун показало что имеется их географическое несовпадение (инверсия). В частности это установлено на стыке бассейнов рек Каркачун и Касах площадью около 95 км<sup>2</sup> (рис 6). Здесь уклон современного рельефа направлен на восток, тогда как склоны палеорельефа (регионального водоупора) имеют уклон на запад. Образующийся на этой площади глубинный сток, величиной около 24,3 млн. м<sup>3</sup>/год (или 0,8 м<sup>3</sup>/с), из водосборного бассейна р. Касах поступает в бассейн р. Каркачун. Еще одна площадь несоответствия установлена в юго-западной части бассейна. Здесь формируется глубинный сток, равным 45,6 млн. м<sup>3</sup>/год (или 1,3 м<sup>3</sup>/с), который по рельефу регионального водоупора поступает в бессточный бассейн Арагацкого массива (южные склоны). Величина глубинного стока бассейна р. Каркачун, формирующегося за счёт подземных вод Арагацкого массива, оценивается 5,5м<sup>3</sup>/с.

### 5.3. Водосборные бассейны рек Селавмастера-Ахурян.

Составленная сводная карта палеорельефа западной части массива горы Арагац (рис.6) позволяет сделать выводы о пространственной связи между палео- и современными водоразделами бассейнов рек Селавмастера и Ахурян. По вновь полученным данным величина водосборной площади бассейна р. Селавмастера составляет  $S_{сов} = 1458,3 \text{ км}^2$ . В западной части этой территории установлено различие (инверсия) палео- и современного рельефов вследствие чего поверхностный водосбор, площадью 558км<sup>2</sup>, принадлежит бассейну р. Ахурян. Отмеченное обстоятельство учтено при водно-балансовых расчётах. По данным комплексных гидрогеолого-гидрогеофизических исследований, по известной формуле Дарси, для обнаруженных погребённых долин оценены величины их расходов и определены места сосредоточенного отбора подземных вод.

Результаты комплексных исследований, полученных для вулканического массива горы Арагац являются примером эффективного применения гидрогеофизических методов для решения гидрогеологических задач.

### Результаты выполненных исследований.

Накопленный к настоящему времени опыт комплексных работ свидетельствует о больших потенциальных возможностях и высокой геолого-экономической эффективности применения палеогеоморфологических, аэрокосмических и гидрогеофизических методов при изучении подземных вод вулканических областей.

- Рассмотренные в работе методические разработки направлены на усовершенствование методики комплексных полевых работ и интерпретации полученных гидро-геофизических данных. Сформулированы основные задачи, которые могут быть решены по изучению закономерностей формирования и распространения меж- и подлавовых водотоков.

- Электроразведка является наиболее информативным гидро-геофизическим методом при поисково-разведочных работах на воду. Методика полевых исследований основана на сочетании различных модификаций методов зондирования (ВЭЗ, ДЭЗ, ЗМПВ, ЗСБ) и их комплексирование с палеогеоморфологическими, гидрогеологическими и аэрокосмическими методами.

- Важным является установление связей между современным и погребенным рельефами, гидрогеофизическими и водно-физическими свойствами вулканических пород

В качестве практического примера рассмотрены результаты комплексных исследований, выполненных в пределах водосборных речных бассейнов Арагацского вулканического массива.

## REFERENCES

1. Антыпко Б.Е. Гидрогеологические емкости горно-складчатых областей СССР. Москва, Недра, 1986.
2. Бальян С.П. Структурная геоморфология Армянского нагорья. – Ереван: изд. ЕГУ, 1969.
3. Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Классификация подземных вод и горных пород - основа гидрогеологического картирования и районирования. В кн. „Проблемы гидрогеологического картирования и районирования, - Л., 1971.
4. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. Авт. Р.С.Минасян. - Москва, Недра, 1989.
5. Пиннекер Е.В. Проблемы региональной гидрогеологии (закономерности распространения и формирования подземных вод).- Москва, Наука, 1977.
6. Садов А.В. и др. Аэрокосмические методы поисков подземных вод. Москва, Недра, 1985.
7. Рабинович Б.И., Михайлов Ю.Я., Некоторые вопросы дифференциальных преобразований кривых ВЭЗ. АН СССР, Сибирское отделение. Геология и геофизика, N3, 1991.
8. Электрическое зондирование геологической среды. Под ред. В. К. Хмелевского, В. А. Шевнина. - Москва: Изд-во МГУ, ч. I 1988, ч. II 1992.
9. PQWT Water Detector Operation and Analysis. In H. P. G. E. E. Institute (Ed.). Changsha, Hunan, China.