


Результаты исследований подземных вод отдельных вулканических регионов (на примере Арагацкого вулканического массива Республики Армения)

В.П. Варданян  

 v.vardanyan@ysu.am

Ереванский государственный университет, г. Ереван, Армения

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Главными бассейнами пресных вод в Армении считаются оз.Севан, артезианский бассейн Арагатской долины и Арагацкий вулканический массив. Арагац является одним из основных носителей пресных подземных вод Республики Армения и пресной воды для столицы Армении – г. Еревана, что делает изучение пресных вод данного бассейна чрезвычайно актуальной и насущной темой для исследований в области гидрогеологии и инженерной геофизики. **Методы.** Для научно обоснованного решения проблемы освоения подземных вод вулканических регионов Армянского нагорья интерпретированы и обобщены данные многолетних (комплексных) исследований, выполненных в вулканических регионах, в частности, Арагацском массиве. Для Арагацкого массива по данным геофизических исследований методом вертикального электрического зондирования и данным буровых скважин составлена карта рельефа регионального водоупора (палеорельефа) в масштабе 1:50 000, на которой выделены глубины подземных стоков, их территориальное распределение, а также подземные водные бассейны. **Результаты.** По итогам исследования формирования, движения и распространения подземных вод Арагацкого массива составлена физико-гидрогеологическая модель массива. Многие особенности данной физико-гидрогеологической модели являются общими для большинства вулканических регионов. Выявленные закономерности зональности в распределении геоэлектрических параметров и комплексный подход при обработке геофизических данных позволили получить объективный и достоверный картографический материал по распределению подземных водных ресурсов основных бассейнов массива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вулканический массив, подземные воды, родники, атмосферные осадки, область питания, область стока, область разгрузки, геофизические методы.


© Варданян В.П., 2021

Для цитирования: Вardanyan В.П. Результаты исследований подземных вод отдельных вулканических регионов (на примере Арагацкого вулканического массива Республики Армения) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 6. С. 30–42. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-6-2.

Дата поступления 24.02.2021.

The results of the study of groundwater in selected volcanic regions. (The aragats volcanic massif in the republic of armenia as a study case)

Vagram P. Vardanyan  

 v.vardanyan@ysu.am

Yerevan State University, Department of Geophysics, Yerevan, Armenia

ABSTRACT

Significance. Lake Sevan, the artesian basin of the Ararat valley and the Aragats volcanic massif are considered the main freshwater basins in the Republic of Armenia.

Aragats is one of the main carriers of fresh groundwater in the Republic of Armenia. In addition, the Aragats mountain range is one of the main fresh water basins for the capital of Armenia, Yerevan. This makes the study of fresh waters in this basin an extremely relevant and urgent topic for research in the field of hydrogeology and engineering geophysics.

Methods. For a scientifically substantiated solution to the problem of groundwater development in the volcanic regions of the Armenia highlands, we have reinterpreted and generalized the data of long-term comprehensive studies carried out in the volcanic regions, in particular in the Aragats massif. According to geophysical surveys by the method of vertical sounding (VES) and data from boreholes, we have compiled a relief map of the regional water confinement (paleo relief) on a scale of 1 to 50.000 for the Aragats massif.

Results. The formation of movement and distribution of underground waters of the Aragats massif are considered in sufficient detail resulting in a physical hydrogeological model of the massif. Many features of the physical-geological model are common to most volcanic regions, including the Aragats massif. The revealed patterns of zoning in the distribution of electrical parameters and an integrated approach to processing geophysical data made it possible to obtain objective and reliable cartographic material on the distribution of groundwater resources in the main basins of the massif.

Keywords: volcanic, massif, highland, groundwater, springs, precipitation, recharge area, drain area, discharge area, paleo relief map, geophysical methods.

For citation: Vardanyan V.P. The results of the study of groundwater in selected volcanic regions (the Aragats volcanic massif in the Republic of Armenia as a study case. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2021. No. 6. P. 30–42. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-6-2.

Received February 24, 2021.

