

УДК 556.30; 33; 34; 36

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ  
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

А. О. АГИНЯН \*, Т. Г. МКРТЧЯН \*\*

*Кафедра геофизики, инженерной геологии и гидрогеологии ЕГУ, Армения*

Питьевое водоснабжение Армении в основном осуществляется за счет высококачественных подземных вод вулканического нагорья. За последнее десятилетие наблюдается постоянный спад расхода родников, который обусловлен уменьшением осадков. Главную роль в формировании подземных вод играют осадки в зоне питания – на абсолютных отметках свыше 2500 м. Формирование подземных вод происходит в трещиноватых вулканических породах, а накопление и движение – в погребенных речных долинах.

Различными научными и политическими организациями разработаны модели по прогнозу изменения климата по различным сценариям (МГЭИК, METRAS), которые различными общественными организациями использовались для моделирования изменения климата до 2100 г. для территории Армении и опубликованы в виде национальных сообщений. Сравнительный анализ полученных в работе данных с докладами МГЭИК показал, что прогнозы различных сценариев МГЭИК не достоверны. А в прогнозах METRAS указано, что нехватка фактического материала усложняет точность расчетов.

Глобальное изменение климата приводит к уменьшению расходов подземных вод Армении и, в частности, подземных вод Центрального вулканического нагорья. Для нахождения зависимости между осадками в области питания и расходом родниковых вод в области разгрузки рассчитано приблизительное время движения подземных вод от зоны питания до зоны разгрузки на примере Арзаканских родников, где расстояние между ними составляет 24 км, а расчетное время – 6,5 лет. Установлено, что с 2013 г. по 2023 г. расходы родников уменьшались по линейной зависимости, а уменьшение расхода составляет 24–33%. Изменений химического состава родниковых вод от уменьшения расходов не установлены, кроме сульфат-иона, концентрация которого увеличивается с увеличением расхода родников. Требуется дальнейших исследований предположение о том, что повышение содержания сульфат-ионов может служить предвестником увеличения расхода родников. По результатам исследований предполагается, что по количеству осадков в высокогорной зоне возможно обоснованно прогнозировать изменения расходов подземных вод для исследуемых родников на 6–7 лет вперед.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C.2024.58.1.001>

\* E-mail: [artashes.aghinyan@ysu.am](mailto:artashes.aghinyan@ysu.am)

\*\* E-mail: [tiruhi@ysu.am](mailto:tiruhi@ysu.am)

**Keywords:** climate change, groundwater run-off, mean residence time, ICCP, METRAS.

**Введение.** Питьевое водоснабжение Армении в основном осуществляется за счет высококачественных подземных вод вулканического нагорья. За последнее десятилетие наблюдается постоянный спад расхода родников, который обусловлен уменьшением осадков. Главную роль в формировании подземных вод играют осадки в зоне питания – на абсолютных отметках свыше 2500 м. Формирование подземных вод происходит в трещиноватых вулканических породах, а накопление и движение – в погребенных речных долинах.

За последнее десятилетие значительно уменьшились осадки в виде снега, что повлияло на естественные ресурсы подземных вод. Ключевую роль в формировании климата играет циркуляция воздуха, которая на территории Армении происходит за счет воздушных масс, проникающих с запада, что характерно для субтропических зон. Циклоны, вторгающиеся на территорию Армении, в основном поступают с Каспийского и Черного морей и с горных хребтов Ирана.

Одной из проблем современной гидрогеологии является установление времени движения подземных вод от зоны питания до зоны разгрузки, а также установление связи между количеством осадков в зоне питания и расходом родников. В работе проанализированы данные режимных наблюдений за родниковым стоком за последнее десятилетие на примере Арзаканских родников. Для расчета приблизительного времени транзита подземных вод применялась формула Дарси по фильтрации подземных вод. Также рассмотрены национальные сообщения по прогнозам изменения водных ресурсов Армении по различным сценариям изменения климата до 2100 г. и их достоверность.

