

УДК 556.30; 33; 34; 36

ОСВОЕНИЕ НОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ
ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
(на примере подземных вод верхнего течения р. Агстев)

А. О. АГИНЯН^{1*}, О. А. САРГСЯН^{2**}, М. С. МКРТЧЯН^{1***}

¹ Кафедра геофизики, инженерной геологии и гидрогеологии ЕГУ, Армения

² Кафедра картографии и геоморфологии ЕГУ, Армения

Естественный сток водных ресурсов ежегодно сокращается из-за глобального потепления. В текущей ситуации важной задачей является освоение новых источников подземных вод для обеспечения питьевого водоснабжения населенных пунктов Армении.

В статье рассматриваются методы оценки естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод на примере гидрогеологических исследований, проведенных в бассейне верхнего течения р. Агстев: между населенными пунктами Маргаовит и Фиолетово Лорийской области Республики Армения. Подземные воды артезианского бассейна могут быть использованы самооттеком для питьевого водоснабжения г. Дилижан или других населенных пунктов, расположенных в нижних течениях р. Агстев.

Маргаовитский участок подземных вод сложен толщей четвертичных озерно-речных отложений, представленных чередующимися слоями рыхло-обломочных и глинистых пород со средней мощностью 165 м. На участке выявлены горизонт грунтовых вод и два горизонта напорных вод. Практическое значение для питьевого водоснабжения имеют напорные воды, которые гидравлически взаимосвязаны и имеют сходные качественные характеристики.

В данной работе рассмотрены геолого-гидрогеологические условия верхнего течения р. Агстев, рассчитаны и обоснованы эксплуатационные запасы подземных вод для питьевого водоснабжения населенных пунктов. Приводятся методы очистки воды с повышенным содержанием железа, марганца и фтора.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.077>

Keywords: groundwater run-off, groundwater natural resources, flow filtration.

Введение. Согласно различным исследованиям, температура воздуха внутри материков повышается более значительно, чем в прибрежных регионах. Повышение температуры приводит к уменьшению осадков в виде снега, одновременно увеличивая испарение и деградацию зоны вечной мерзлоты [1].

* E-mail: artashes.aghinyan@ysu.am

** E-mail: hov.sargsyan@ysu.am

*** E-mail: tomgeomar@ysu.am

Продолжающееся и прогнозируемое сокращение снежного покрова приводит к негативным последствиям для сельского хозяйства, гидроэнергетики и питьевого водоснабжения. Однако накопленные в течение геологического времени естественные запасы подземных вод в высокогорных районах могут обеспечить устойчивость к гидрологическим воздействиям изменения климата в этих регионах [1].

В работе рассматриваются результаты исследований, проведенных на территории Маргаовитского артезианского микробассейна пресных подземных вод Лорийской области (рис. 1).

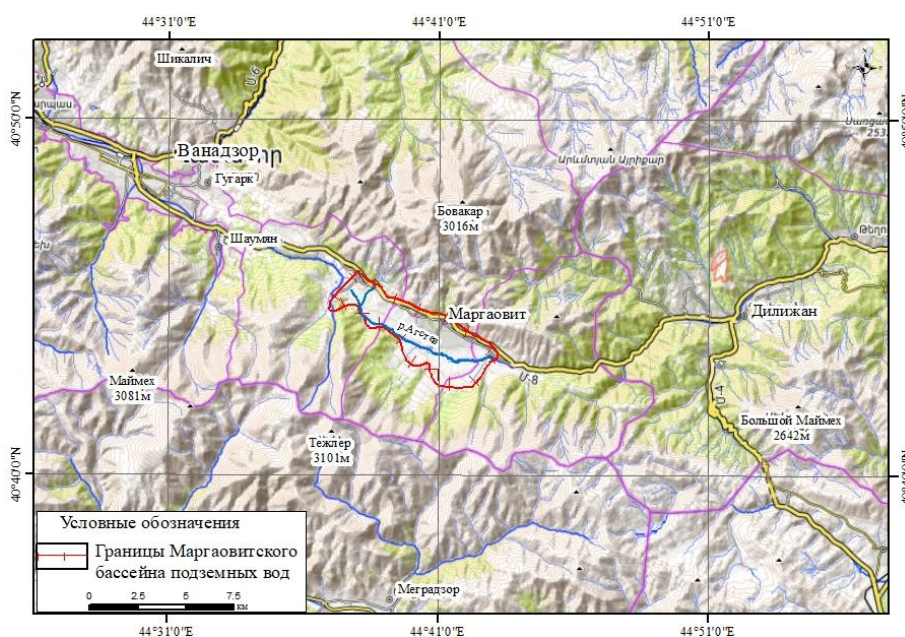


Рис. 1. Схематическая карта расположения Маргаовитского участка подземных вод.