ВВЕДЕНИЕ

Арагацкий горный массив является одним из трех бассейнов пресной воды Республики Армения, наряду с артезианскими бассейнами Араратской долины и оз. Севан. Исследование подземных вод Арагацкого массива – чрезвычайно актуальная для социально-экономического развития республики задача, т. к. он является одним из основных бассейнов пресной воды для водоснабжения г. Еревана, где сосредоточена почти половина населения страны.

Интерес к вопросам формирования подземных стоков Арагацкого горного массива стал нарастать в 1960-х годах в связи с ростом населения столицы и ее территориального расширения. В последующие годы этими задачами занимались специалисты геологического управления Армянской ССР [1]. Самые современные исследования в этой области проведены в конце 1990-х – начале 2000-х годов.

В рамках данной работы поставлена задача построения карты регионального водоупора (палеорельефа), которая позволит определить пути распределения подземных стоков, зоны нахождения подземных водных бассейнов, а также зоны смещения современного и палеорельефа. Решение поставленных задач позволит в перспективе более точно наметить точки бурения гидрогеологических скважин.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Новейшие тектонические движения на Малом Кавказе сопровождались вулканической и вулканотектонической деятельностью, в результате которых образовались вулканические сооружения и крупные межгорные впадины. Грандиозные излияния лав создали Армянское вулканическое нагорье с развитыми эффузивными образованиями – от базальтов до дацитов. Вулканические хребты и плато занимают более половины территории Республики Армения, простираясь от Джавахетского нагорья на северо-западе до Сюникского – на юго-востоке. Собственно Центральное вулканическое нагорье Армении геоморфологически разделяется на три основных морфоструктурных типа [2]:

- щитовидные массивы на гетерогенном пенепленизированном основании складчато-глыбовых структур;
- лавовые покровы, развитые на слаборасчлененном основании полого-складчатых и разбитых сбросами структур;
- литоскульптурные и лавовые денудационные плато, сложенные полого-складчатым вулканогенно-обломочным комплексом.

К первому типу относятся крупные вулканические массивы, деформированные тектоническими движениями и подверженные воздействию де-

струкции, ко второму – плато и плоскогорья, бронированные мощным покровом лав плиоцен-четвертичного периода, к третьему типу – отдельные площади, где глубоким денудационным срезом вскрыто основание эффузивного комплекса антропогена [3].

Вследствие интенсивной трещиноватости лавовых пород выпадающие атмосферные осадки большей частью (примерно до 70 %) инфильтруются вглубь и формируют в межлавовых контактовых горизонтах водообильные потоки [4–6]. Последние выходят на поверхность в виде мощных групп родников с расходом 0,1–20 м³/с и сплошных зон разгрузки, оконтуривая кромку различных покровов лав. На сравнительно небольшой территории Армении насчитывается свыше 9 тыс. выходов пресных и минеральных вод, однако распределение их по площади и по вертикальным зонам крайне неравномерно. В вулканических регионах страны проведен значительный объем гидрогеологических исследований по выяснению закономерностей формирования и распространения подземных вод [7].

На основании выполненных геофизических и гидрогеологических исследований получены важные результаты по изучению природных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод территории Арагацского массива. На современном этапе развития гидрологических, гидрогеологических и геофизических исследований многие вопросы, связанные с формированием, поиском и оценкой водных ресурсов, считаются решенными.

Территории Центрального вулканического нагорья Армении, куда входит Арагацкий массив, свойственны все черты многообразия природных условий горных областей. В гидрогеологическом отношении эта территория представляет высоко приподнятую область, которая преимущественно относится к гидродинамической зоне интенсивного подземного стока, где возобновление ресурсов подземных вод происходит сравнительно быстро в связи с близостью расположения областей формирования, накопления и дренирования. Питание подземных вод осуществляется, главным образом, за счет инфильтрации талых вод, особенно в высокогорных районах, где температурный режим способствует медленному таянию снежного покрова [8, 9].

Согласно составленной физико-гидрогеологической модели в пределах вулканических нагорий можно выделить следующие гидродинамические зоны: зона питания, транзита (стока) и накопления (разгрузки) подземных вод (рис. 1). Граница гидродинамической зоны питания совпадает с границей области с положительным балансом влаги, где происходит инфильтрация атмосферных осадков и формирование подземных вод. Основная часть формирующегося стока разгружается на поверхность в виде мощных

родников или дренируется речной сетью, остальная часть в виде глубинного стока уходит на питание родников и артезианских бассейнов гипсометрически ниже расположенных гидродинамических зон. К зоне питания относятся складчатые высокогорные области Арагацкого и других нагорий. Направление движения формирующихся здесь подземных вод определяется морфологией погребенного под лавами рельефа.