#### **Материалы и методы исследования.**

**Сценарии влияния изменения климата на водные ресурсы Армении по данным международной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).** Основным документом, характеризующим изменение климата и дающим прогнозы до 2100 г., является Специальный доклад о глобальном потеплении на 1,5°C (SR15) Межправительственной группы экспертов по изменению климата от 8 октября 2018 г. (МГЭИК, англ. IPCC). Целью доклада являлось сокращение выбросов углекислого газа до 2030 г. [1].

В региональном масштабе даны прогнозы изменения климата по различным сценариям, основными из которых являются “Третье национальное сообщение Комиссии по изменению климата Армении”, “Четвертое национальное сообщение Комиссии по изменению климата Армении” и “Социально-экономическое воздействие изменения климата в Армении” [2–4].

**Третье национальное сообщение об изменении климата Республики Армения.** Изменение климата в Армении оценивалось с использованием модели CCSM4 в соответствии со сценариями выбросов парниковых газов RCP8.5 (A2) и RCP6.0 (B2), предложенными МГЭИК. В сообщении также даны прогнозы изменения температуры и осадков до 2100 г. [2].

В сообщении базовым (фоновым) периодом среднегодовых значений температуры и осадков приняты 1961–1990 гг. Согласно вышеупомянутому

сообщению, в пределах Центрального вулканического нагорья Армении до 2040 г. температура повысится на 1,3–1,7°C, в результате чего изменится водный баланс рассматриваемой территории. Согласно двум сценариям (RCP 6.0, RCP 8.5), в 2011–2040 гг. летние осадки уменьшатся на 23% по сравнению с фоновым значением, а речной сток на территории Армении к 2030 г. уменьшится на 11,9%, к 2070 г. – на 24%, к 2100 г. – на 37,8% по сравнению с базовым периодом [2]. Упомянутые сценарии не дают сезонные прогнозы.

*Четвертое национальное сообщение об изменении климата Республики Армения.* Согласно сообщению, проанализированы данные мониторинга температуры и осадков на территории Армении с 1935 г. по 2016 г. и даны прогнозы до 2100 г. Фоновыми значениями приняты среднегодовые значения температуры и осадков за 1961–1990 гг. Согласно региональной модели прогнозов METRAS, по пессимистичному сценарию RCP8.5, адаптированному к географическим условиям Армении, в Центральной части Армении в зимние месяцы прогнозируется уменьшение осадков на 16% до 2100 г., а в весенние месяцы – до 6%. Одновременно в докладе советуется не принимать данные значения всерьез, так как в расчетах не удалось учесть множество природных факторов, необходимых для ввода данных модели [3].

**Изменение родникового стока Центрального вулканического нагорья Армении.** В статье проанализированы фактические расходы крупных родников, эксплуатируемых для целей питьевого водоснабжения, оснащенных расходомерами с автоматической регистрацией и передачей данных (система SCADA). Анализ показаний расходомеров большинства родников выявил, что они не выражают естественные расходы родников, что связано с искусственным регулированием водоотбора эксплуатирующей организацией.

Ввиду вышеизложенного, в статье рассмотрен и проанализирован многолетний ряд данных расхода Арзаканских родников, преимуществом которого является то, что показания расходомеров выражают естественные расходы родников, т.к. там не производится эксплуатационное вмешательство и естественный расход не регулируется.

**Природные условия формирования Арзаканских родников.** Арзаканские родники находятся на подножьях северо-западных склонов Гегамского хребта, на левом берегу р. Раздан, на абсолютных отметках 1450–1460 м. Родники по характеру напора нисходящие, которые на протяжении 3 км линейно разгружаются рассеянными и концентрированными выходами (рис. 1).

Формирование подземных вод происходит на высокогорных северо-западных склонах Гегамского хребта и обусловлено климатическими особенностями местности, геологическим строением вулканических пород и степенью их трещиноватости.

В геологическом разрезе района Арзаканских родников участвуют современные делювиальные отложения (0–10 м), вулканические породы мощностью 75 м и более, которые подстилаются миоценовыми песчаниками и зеленоватыми глинами, служащими региональным водоупором. Выходы родников связаны с контактом отдельных потоков лавовых излияний.