Участок расположен в долине верхнего течения р. Агстев на высотах 1650–1700 м над уровнем моря и занимает площадь около 17,5 км². Долина р. Агстев в пределах участка исследуемых подземных вод имеет ширину от 1,5 км до 3,0 км и длину 13,3 км. Левый берег реки с севера граничит с Халабским, а правый с юга – с Памбакским складчато-глыбовыми хребтами. Поисковые и разведочные гидрогеологические работы на Маргаовитском участке подземных вод проведены в 1980-х годах, а в период 1988–1991 гг. выполнены детальные разведочные работы с целью оценки эксплуатационных запасов напорных подземных вод [2].

В геоморфологическом отношении долина Маргаовитского участка пресных подземных вод представляет собой озерно-аллювиальную равнину и характеризуется слабым уклоном в восточном направлении. В рассматриваемом бассейне выделены верхний грунтовый и два напорных горизонта подземных вод. В зонах тектонического разлома обнаружены высокоминерализованные воды, а в пониженных частях пойменной долины распространены заболоченные участки, питание которых происходит за счет разгрузки напорных вод.

Материалы и методы исследования. В статье рассмотрены данные гидрогеофизических и гидрогеологических исследований, на основе которых выполнены полевые исследования для изучения ранее пробуренных скважин на воду. Проведено опробование и лабораторные исследования, в полевых условиях осуществлены качественные и количественные исследования подземных вод, результаты которых были сопоставлены с фондовыми материалами. Проведена оценка водного баланса участка исследований с выделением величины подземного стока.

Проведена геопривязка архивных картографических материалов в среде ГИС, что дало возможность проанализировать их в единой системе координат. По данным скважин, с использованием методов интерполяции составлена карта гидроизопьез. В комплексе работ выполнены геофизические исследования, результаты которых приводятся ниже.

Результаты комплексных гидрогеофизических исследований и их обсуждение. Геофизические исследования проведены с целью решения следующих задач:

- определение мощностей озерно-речных образований территории;
- картирование рельефа региональных водоупорных пород и установления оптимальных мест заложения скважин до глубины 150–200 м.

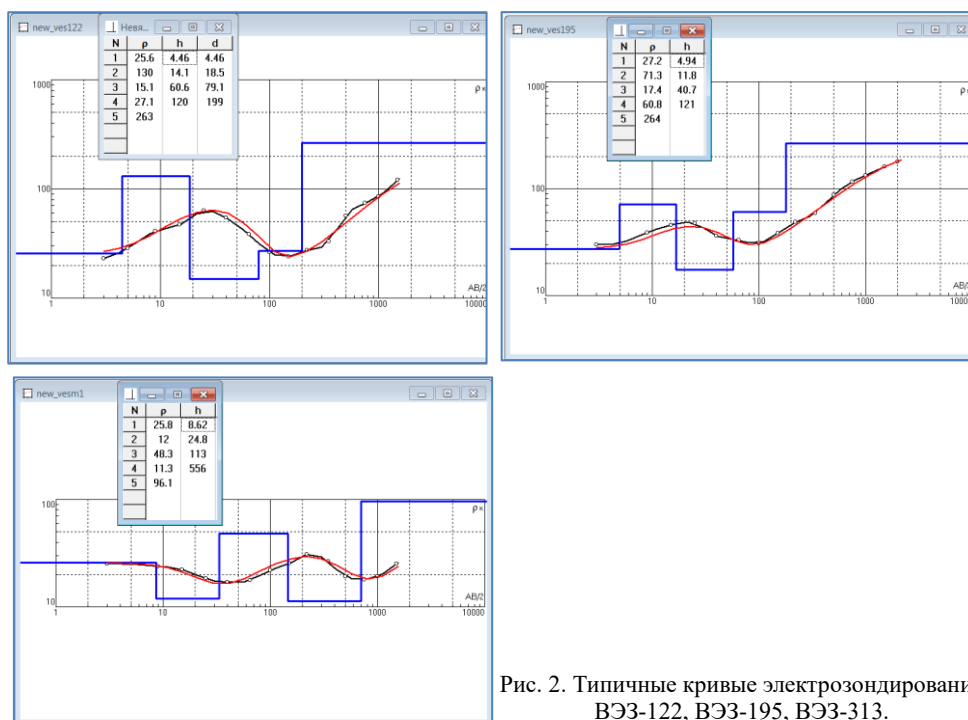


Рис. 2. Типичные кривые электрозондирования ВЭЗ-122, ВЭЗ-195, ВЭЗ-313.

Для решения поставленных задач использован комплекс электро-разведочных методов: вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и симметричное электропрофилеирование (СЭП), данные которых нами интерпретированы и, в частности, составлены уточненные геолого-гидрогеологические

разрезы отдельных профилей, карты суммарных мощностей пород и рельефа регионального водоупорного горизонта территории [2]. В качестве примера на рис. 2 приведены типичные кривые электротондирования и результаты их количественной интерпретации с использованием компьютерной программы PR2win (рис. 2).

В целом установлено, что сводный геоэлектрический разрез территории включает следующие литологические горизонты:

- *Слой-1* – маломощные современные отложения, представленные рыхло-обломочными и суглинистыми образованиями с электрическим сопротивлением 15–150 Ом·м и мощностью до 3–5 м.