Гидродинамическая зона транзита граничит непосредственно с зоной питания. В пределах этой зоны вследствие отрицательного баланса влаги в годовом разрезе формирование подземного стока происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. К зонам транзита относятся подножья вышеуказанных горных хребтов. Здесь движение подземных вод происходит, в основном, по водовмещающим породам, часть которых разгружается в виде сосредоточенных родников, а другая – дренируется руслами рек. Общий сток этой зоны направлен в гипсометрически ниже расположенную гидродинамическую зону накопления или разгрузки.

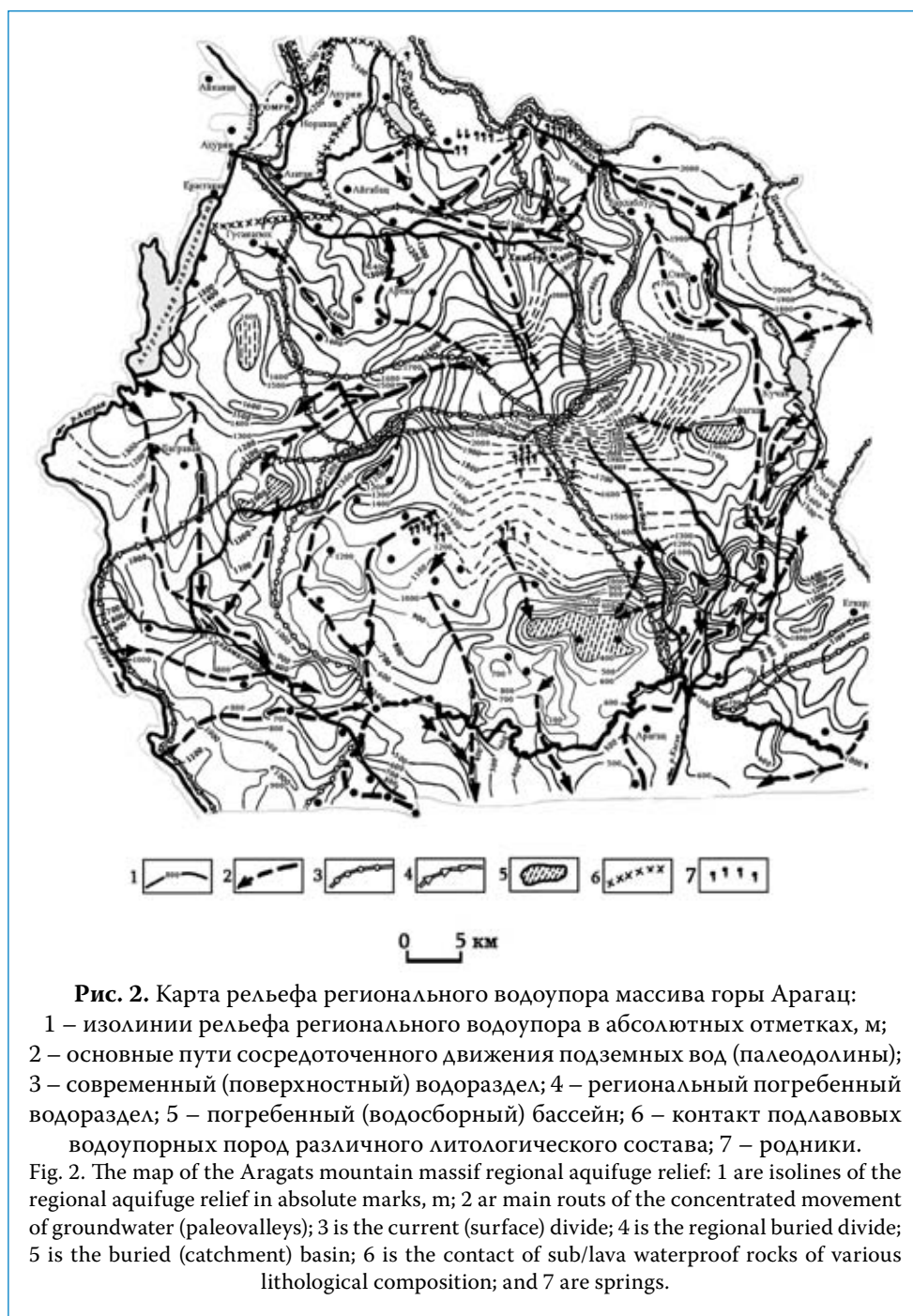
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для научно обоснованного решения проблемы освоения подземных вод вулканических регионов Армянского нагорья в ходе данной работы были интерпретированы и обобщены данные многолетних (комплексных) исследований, выполненных в таких вулканических регионах, как Арагацский массив.