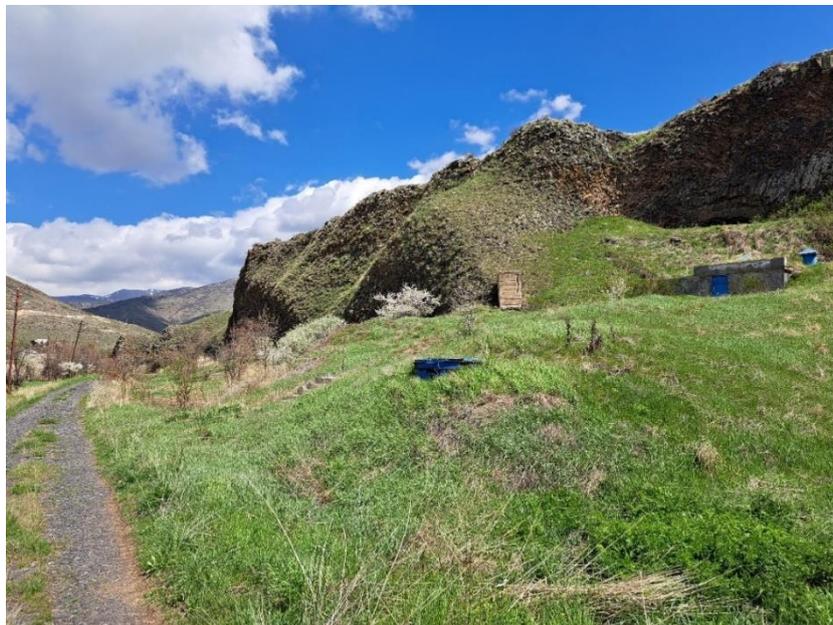


Рис. 1. Арзаканские родники в ущелье р. Раздан.

*Зона питания родников.* Гегамский хребет представляет собой овально-вытянутое щитовидное нагорье, с абсолютными отметками до 3200 м. Водораздельная часть представляет собой платообразную поверхность лавовых покровов и потоков, над которой возвышаются отдельные вулканические вершины, достигающие 3598 м. Водораздельная часть и высокогорные склоны покрыты мощными элювиально-делювиальными рыхлообломочными образованиями и каменными россыпями, которые подстилаются четвертичными лавами мощностью до 300 м [4]. Трещиноватость коренных лавовых пород, скопление каменных россыпей, а также зимние осадки в виде снега имеют важное значение для формирования значительных ресурсов пресных подземных вод.

*Расчет времени транзита подземных вод от зоны питания до зоны разгрузки.* В формировании подземных вод главную роль играют осадки в виде снега, а не дождевые воды. Поэтому установление зависимости между количеством зимних осадков и расходом родников является одной из проблем современной гидрогеологии.

Для приблизительного расчета времени транзита талых вод от зоны питания до зоны разгрузки нами проведены гидрогеологические расчеты по определению скорости транзита подземных вод по формуле Дарси. Принята концептуальная модель, где известны расстояние от зоны питания до зоны разгрузки и разность напоров. А пористость пород и коэффициенты фильтрации пород зоны транзита неопределенные и принимаются переменными величинами, которые в расчетах изменяются в разумно допустимых пределах.

Расчеты разделены на две части, где сначала рассчитывается вертикальная инфильтрация талых вод в зоне аэрации, а затем скорость транзита вод в локально-водоносном горизонте.

Время вертикальной инфильтрации (в сутках) от поверхности земли определяется по формуле

$$t_0 = \frac{m n}{K_0}, \quad (1)$$

где  $m$  – мощность пород зоны аэрации,  $m$ ;  $n$  – коэффициент трещинной пустотности [6]. Мощность пород зоны аэрации принимается  $m = 200$  м, а коэффициент трещинной пустотности  $n = 0,3$ , коэффициент фильтрации пород зоны аэрации по среднему значению принимается  $K_0 = 2$  м/сут. Подставляя вышеперечисленные параметры в формулу (1), определяем время инфильтрации талых вод в зоне аэрации:  $t_0 = 30$  суток.