- *Слой-2* – валунно-галечные отложения с песчаным и глинистым заполнителем с величиной электрического сопротивления 130–160 Ом·м.

- *Слой-3* имеет относительно низкое значение электрического сопротивления 25–50 Ом·м. Слой представлен водоносными гравийно-галечными отложениями.

- *Слой-4* имеет электрическое сопротивление в среднем 60–150 Ом·м, представлен изверженными валунно-галечными породами, иногда водоносными.

- *Слой-5* – опорный горизонт геоэлектрического разреза, представлен в основном кварцевыми порфиритами и гранодиоритами с максимальным электрическим сопротивлением 150–300 Ом·м, иногда более 300 Ом·м.

В целом, наблюдается понижение поверхности водоупорного ложа от периферии к центру, а уклон водоупорного ложа направлен с северо-запада на юго-восток: от абсолютных отметок 1700–1750 м до 1550–1500 м (рис. 3).

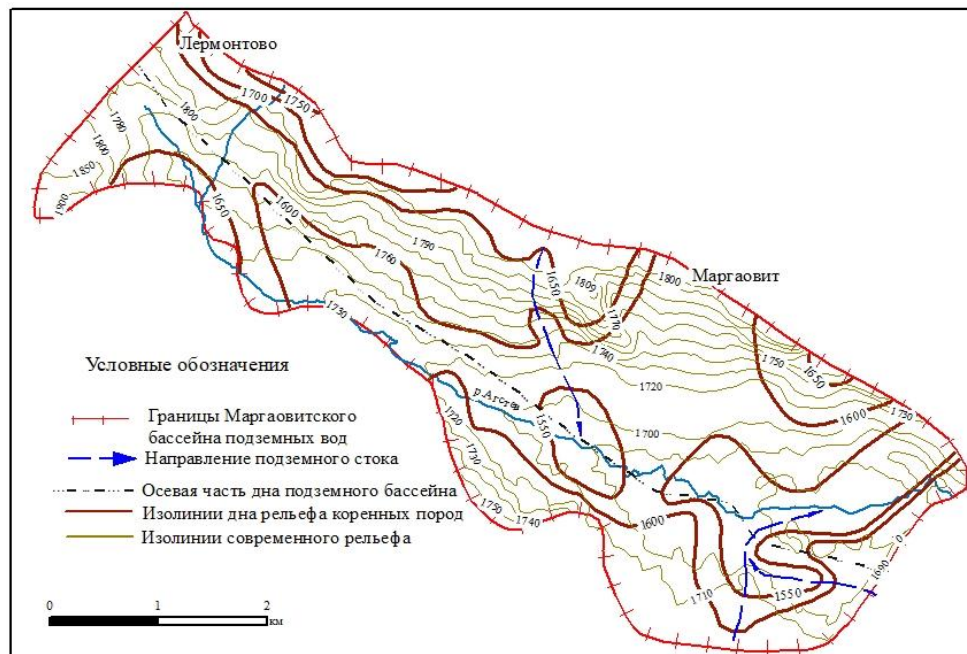


Рис. 3. Карта рельефа коренных водоупорных пород (по данным электротондировки).

Результаты выполненных геофизических работ использованы при гидрогеологическом картировании исследованной территории и определении мест заложения целевых буровых скважин.

Геологическое строение. В пределах Маргаовитского участка подземных вод пробурено около 15 скважин глубиной до 300 м. На глубинах от 145 м до 168 м ими вскрыты коренные породы ложа долины, представленные вулканогенно-осадочными и интрузивными породами эоцена (P_2^{2-3}). Эти породы подстилают продуктивный комплекс озерно-аллювиальных образований с прослоями песков, супесей и глин и представлены сильно окварцованными, трещиноватыми порфиритами и щелочными разновидностями гранитоидов [2].

В восточной части участка у с. Фиолетово эти породы посредством тектонического нарушения контактируют со слабоводоносными карбонатными породами верхнемелового возраста (K_2) (рис. 4). В стратиграфическом отношении верхнемеловые породы слагают ядро антиклинали и представлены интенсивно дислоцированными серыми тонкослоистыми, местами кремнистыми известняками [2].

Палеоструктурный рельеф водоупорных пород эоцена позволяет выделить в пределах исследованной площади Маргаовитскую грабенообразную впадину, которая в пределах Агстевской антиклинальной складки опущена тектоническими нарушениями. В западной части Маргаовитская впадина отделяется от Тандзутской впадины Лермонтовским выступом эоценовых пород, которые здесь приподняты до абсолютной отметки 1730 м.

Тектонические нарушения заложены в слагающих дно и борта впадины мел-палеогеновых породах и не затрагивают заполняющие ее четвертичные озерно-аллювиальные отложения [2].

Гидрогеологические условия. Маргаовитский участок представляет собой замкнутый артезианский микробассейн пресных подземных вод, в котором выделяется один грунтовый и два напорных горизонта (рис. 1 и 4) [2]. Источником питания подземных вод являются атмосферные осадки, выпадающие в пределах водосборного участка верхнего течения р. Агстев.