Для Арагацкого массива по данным геофизических исследований методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и буровых скважин составлена карта рельефа регионального водоупора в масштабе 1:50 000 (рис. 2).

Вопросы формирования, движения и распространения подземных вод Арагацкого массива рассмотрены достаточно подробно, т. к. Арагац является одним из основных носителей пресных подземных вод Армении, а многие особенности физико-гидрогеологической модели этого массива характерны для большинства вулканических регионов [10–12]. Вулканический массив Арагац представляет собой огромный вулканический щит площадью около 3000 км², расположенный на абсолютных высотах от 1500 до 4090 м. В строении массива участвуют верхнеплиоценовые и четвертичные лавы и пирокласты, излившиеся как из центрального кратера, так и из периферических трещинных и паразитических вулканов. К основным факторам формирования подземных вод региона относятся климат, геоморфологические условия, геологическое строение территории, а также влияние водохозяйственной деятельности [13–15].

Распределение подземного стока массива горы Арагац. Несмотря на изученность массива Арагац, имеется ряд вопросов по установлению распределения и освоения его подземного стока. Согласно данным водно-балансовых расчетов, полный сток массива имеет расход примерно 25 м³/с, из них подземные воды составляют около 18 м³/с. Территориальное распределение подземных вод неравномерно: считается, что 7,42 м³/с формируется в бассейне р. Каркачун (северо-западные склоны), 6,21 м³/с – в бассейне р. Касах (восточные склоны), 4,33 м³/с распределяются в пределах бессточного бассейна и бассейна р. Селав-Мастара (соответственно, южные и западные склоны массива). На основании гидрогеофизических исследований предпринята попытка расчленения подземного стока по выделенным на рис. 3. водосборным бассейнам палеодолинам рек Касах, Каркачун, Селав-Мастара, Ахурян. Необходимо отметить, что по мере продвижения подземных вод от областей питания к областям накопления и разгрузки отчетливо прослеживается увеличение их минерализации от 80–90, 100–150 мг/л до 250–300 мг/л. Именно эта закономерность повышения минерализации подземных вод является основной причиной, обуславливающей наблюдаемое зональное изменение величин удельного сопротивления



эффузивных пород исследованного региона. Следует отметить, что сопоставление мощностей вулканических образований, полученных по данным интерпретации кривых электротондирования с разрезами буровых скважин (существовавших ранее и пробуренных на основании данных электротондирования), показывает, что их различие не превышает 10–15 % при мощностях лав в среднем 250–300 м. Это позволяет более уверенно относиться к результатам гидрогеофизических исследований и сделанным на их основе гидрогеологическим выводам [16, 17].

Выявленные закономерности зональности в распределении геоэлектрических параметров и комплексный подход при обработке геофизических данных позволили получить объективный и достоверный картографический материал по распределению подземных водных ресурсов основных бассейнов массива.

Водосборный бассейн р. Касах. Геоморфолого-гидрогеологические условия рассматриваемого бассейна характеризуются исключительно широким распространением трещиноватого эффузивного чехла, наличием на севере района обширной Апаранской котловины и одноименного водохранилища, а также особенностями подлавового водоупорного рельефа. Эффузивный чехол является основным аккумулятором атмосферных вод, которые, скапливаясь в наиболее трещиноватых и ошлакованных горизонтах лав, отдельными потоками стекают в понижения погребенного рельефа. Несмотря на огромную водосборную площадь и благоприятную природную обстановку для формирования и движения подземных вод, дебит родников здесь незначителен. Это объясняется тем, что большая часть инфильтрационных вод дренируется отдельными погребенными долинами, среди которых основной считается р. Палеокасах [18].