Для расчетов скорости транзита вод в локально-водоносном горизонте принимаются осредненные значения параметров, которые сравнительно достоверны и характеризуют водные свойства трещиноватых базальтов и алювиальных отложений погребенных долин.

Скорость движения подземных вод ( $v$ ) определяется по закону Дарси:

$$v = K_0 i, \quad (2)$$

где  $K_0$  – коэффициент фильтрации водоносных пород;  $i$  – гидравлический градиент:

$$i = \frac{\Delta H}{L},$$

где  $\Delta H$  – разность напоров, м;  $L$  – расстояние от зоны питания до зоны разгрузки, м.

Определение времени транзита подземных вод,  $L = 24$  км или 24000 м:

$$\Delta H = 2400 - 1450 = 950 \text{ м},$$

$$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{950}{24000} = 0,04,$$

$$K_0 = 200 - 300 \text{ м/сут.}, \text{ среднее значение } 250 \text{ м/сут.},$$

$$v = K_0 i = 250 \times 0,04 = 10 \text{ м/сут.},$$

$$T = \frac{L}{v} = \frac{24000}{10} = 2400 \text{ сут. или } 6,5 \text{ лет.}$$

Согласно вышеприведенным расчетам, время движения подземных вод от зоны питания до зоны разгрузки составляет более 6,5 лет. При наличии метеостанций, установленных в зоне питания, появится возможность установления корреляционной связи между количеством осадков и расходом родников.

*Обработка данных гидрогеологического мониторинга Арзаканских родников.* Согласно многолетним режимным наблюдениям, проведенным с 2005 г. по настоящее время, минимальные расходы Арзаканских родников наблюдаются в марте–апреле, а максимальные – в сентябре–октябре (см. таблицу).

Среднемесячный расход Арзаканских родников, л/с (зеленый цвет соответствует наибольшему среднемесячному расходу за весь период наблюдений, а желтый цвет – наименьшему расходу за тот же месяц)

Годы	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2005	772	756	749	774	747	781	–	836	878	823	858	810
2006	790	780	782	784	849	860	892	923	950	950	919	882
2007	857	842	843	850	875	899	940	981	924	940	988	956
2008	933	915	917	907	920	937	968	998	1038	1059	1019	970
2009	942	930	921	914	922	929	936	944	963	960	957	932
2010	895	894	897	909	956	967	983	1011	1045	1075	1055	951
2011	935	913	915	943	968	1007,67	1052	–	1161	1136	1106	1030
2012	1005	971	970	960	987	1018	1076	1120	1152	1158	1112	1046
2013	1004	978	960	960	980	997,5	1031	1057	1137	1109	1063	1005
2014	966	943	935	932	924	972	1025	1070	1114	1088	1023	957
2015	920	903	886	879	879	902	954	1007	1049	1038	995	935
2016	899	881	874	876	888	907	913	962	1028	1020	958	909
2017	872	843	832	819	818	848	910	982	1019	992	948	878
2018	838	812	801	789	805	837	852,7	924,7	963	942	899	859
2019	825	809	792	793	794	811	853	888	906	883	851	820
2020	797	777	758	758	759	780	833	891	912	897	859	818
2021	789	773	759	761	743	784	826	901	908	908	864	812
2022	784	756	736	733	719	730	756	805	838	815	800	772
2023	743	728	716	711	708	702	717	759	797	800	–	–

Обработка данных многолетних среднемесячных расходов Арзаканских родников показывает, что высокие расходы были зарегистрированы в 2012–2013 гг., после чего с каждым годом расход родников уменьшается по линейной зависимости до настоящего времени (рис. 2).