Грунтовые воды. Горизонт грунтовых вод расположен на глубине 0,2–20 м и представлен комплексом супесчано-суглинистых и гравийно-галечниковых пород с разнозернистым песком. В низменностях грунтовые воды вызывают заболачивание местности. Питание грунтовых вод происходит в основном за счет нижележащего водонапорного комплекса озерно-аллювиальных отложений путем вертикально-восходящей разгрузки через “гидрогеологические окна”, а также за счет бокового притока подземных вод со стороны конусов выноса. Грунтовые воды дренируются р. Агстев.

Горизонт грунтовых вод отделяется от залегающего ниже водоносного комплекса озерно-аллювиальных отложений слоем водоупорных галечников с глинистым заполнителем мощностью от 15–20 м до 32 м.

Напорные воды. В пределах Маргаовитской впадины в толще озерно-аллювиальных отложений скважинами вскрыты два напорных водоносных горизонта, разделенных прослоями озерных глин (табл. 1).

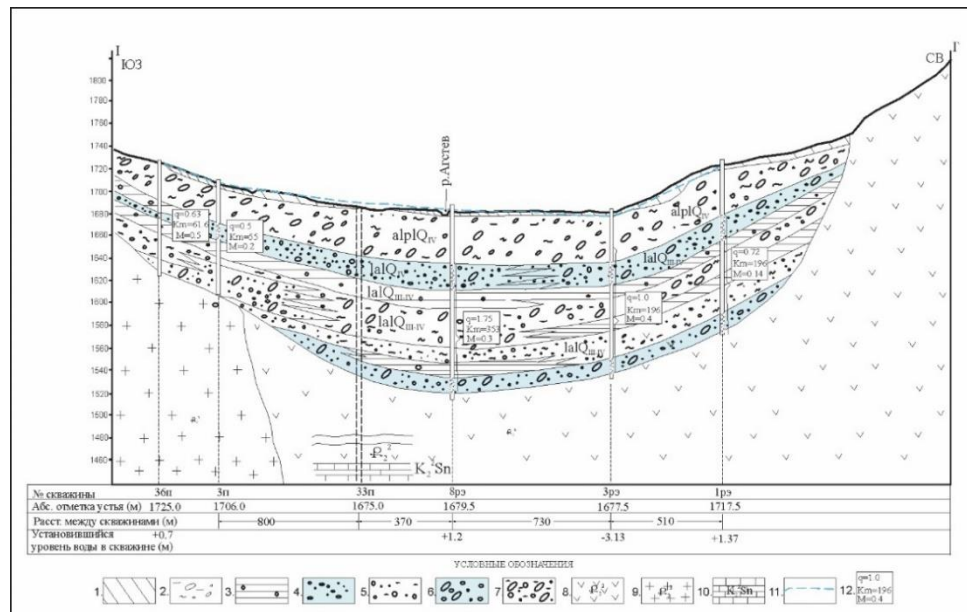


Рис. 4. Геолого-гидрогеологический разрез к рис. 5 по линии I-I'.

Условные обозначения: современные аллювиально-пролювиальные образования (al-pl QIV): 1 – глины и суглинки песчанистые; 2 – валунно-галечные отложения с глинистым заполнителем, линзами разнозернистых песков и супесей с горизонтом грунтовых вод. Продуктивный комплекс верхнечетвертичных озерно-аллювиальных образований (l-al QIII): 3 – глины озерные, часто с включением обломочного материала (относительный водоупор); 4 – гравелисто-галечные отложения с песчаным, супесчаным заполнителем – первый напорный водоносный интервал; 5 – гравелисто-галечные отложения с глинистым заполнителем, линзами и лентами песков и супесей; 6 – валунно-галечные отложения с песчаным и супесчаным заполнителем – второй напорный водоносный интервал; 7 – валунно-галечные отложения с глинистым заполнителем, линзами и прослойками разнозернистых песков и супесей (безводные). Коренные породы ложа участка: 8 – эоценовые вулканогенно-осадочные породы: порфириды окварцованные, плотные, безводные (P_2^2); 9 – интрузивные породы (граниты, гранодиориты, сиениты) плотные, безводные (P_2^3); 10 – меловые известняки: окварцованные, трещиноватые с трещинно-жильными минеральными водами (K_2). Гидрогеологические характеристики продуктивного водонапорного комплекса: 11 – пьезометрический уровень напорных вод; 12 – гидродинамические параметры (q – удельный дебит, л/с·м; K_m – водопроницаемость (Т), м²/сут.; М – минерализация, г/л).

Верхний напорный водоносный горизонт залегает на глубинах 45–71 м мощностью от 11,6 до 26 м. В центральной части месторождения, в районе разведочно-эксплуатационных скважин, мощность сохраняет постоянство и составляет в среднем около 22 м.