Распределение подземного стока регионального водоупора представлено на рис. 2. По результатам комплексных гидрогеофизических и геоморфолого-гидрогеологических исследований были пробурены скважины у населенных пунктов Назреван, Базмахпур, Карби, Арагацотн, Нигатун. Всеми скважинами вскрыты водоносные горизонты с качественной пресной водой. Скважины, пробуренные в пределах предполагаемого погребенного бассейна, т. е. на участке Назерван-Карби, вскрыли напорные воды с редким для массива горы Арагац гидравлическим напором: первый слабонапорный (или грунтовый) водоносный горизонт был установлен на глубине 30–40 м, второй, основной горизонт, вскрыт на глубине 180–220 м. Уровень стояния вод этого горизонта находится на 20–30 м ниже от поверхности земли, а одна скважина дала самоизлив с дебитом около 5 л/с. Разница в глубинах залегания регионального водоупора, по данным электротондирования и бурения, составила в среднем до 12–15 % (при глубинах 250–300 м), что подтверждает объективность сделанных выводов.

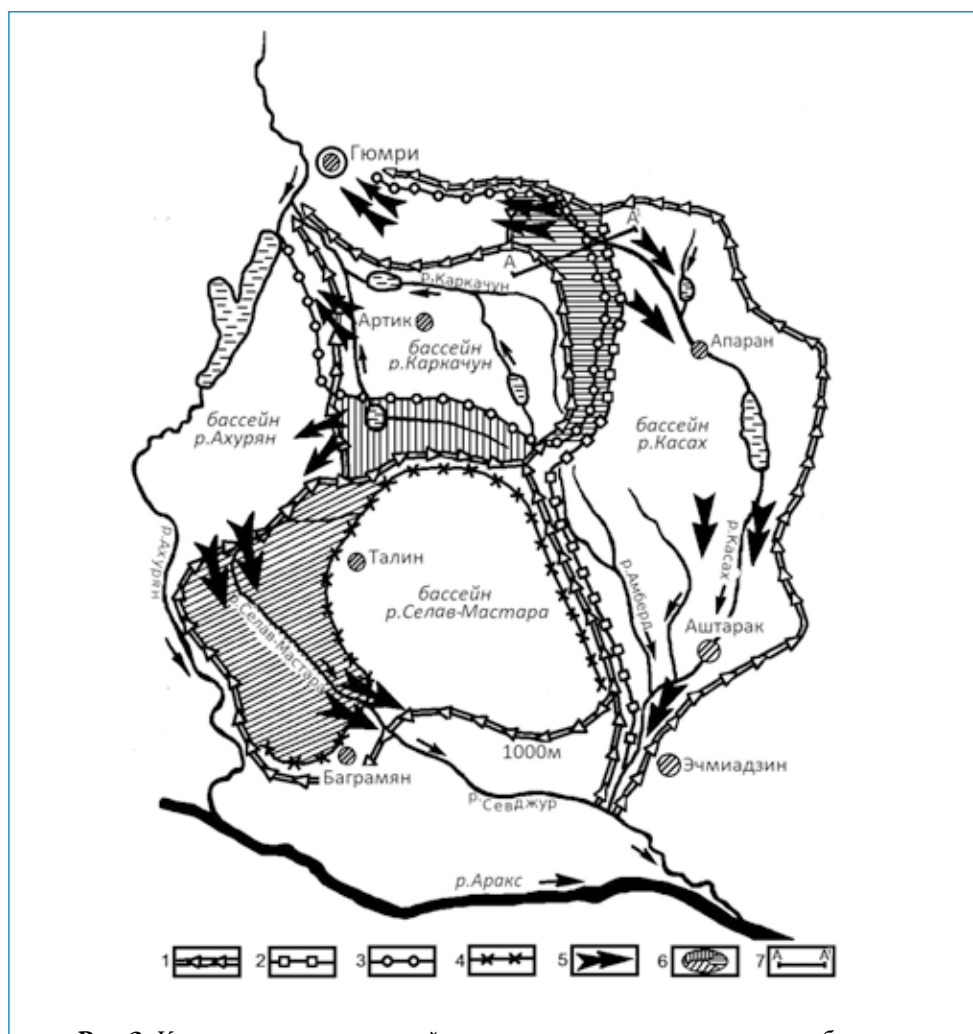


Рис 3. Картограмма территорий инверсии современных и погребенных водосборных бассейнов основных рек массива горы Арагац: 1 – современный водораздел; 2, 3, 4 – палеоводоразделы бассейнов рек Касах, Каркачун, Селавмастара; 5 – основные направления движения подземных вод; 6 – территории, где установлена инверсия рельефов; 7 – линия геофизического разреза.

Fig. 3. The schematic map of the territory of inversion of the current and buried catchment basins of the main rivers of the Aragats mountain massif: 1 is the current divide; 2, 3, 4 are the paleodivides of the Kasakh, Karkachun, and Selavmastara rivers; 5 are the main directions of the groundwater movement; 6 are the territories where the relief inversion is revealed; 7 is the line of geophysical crosscut.

Водосборный бассейн р. Каркачун. Анализ форм современных и погребенных рельефов показал их несовпадение (инверсию) на отдельных участках бассейна р. Каркачун. Эти площади отмечены, в частности, на рис. 3. Одна из них установлена на северо-восточном стыке бассейнов рек Каркачун и Касах, ее величина составляет около 95 км². Здесь уклон современного рельефа направлен на восток, тогда как склоны палеорельефа (регионального водоупора) имеют уклон на запад. Следовательно, образующийся на этой площади глубинный сток величиной около 24,3 млн м³/год (или 0,8 м³/с) из