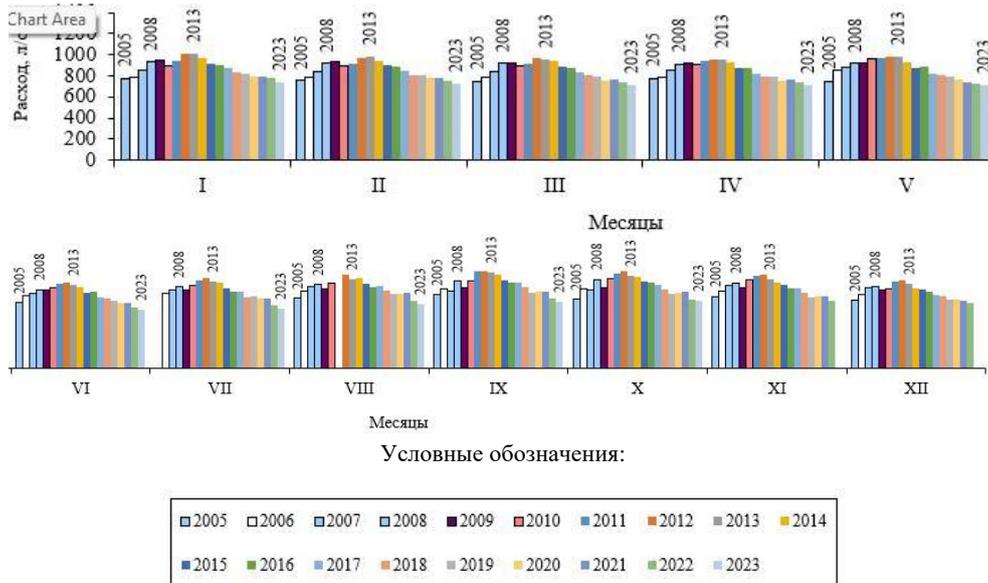


Рис. 2. График среднемесячных расходов Арзаканских родников с 2005 г. по 2023 г.

Коэффициент уменьшения расходов определяется по формуле:

$$K = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} 100\% ,$$

где  $Q_{\max}$  – среднемесячный расход родника в водообильном году;  $Q_{\min}$  – среднемесячный расход того же месяца в маловодном году.

Согласно полученным результатам, расход родников в настоящее время уменьшился от 25% до 33% по сравнению с 2012–2013 гг. Это может свидетельствовать о том, что снежный покров, который является основным источником формирования подземных вод Арзаканских родников, также уменьшился на такую же величину.

С целью установления связи между изменением расходов родников и их химическим составом, нами обработаны данные химического состава исследуемых родников за период времени с 2005 г. по 2023 г. (рис. 3).

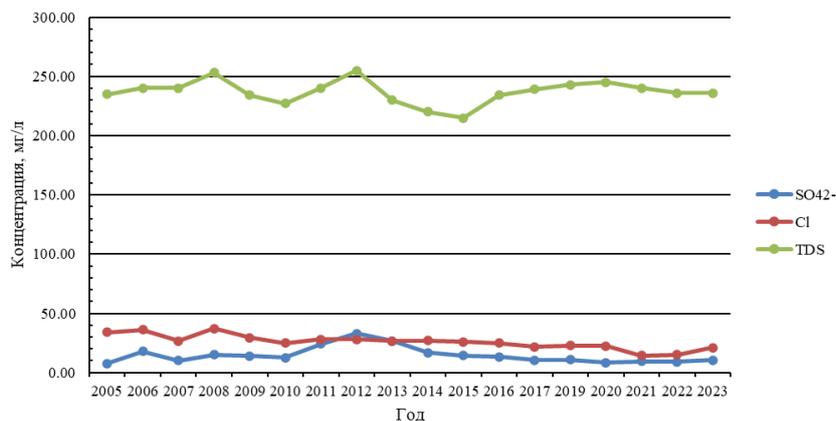


Рис. 3. График среднегодовых колебаний хлоридов, сульфатов и сухого остатка (TDS) Арзаканских родников с 2005 г. по 2023 г.

По графику колебаний химического состава родников можно заметить, что резких изменений минерализации не наблюдается, а колебания различных ионов находятся в естественных границах и не коррелируются с линейным понижением расхода родников.