Нижний водоносный горизонт, наиболее постоянный по мощности и одновременно наиболее водообильный, приурочен к отложениям нижней серии озерно-аллювиальных отложений и залегает на глубинах 130–169 м. Водовмещающими породами служат гравийно-галечные отложения с разнозернистым песком, местами замещаемые валунно-галечными образованиями. Мощность нижнего водоносного горизонта колеблется в пределах 10–16 м и составляет в среднем 12 м.

Продуктивные водоносные интервалы разделены озерными глинами мощностью от 20 до 80 м с прослоями и линзами разномерных песков и гравия.

Таблица 1

Разрез скважины № 1 рэ Маргаовитской впадины, абс. отметка устья скважины 1717,5 м

Интервал, м	Геологический разрез
0–2,5	суглинки и глины с песками
2,5–45	валунно-галечные отложения изверженных пород с глинистым заполнителем (2,5–13,2 м интервал грунтовых вод)
45–66,2	валунно-галечные отложения изверженных пород с песчаным заполнителем (I-ый напорный горизонт, напор +1,37 выше поверхности земли)
66,5–74,8	глина озерная, плотная, песчаная с валунами и галькой
74,8–96,3	валунно-галечные отложения изверженных пород с глинистым заполнителем
95,3–107	глина озерная, плотная, песчаная с валунами и галькой
107–132	гравелисто-галечные отложения с глинистым заполнителем
132–145	валунно-галечные отложения изверженных пород с песчаным заполнителем (II-ой напорный водоносный горизонт, напор +1,37 выше поверхности земли)
145–150	Порфириды окварцованные, трещиноватые

В пределах разведанной площади уровни подземных вод в зависимости от абсолютных отметок рельефа устанавливаются от +3,25 (№ 1 рэ) выше поверхности земли до –3,13 м (№ 3 рэ) ниже поверхности земли. Пьезометрические напоры верхнего и нижнего водоносных горизонтов устанавливаются довольно близко, оба горизонта на отдельных участках гидравлически взаимосвязаны, перетекание происходит от нижнего к верхним горизонтам. Максимальные значения напоров обоих интервалов приходятся на летние месяцы (июль–август), а минимальные – на зимние (февраль) и начало весенних (март) месяцев.

На участках максимальных напоров в долине р. Агстев отмечаются многочисленные восходящие родники, которые, разгружаясь, заболачивают долину по всей площади исследуемого участка.

На основании данных пьезометрических уровней разведочных скважин составлена карта гидроизопьез, согласно которой на участке исследований напорные воды питают р. Агстев (рис. 5).

Водораздельная линия Маргаовитской впадины, отделяющая ее от долины реки Тандзут, проходит к юго-западу от с. Лермонтово.

Качественная характеристика. Напорные воды Маргаовитского участка подземных вод приурочены к озерно-аллювиальным отложениям. Величина минерализации колеблется от 0,1 г/л до 0,5 г/л. По анионному составу преобладает гидрокарбонат-ион, а по катионному составу – кальций, натрий и магний. Общая жесткость этих вод колеблется от 1 мг-экв/л до 6 мг-экв/л.

Формирование подземных вод происходит в трещиноватых щелочных интрузивных породах, а накопление – в озерно-аллювиальных осадочных

породах. Водосборный бассейн подземных вод представлен щелочными интрузивными породами различной степени выветрелости и трещиноватости. Здесь формируются гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-натриевые (или натриево-кальциевые) подземные воды, большинство из которых имеет небольшую минерализацию.



Рис. 5. Карта гидроизоэпез Маргаовитского участка пресных подземных вод.

На формирование химического состава подземных вод района значительное влияние оказывают интрузивные породы Памбакского хребта, представленные нефелиновыми сиенитами. Эти породы содержат макрокомпоненты, такие как калий, натрий и кальций, а также ряд микрокомпонентов, которые переходят в подземные воды. Среди них можно выделить железо, марганец, фтор (в виде скоплений флюорита) и алюминий. Содержание алюминия в нефелиновых сиенитах составляет 12–15%, однако его чрезвычайно низкая миграционная способность не позволяет ему накапливаться в воде в значительных количествах. Скопления фтора в нефелиновых сиенитах приводят к заметному содержанию фтора в подземных водах (до 1,2 мг/л) (табл. 2).

Среди других элементов следует отметить марганец, мышьяк и медь. Их содержание в подземных водах, формирующихся в щелочных породах Памбакского хребта, близко к фоновым концентрациям (табл. 2) [2].

В водах скважин № 2 рэ–5 рэ отмечается повышенное содержание фтора (от 0,27 мг/л до 1,2 мг/л). Сравнительно высокий фон марганца (от 0,15 мг/л до 0,25 мг/л) выявлен почти во всех скважинах, кроме скв. № 3 рэ. Во всех разведочно-эксплуатационных скважинах наблюдается повышение содержания железа от допустимых норм (от 0,9 мг/л до 2 мг/л).