водосборного бассейна р. Касах поступает в бассейн р. Каркачун. Еще одна площадь несоответствия установлена в юго-западной части бассейна и составляет около 140 м². Здесь формируется глубинный сток, равный 45,6 млн м³/год (или 1,3 м³/с). Этот сток по рельефу регионального водоупора направляется на юго-запад и поступает, вероятнее всего, в бессточный бассейн Арагацкого массива. Таким образом, величина глубинного стока бассейна р. Каркачун, формирующегося за счет подземных вод Арагацкого массива, оценивается в 5,5 м³/с [19].

В данном случае важным следует также считать и то обстоятельство, что на рассмотренных площадях уточнены основные направления движения сосредоточенных подземных вод, что позволяет использовать эти данные при определении местоположения водозаборных сооружений (скважин).

Водосборный бассейн р. Селавмастара. Представленная сводная карта палеорельефа массива горы Арагац (рис. 3), позволяет сделать выводы о пространственной связи между палео- и современными водоразделами бассейна р. Селавмастара, о распределении в его пределах подземного стока. По контуру современного водораздела величина водосборной площади бассейна р. Селавмастара составляет 1458,3 км². В западной части этой территории установлено несовпадение палео- и современного рельефов, вследствие чего часть поверхностного (географического) водосбора площадью 558 км² по характеру палеорельефа принадлежит бассейну р. Ахурян [20].

Анализ дистанционных гидрогеофизических данных, а также материалов некоторых скважин показывают, что в пределах левобережной части р. Ахурян лавовые образования отсутствуют. Здесь водоносные горизонты представлены, в основном, гравийными и валунно-галечными образованиями. Севернее с. Айкадзор установлен локальный погребенный водораздел по направлению северо-запад – юго-восток, южнее которого наклон палеорельефа изменяется, что, соответственно, меняет направление движения подземного стока с северо-запада на юго-восток.

В целом в пределах водосборного бассейна р. Селавмастара подземный сток в северной части на участке, прилегающем к бассейну р. Ахурян, направлен в сторону современного русла реки.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие заключения. Арагацкий массив имеет вулканическое строение, что является причиной накопления, транзита и разгрузки подземных вод. Эти свойства массива отражены в составленной схеме физико-гидрогеологической модели.