Однако, следует отметить, что наблюдается повышение концентрации сульфат-ионов в максимальные 2012–2013 годы. Согласно графику (рис. 3), наблюдаются незначительные колебания сухого остатка за период с 2008 г. по 2016 г., но это может быть связано с определением сухого остатка различными методами. Лабораторией не регистрируется метод анализа и за сухой остаток принимаются результаты различных методов: выпаривание воды, суммирование ионов химического анализа (т.е. минерализация), а в последние годы сухой остаток измеряется с помощью кондуктометра. Поэтому самыми надежными показателями колебаний являются те макрокомпоненты химического состава подземных вод, которые всегда определялись одними и теми же методами. Согласно графику, колебания хлоридов плавные (14,55–37,1 мг/л), а колебания нитратов резкие – изменяются в пределах 5–10 мг/л, концентрация фторидов

незначительна и колеблется в пределах 0,3–0,6 мг/л. Водородный показатель изменяется в пределах 6,8–7,8 и не коррелируется с колебаниями расходов. Перманганатная окисляемость изменяется в пределах 0,48–1,44 мг О<sub>2</sub>/л, а общая жесткость – в пределах 2,4–2,9 ммоль/л. К сожалению, за рассматриваемые годы анализы катионов кальция, магния, калия и натрия, а также гидрокарбонат-ионов не проводился. Обработка данных химического анализа указывает на то, что химический состав находится в естественных значениях и не зависит от резкого уменьшения расходов родников.

**Дискуссии и обсуждения.** Изменение климата является неопровержимым фактом, которое в глобальном масштабе проявляется в виде потепления и таяния ледников. В региональном масштабе оно проявляется в увеличении частоты катаклизмов в прибрежных регионах и увеличении частоты жарких дней и ливневых дождей в материковой части.

В настоящее время не имеется научно-обоснованной теоретической основы для объяснения причин потепления. Однако, мировая общественность в лице развитых стран основной причиной изменения климата считает промышленные выбросы парниковых газов, для борьбы с которыми выделяются большие финансовые ресурсы. Общеизвестно, что при геологическом развитии Земли только за четвертичный период достоверно известно о четырех изменениях климата – оледенениях и понижениях уровня мирового океана и межледниковых потеплениях. Однако в эти времена не существовало антропогенного фактора.

Различными научными и политическими организациями разработаны модели по прогнозу изменения климата по различным сценариям (МГЭИК, METRAS), которые различными некомпетентными общественными организациями использовались для моделирования изменения климата до 2100 г. для территории Армении и опубликованы в виде национальных сообщений. Сравнительный анализ полученных в работе данных с докладами МГЭИК показал, что прогнозы различных сценариев МГЭИК недостоверны. А в прогнозах METRAS указано, что нехватка фактического материала усложняет точность расчетов.

**Заключение.** По результатам данной работы можно прийти к следующим выводам:

1. изменение климата приводит к уменьшению расходов подземных вод Армении и, в частности, подземных вод Центрального вулканического нагорья.

2. Областью формирования подземных вод Центрального вулканического нагорья Армении являются высокогорные зоны окаймляющих вулканических гор. Здесь в питании подземных вод главное место занимают зимние осадки в виде снежного покрова, которые при медленном таянии питают подземные воды. В качестве примера рассмотрены Арзаканские родники, разгружающиеся в долине р. Раздан, а областью их питания являются западные склоны Гегамского хребта.

3. Для нахождения зависимости между осадками в области питания и расходом родниковых вод в области разгрузки, рассчитано приблизительное время движения подземных вод от зоны питания до зоны разгрузки, где расстояние между ними составляет 24 км, а расчетное время – 6,5 лет.

4. Установлено, что с 2013 г. по 2023 г. расходы родников уменьшались по линейной зависимости, уменьшение составляет 24–33%.

5. Изменений химического состава родниковых вод от уменьшения расходов не установлены, кроме сульфат-иона, концентрация которого увеличивается с увеличением расхода родников. Требуется дальнейших исследований предположение о том, что повышение содержания сульфат-ионов может служить предвестником увеличения расхода родников.

6. Проведен обзор основных национальных сообщений по прогнозу изменения климата Армении до 2100 г. по различным сценариям (МГЭИК, METRAS). В сфере прогнозов количественных изменений водных ресурсов они научно не обоснованы и не имеют практического значения.