Таблица 2

Основные показатели химического состава напорных подземных вод Маргаовитского месторождения [2]

№ пп	Показатели	Единица измерения	Предел допустимой концентрации	Содержание	
				от	до
1.	Бериллий, Be ²⁺	мг/л	0,0002	–	–
2.	Молибден, Mo ⁶⁺	мг/л	0,25	–	0,005
3.	Мышьяк, As ^{3+, 5+}	мг/л	0,05	–	0,01
4.	Нитраты, NO ₃ ⁻	мг/л	45	0,01	11,0
5.	Свинец, Pb ²⁺	мг/л	0,03	–	0,01
6.	Селен, Se ⁴⁺	мг/л	0,001	–	–
7.	Стронций, Sr ²⁺	мг/л	7	0,05	0,44
8.	Фтор, F	мг/л	0,7	0,27	1,2
9.	Радий, Ra	Ки/л	1,2 · 10 ⁻¹⁰	–	–
10.	Уран, ²³⁸ U	мг/л	1,7	–	–
11.	Стронций, ⁹⁰ Sr	мг/л	4 · 10 ⁻¹⁰	–	–
12.	Хлориды, Cl ⁻	мг/л	350	10,15	59,28
13.	Сульфаты, SO ₄ ⁻	мг/л	500	4,8	70,14
14.	Железо, Fe ^{2+, 3+}	мг/л	0,3	0,01	2,0
15.	Марганец, Mn ²⁺	мг/л	0,1	0,01	0,25
16.	Медь, Cu ²⁺	мг/л	1,0	0,04	0,06
17.	Цинк, Zn ²⁺	мг/л	5	0,015	0,03
18.	Остаточный алюминий, Al ³⁺	мг/л	0,5	0,15	0,4
19.	Общая жесткость	мг-экв/л	7	1	6
20.	pH		6–9	6,8	7,9

По физическим показателям напорные воды прозрачны, без вкуса и запаха, а в бактериологическом отношении также чистые и пригодные для питья.

Методы очистки воды от избытка железа, марганца и фтора.

Очистка питьевой воды от избыточного содержания железа, марганца и фтора является важной задачей для обеспечения безопасности и качества водоснабжения. Эти элементы могут негативно влиять на здоровье человека и ухудшать органолептические свойства воды. Удаление железа и марганца из воды проводится способом аэрации с последующим фильтрованием [3, 4]. Эффективность удаления железа и марганца зависит от pH воды, концентрации растворенного кислорода и выбора фильтрующего материала [5–7]. Наиболее эффективными методами дефторирования воды являются сорбционные методы с использованием активированного оксида алюминия, а также мембранные технологии, такие как обратный осмос и нанофильтрация. Использование модифицированных природных сорбентов позволяет значительно повысить эффективность удаления фтора из воды при сравнительно низких затратах [8, 9]. Комбинирование различных методов очистки позволяет достичь высокой эффективности удаления загрязняющих веществ и обеспечить соответствие воды нормативным требованиям [10]. Для централизованного питьевого водоснабжения методом очистки подземных вод от природных химических элементов с повышенной концентрацией

является метод разбавления другими источниками водоснабжения до достижения пределов допустимой концентрации.

Водный баланс Маргаовитского участка. Площадь водосборного бассейна исследуемого района составляет 66,23 км². Для расчетов осадков и испарения использованы карты распределения атмосферных осадков и суммарного испарения по вертикальной зональности [4].

В результате расчетов получены следующие значения годовых сумм осадков и испарения (табл. 3).

Таблица 3

Расчет осадков и испарения по бассейну верхнего течения р. Агстев

Выс. зоны, м	Площадь, км ²	Осадки			Испарение		
		мм	млн. м ³ /год	м ³ /с	мм	млн. м ³ /год	м ³ /с
св. 2800	0,8	800	0,64	0,02	100	0,08	0,002
2400–2800	9,5	750	7,125	0,22	150	1,425	0,04
2000–2400	19,17	700	13,419	0,42	160	3,0672	0,09
1600–2000	36,76	650	23,894	0,75	180	6,6168	0,21
Всего	66,23		45,078	1,41		11,19	0,35

Согласно табл. 3, естественный сток (осадки–испарение = 1,41–0,35) составляет 1,06 м³/с.

Для расчетов речного стока используются данные по р. Агстев на гидрометрическом посту “Фиолетово”. Многолетний среднегодовой расход р. Агстев составляет 1,32 м³/с. Суммарный расход всех родников, согласно единичным замерам, равен 0,04 м³/с. Дренажный сток в реки принимается равным минимальному среднегодовому месячному расходу р. Агстев, который составляет 0,44 м³/с [2].

Среднегодовое поверхностное стока определяется как разность между среднегодовым речным стоком и дренажным стоком:

$$Q_{\text{пов.}} = 1,32 - 0,44 = 0,88 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Глубинный сток рассчитывается как разность между естественным стоком и суммой речного и родникового стока:

$$Q_{\text{гл.}} = 1,06 - (1,32 + 0,04) = -0,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Согласно воднобалансовому уравнению, в данный бассейн поступает глубинный сток из соседнего бассейна. Ниже приводится общий водный баланс бассейна р. Агстев у замыкающего гидрометрического поста “Фиолетово” (табл. 4).