Для решения поставленных задач применялся, в основном, метод вертикального электрического зондирования. По данным вертикальных электрических зондирований и буровых скважин составлена сводная карта рельефа регионального водоупора (палеорельефа) Арагацкого массива. На карте палеорельефа выделены распределения подземных стоков, а также их направления. По направлениям подземных стоков палеорельефа территория Арагацкого массива была разделена на три основных бассейна: Касахский, Каркачунский и Селав-Мастаринский. Подземные стоки Касахского бассейна направлены с северо-востока Арагацкого массива на юг. Каркачунский подземный сток направлен с северо-востока массива на запад. Подземный сток Селав-Мастаринского бассейна с северо-востока кругообразным движением направляется по западным склонам на юг. При решении поставленных задач обнаружено также смещение между современным и древним (погребенным) водоразделами, что позволило выделить смещенные зоны регионального водоупора в трех вышеуказанных речных бассейнах Арагацкого массива.

Обнаруженные зоны смещения водоразделов и направленность подземных стоков на палеорельефе дают возможность оценить водные ресурсы с минимальной погрешностью, что позволит в дальнейшем более целесообразно управлять водными ресурсами данного региона. Составленная карта позволяет точно определить места буровых скважин для решения гидрогеологических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бальян С.П. Структурная геоморфология Армянского нагорья. Ереван: Изд-во ЕГУ, 1969. 375 с.
2. Минасян Р.С. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. М.: Недра, 1989. 195 с.
3. Антыпко Б.Е. Гидрогеологические емкости горно-складчатых областей СССР. М.: Недра, 1986, 141с.
4. Геология Армянской ССР. Гидрогеология. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1974. 380 с.
5. Гидрогеология СССР. Армянская ССР. Т. XI. М.: Недра, 1965. 351с.
6. Гидрометеорологические исследования в Армении. М.: Гидрометеоиздат, 1990. Вып. 5. 180 с.
7. Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Классификация подземных вод и горных пород – основа гидрогеологического картирования и районирования // Проблемы гидрогеологического картирования и районирования. Л., 1971. С. 48–56.

8. Керкис Е.Е. Методы изучения фильтрационных свойств горных пород. М.: Недра, 1975. 231 с.
9. Пиннекер Е.В. Проблемы региональной гидрогеологии (закономерности распространения и формирования подземных вод). М.: Наука, 1977. 250 с.
10. Минасян Р.С., Варданян В.П. Палеорельеф и распределение подземного стока Центрального вулканического нагорья Армении. Ереван: Изд-во «Асохик», 2003. 151 с.
11. Келлер Р. Воды и водный баланс суши. М.: Прогресс, 1965. 280 с.
12. Толоконников И.С. Трещиноватость и проницаемость лав Армении. М., Гидропроект, 1966, Вып. 14. С. 110–119.
13. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. М.: Изд-во МГУ, 1979. 326 с.
14. Мелькановицкий И.М. Геофизические методы при поисках и разведке месторождений пресных вод. М.: Недра, 1997. 120 с.
15. Минасян Р.С., Варданян В.П. Использование ресурсов подземных вод погребённых речных долин // ЭКВАТЕК-98: сб. докладов междунар. конгресса. М., 1998. С. 199–200.
16. Мнацаканян Б.П. Водный баланс Республики Армения по гидрологическим районам высотных поясов // Мат-лы междунар. конф. «Водные проблемы – 2001». Ереван: Агронаука, 2001. С. 62–65.
17. Хмелевской В.К. Электроразведка. М.: Изд-во МГУ, 1984. 422 с.
18. Минасян Р.С., Варданян В.П. Исследование связи между современным и палеорельефами вулканических хребтов / Межгосударственное совещание XXIV пленума геоморфологической комиссии РАН по проблеме «Геоморфология гор и равнин: взаимосвязи и взаимодействие». Краснодар, 1998. С. 60–62.
19. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М.: Недра, 1983. 356 с.
20. Оганезов Г.Г. Подземные воды Араратской котловины. Ереван, 1957. Т. 1. 163 с.

REFERENCES

1. Balyan S.P. Structural geomorphology of the Armenian Highland. Yerevan: YSU Publishing House, 1969, p. 375 (in Russ.).
2. Minasyan R. S. Study of underground waters of the volcanic regions by geophysical methods. Moscow: Nedra, 1989, p.195 (in Russ.).
3. Antypko V. E. Hydrogeological capacities of the mountain-folded regions of the USSR. Moscow: Nedra, 1986, p. 141 (in Russ.).
4. Geology of the Armenian SSR. Hydrogeology. Yerevan: Publishing House of the Armenian SSR, vol. VIII, 1974, p. 380 (in Russ.).
5. Hydrogeology of the USSR. The Armenian SSR. Moscow, Nedra, vol. XI, 1965, p. 351 (in Russ.).
6. Hydrometeorological research in Armenia, issue 5. Moscow: Gidrometeoizdat, 1990, p. 180 (in Russ.).
7. Zaitsev I. K., Tolstikhin N. I. Classification of underground waters and rocks as the basis of hydrogeological mapping and zoning. Problemy gidrogeologicheskogo kartirovaniya b rayonirovaniya, [*Problems of hydrogeological mapping and zoning*]. L., 1971, p. 48-56 (in Russ.).

8. Kerkis E. E. Methods for studying the filtration properties of rocks. Moscow: Nedra, 1975, p. 231 (in Russ.).
9. Pinneker E. V. Problems of regional hydrogeology (regularities of distribution and formation of underground waters). Moscow: Nauka, 1977, p. 250 (in Russ.).
10. Minasyan R. S., Vardanyan V. P. Paleorelief and distribution of underground runoff of the Central Volcanic highlands of Armenia. Yerevan: Asohik, 2003, p. 151 (in Russ.).
11. Keller p. Water and the water balance of the land. Moscow: Progres, 1965, p. 280 (in Russ.).
12. Tolokonnikov I. S. Fracturing and permeability of Armenian lavas. *Gidroproekt*, issue 14, 1966, p. 110-119 (in Russ.).
13. Shestakov V. M. Dynamics of underground waters. MSU Publishing House, 1973, p. 326 (in Russ.).
14. Malenovickiy. Geophysical methods in the search and exploration of fresh water deposits. Moscow: Nedra, 1982, p. 120 (in Russ.).
15. Minasyan R. S., Vardanyan V. P. Use of underground water resources in buried river valleys. *Sbornik dokladovmezhdunarodnogo kongressa ECWATECH-98 [Proceedings of 3rd International Congress of ECWATECH-98]*, Moscow, p. 199-200 (in Russ.).
16. Mnatsakanyan B. P. Water balance of the Republic of Armenia on hydrological areas of high-altitude zones. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsiyi "Vodniye problemy -2001" [Proceedings of International Conference "Water Problems-2001"]*, Yerevan, Agronauka, 2001, p. 62-65 (in Russ.).
17. Khmelevskoy V. K. Electrical exploration. Moscow, MSU Publishing House, 1984, p. 422 (in Russ.).
18. Minasyan R.S., Vardanyan V.P. Investigation of the connection between modern and paleoreliefs of volcanic ridges. *Mezhgosudarstvennoye soveshchaniye XXIV plenumageomorfologicheskoy komissiyi RAN po probleme "Geomorfologiya gor i ravnin: vzaimisvyazi i vzaimideystviye" [Interstate meeting of the XXIV Plenum of the Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences on the problem "Geomorphology of mountains and plains: interrelations and interaction"]*, Krasnodar, 1998, p. 60-62 (in Russ.).
19. Mironenko V.A. Dynamics of underground waters. M: Nedra, 1983, p. 356 (in Russ.).
20. Oganezov G.G. Underground waters of the Ararat Basin, vol. 1, Yerevan, 1957, p. 163 (in Russ.).

Сведения об авторе:

Варданян Ваграм Пандухтович, д-р техн. наук, профессор, кафедра геофизики, факультет географии и геологии, Ереванский государственный университет, Армения, 0001-0099, г. Ереван, ул. А. Манукяна 1; ORCID: 0000-0002-1501-9543; e-mail: vvardanyan@YSU.am

About the author:

Vagram P. Vardanyan, Professor, Doctor of Technical Sciences, Yerevan State University Department of Geography and Geology Chair of Geophysics, ul Manukyana, 1, Yerevan, 0001-0099, Armenia; ORCID: 0000-0002-1501-9543; e-mail: vvardanyan@YSU.am