Таблица 4

Водный баланс (м³/с) Маргаовитской впадины

Осадки	Испарение	Поверх. сток	Подземный сток		Глуб. сток
			дренажный сток	родниковый сток	
1,41	0,35	0,88	0,44	0,04	-0,3

Результаты исследования и их обсуждение. Естественные запасы подземных вод определяются объемом воды, накопленной в порах водоносного комплекса четвертичных озерно-аллювиальных отложений. При площади 17,5 км² эти естественные запасы крайне малы и не могут учитываться для практических целей.

В условиях Маргаовитской впадины эксплуатационные запасы напорных подземных вод полностью зависят от естественных ресурсов. Эксплуатационные запасы определяются дренажным стоком с минимальными среднемесячными значениями при 95% обеспеченности и составляют 240 л/с [2]. Кроме того, в расчет эксплуатационных запасов включается величина испарения.

Для контроля обеспеченности нами рассчитаны естественные ресурсы подземных вод Маргаовитской впадины с использованием метода Дарси для расхода потока подземных вод. Расчет проводился по замыкающей гидроизопьеze на уровне 1685 м (рис. 5). Гидродинамические параметры получены по результатам пробных откачек, которые показали значительное изменение коэффициентов водопроницаемости по фронту [2]. Поэтому общее сечение потока разделено на пять отрезков, в пределах которых эти характеристики считаются постоянными. Расчет расхода производится по формуле

$$Q = T \cdot L \cdot I,$$

где Q – расход, м³/сут.; T – водопроницаемость, м²/сут.; L – длина отрезка, м; I – гидравлический градиент.

Ниже приводятся результаты расчетов естественных ресурсов подземных вод исследуемой долины по расходу потока подземных вод (табл. 5).

Таблица 5

Оценка естественных ресурсов подземных вод

Расчетный отрезок	T , м ³ /сут	L , м	I	Q , м ³ /сут.
1	370	850	0,0145	4560,25
2	347	1400	0,032	15545,6
3	209	160	0,005	167,2
4	353	350	0,045	5559,75
5	195	1360	0,025	6630,0
Итого				32462,8

Согласно выполненному контрольному расчету, суммарный расход подземного стока составляет 32,46 тыс. м³/сут. или 375 л/с, что подтверждает обеспеченность в 240 л/с. В результате одновременных опытных откачек, рассчитанные понижения при суммарном расходе водозабора из 12 скважин в 165 л/с составили от 11 м до 25 м, что ниже допустимых понижений. Допустимым понижением можно считать высоту напора над кровлей водоносного комплекса первого интервала, составляющую 41–52 м. Расчетные понижения обеспечивают снижение уровней напора ниже поверхности земли и перехват естественной разгрузки дренажного стока.

Заключение. Подземные воды водонапорного комплекса Маргаовитской впадины могут быть использованы скважинными водозаборами с суммарным расходом 240 л/с. Воды могут быть направлены для питьевого водоснабжения г. Дилижан или других населенных пунктов, расположенных в долине р. Агстев по самотечным трубопроводам. Качество воды по всем параметрам отвечает требованиям для питьевой воды, кроме содержаний фтора, марганца и железа, фон которых превышает допустимые концентрации. Напорные воды могут быть использованы после специального фильтрования или разбавления другими источниками водоснабжения, что понизит их содержание до допустимых пределов.

В санитарно-гигиеническом отношении обстановка на территории месторождения вполне благоприятная: отсутствуют промышленные предприятия, животноводческие фермы, свалки мусора и другие очаги загрязнения.

Поступила 04.04.2025

Получена с рецензии 20.06.2025

Утверждена 15.08.2025

ЛИТЕРАТУРА

1. Somers L.D., McKenzie J.M. A Review of Groundwater in High Mountain Environments. *WIREs Water* 7 (2020), e1475.
<https://doi.org/10.1002/wat2.1475>
2. Багиян С.М., Аракелян Л.С. и др. Отчет по разведке и оценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод Маргаовитского месторождения для водоснабжения г. Кировакан РА по состоянию на 30.05.1991г. Геолфонд, инв. 5530.
3. Ellis D., Bouchard C., Lantagne G. Removal of Iron and Manganese from Groundwater by Oxidation and Microfiltration. *Journal Desalination* 130 (2000), 255–264.
[https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00090-4)
4. ГНО “Центра гидрометеорологии и мониторинга” МОС РА.
www.meteomonitoring.am
5. Мамченко А.В., Мисочка И.В., Дешко И.И. и др. Приоритетные направления в технологии очистки подземных вод от железа. *Химия и технология воды* 31 (2009), 57–77.
6. Tekerlekropoulou A.G., Vayenas D.V. Removal of Iron and Manganese Using Biological Roughing up Flow Filtration Technology. *Journal Desalination* 210 (2007), 225–235.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.05.047>
7. Ghosh D., Medhi C.R., Purkait M.K. Treatment of Fluoride Containing Drinking Water by Electrocoagulation Using Monopolar and Bipolar Electrode Connections. *Chemosphere* 73 (2008), 1393–1400.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.08.041>
8. Karunanithi M., Agarwal R., Qanungo K. A Review of Fluoride Removal from Groundwater. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering* 63 (2019), 425–437.
<https://doi.org/10.3311/PPCh.12076>
9. Чудновский С.М. *Улучшение качества природных вод*. ИНФРА-Инженерия (2018), 184.
10. *Гидрологический атлас Армении, Атлас природных условий и естественных ресурсов*. Ереван, Гидрология (1990).

Ա. Հ. ԱՂԻՆՅԱՆ, Հ. Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Մ. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

ԿԼԻՄԱՏԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԽՄԵԼՈՒ
ՋՐԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ՆՈՐ ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ
ՋՐԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՅՈՒՐԱՑՈՒՄ
(Աղստև գետի վերին հոսանքի ստորերկրյա ջրերի օրինակով)

Ա մ փ ո փ ու մ

Գլոբալ տաքացման հետևանքով ջրային ռեսուրսների բնական հոսքը տարեց տարի կրճատվում է: Ներկայիս իրավիճակում Հայաստանի բնակավայրերը խմելու ջրով ապահովման նպատակով անհրաժեշտ է նոր ստորերկրյա ջրաղբյուրների յուրացումը:

Հոդվածում քննարկվում են ստորերկրյա ջրերի բնական և շահագործական ռեսուրսների գնահատման մեթոդները՝ հիմնված ջրաերկրաբանական հետազոտությունների վրա, որոնք իրականացվել են Աղստև գետի վերին հոսանքի ավազանում՝ Մարգահովիտ և Ֆիոլետովո բնակավայրերի միջև, Հայաստանի Հանրապետության Լոռու մարզում: Նշված արտեզյան ավազանի ստորերկրյա ջրերը կարող են օգտագործվել ինքնահոսով՝ Դիլիջան քաղաքի կամ Աղստև գետի ստորին հոսանքներում գտնվող այլ բնակավայրերի խմելու ջրամատակարարման նպատակներով:

Մարգահովիտի ստորերկրյա ջրերի միկրոավազանը կազմված է չորրորդական լճա-գետային նստվածքների հաստվածքից, որը ներկայացված է փուխր բեկորային և կավային ապարների հերթափոխությունից՝ 165 մ միջին հզորությամբ:

Ուսումնասիրության տարածքում հայտնաբերվել են գրունտային և երկու ճնշումային ջրատար հորիզոններ: Խմելու ջրամատակարարման համար գործնական նշանակություն ունեն ճնշումային ջրերը, որոնք հիդրավիկորեն փոխկապակցված են և ունեն համանման որակական հատկանիշներ:

Աշխատանքում քննարկվել են Աղստև գետի վերին հոսանքի երկրաբանական-ջրաերկրաբանական պայմանները, հաշվարկվել և հիմնավորվել են բնակավայրերի խմելու ջրամատակարարման համար ստորերկրյա ջրերի շահագործական պաշարները: Ներկայացվում են ջրերում երկաթի, մանգանի և ֆտորի բարձր պարունակությունների դեմ պայքարի մաքրման մեթոդները:

A. H. AGHINIAN, H. H. SARGSYAN, M. S. MKRTCHYAN

DEVELOPMENT OF NEW GROUNDWATER SOURCES FOR DRINKING
WATER SUPPLY UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS
(on the example of groundwaters in the upper reaches of the Aghstev River)

Summary

The natural flow of water resources is decreasing annually due to global warming. Under the current conditions, the development of new groundwater sources for the settlements of Armenia is becoming an important task.

The article reviews methods for assessing natural and operational groundwater resources based on hydrogeological studies conducted in the basin of the upper reaches of the Aghstev River, in the middle of the settlements Margahovit and Fioletovo of the Lori Region of the Republic of Armenia. Groundwaters of the artesian basin can be operated by gravity for drinking water supply of Dilijan and other settlements located downstream of the Aghstev River.

In the settlements of the Northern and Southern regions of the Republic of Armenia, located outside the Central Volcanic Highlands, groundwater reserves are insufficient to ensure drinking water supply. Therefore, river water intakes are used here. However, river waters are subject to anthropogenic impact and pollution during seasonal floods.

The Margahovit groundwater basin is composed of Quaternary lake-river sediments, represented by alternating layers of loose-fragmental and clayey rocks with an average thickness of 165 *m*. In the basin, a groundwater aquifer and two confined aquifers have been identified. The confined aquifers, which are hydraulically interconnected and have the same qualitative characteristics, are of practical importance for drinking water supply.

This work presents the geological and hydrogeological conditions of the upper reaches of the Aghstev River. The groundwater operational reserves for drinking water supply to the settlements are calculated and substantiated. Methods for treating water with high levels of iron, manganese, and fluoride are presented.