7. По результатам исследований предполагается, что по количеству осадков в высокогорной зоне возможно обоснованно прогнозировать изменения расхода подземных вод для исследуемых родников на 6–7 лет вперед.

Поступила 20.02.2024

Получена с рецензии 18.03.2024

Утверждена 12.04.2024

#### ЛИТЕРАТУРА

1. IPCC: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C. Cambridge University Press (2018).
2. Armenia's Third National Communication on Climate Change. Yerevan, Lusabats Publishing House (2015), 165.
3. Fourth National Communication on Climate Change. Yerevan, UNDP Armenia (2020), 213.
4. The Socio-Economic Impact of Climate Change in Armenia. Yerevan, UNDP Armenia (2009), 136.
5. Геология Арм. ССР. Гидрогеология (под ред. В.А. Аветисяна и Г.Г. Мартиросяна). Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 8 (1974), 124–191.
6. Гольдберг В.М. и др. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод. ВСЕГИНГЕО (1988), 76.

Ա. Հ. ԱՂԻՆՅԱՆ, Տ. Գ. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

ԿԼԻՄԱՅԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ  
ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՍՏՈՐԵԿՐՅԱ ՋՐԵՐԻ  
ԲՆԱԿԱՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հայաստանի խմելու ջրամատակարարումը հիմնականում ապահովվում է հրաբխային բարձրավանդակի բարձրորակ ստորերկրյա ջրերով: Վերջին տասնամյակում նկատվում է աղբյուրների հոսքի անընդհատ նվազում, ինչը պայմանավորված է տեղումների քանակի նվազմամբ: Ստորերկրյա ջրերի

ձևավորման գործում հիմնական դերը կատարում են տեղումները սնման գոտում՝ 2500 մ-ից բարձր բացարձակ բարձրությունների վրա: Ստորերկրյա ջրերի ձևավորումը տեղի է ունենում ճեղքավորված հրաբխային ապարներում, իսկ կուտակումն ու շարժումը տեղի են ունենում թաղված գետահովիտներում:

Տարբեր գիտական և քաղաքական կազմակերպություններ մշակել են տարբեր սցենարներով կլիմայի փոփոխության կանխատեսման մոդելներ (IPCC, METRAS), որոնք տարբեր հասարակական կազմակերպությունների կողմից գործածվել են մինչև 2100 թ.-ը Հայաստանի տարածքում կլիմայի փոփոխությունը մոդելավորելու համար և հրապարակվել ազգային հաղորդագրությունների տեսքով: Աշխատանքում ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ ICCP տարբեր սցենարներով կանխատեսումները հավաստի չեն: Իսկ METRAS-ի օգնությամբ կանխատեսումների հեղինակները նշում են, որ փաստացի տվյալների սակավության պատճառով կանխատեսումներն իրականությունից հեռու են:

Կլիմայի գլոբալ փոփոխությունը հանգեցնում է ստորերկրյա ջրերի հոսքի նվազմանը Հայաստանում և, մասնավորապես, Կենտրոնական հրաբխային բարձրավանդակի սահմաններում: Արգականի աղբյուրների օրինակով հողվածում հաշվարկվել է սնման մարզից մինչև բեռնաթափման մարզ ստորերկրյա ջրերի շարժման մոտավոր ժամանակը, որտեղ հեռավորությունը կազմում է 24 կմ, իսկ հաշվարկային ժամանակը՝ 6,5 տարի: Բացահայտվել է, որ 2013 թ.-ից մինչև 2023 թ.-ը աղբյուրների ծախսը նվազել է, ըստ գծային կախվածության, 24–33%-ով: Աղբյուրների ջրերի քիմիական կազմի փոփոխություններ, կապված ստորերկրյա հոսքի նվազման հետ, չեն նկատվել, բացառությամբ սուլֆատ-իոնի, որի կոնցենտրացիան մեծանում է աղբյուրների ծախսի ավելացման հետ: Այն ենթադրությունը, որ սուլֆատ-իոնի պարունակության ավելացումը կարող է ծառայել որպես աղբյուրների հոսքի ավելացման նախանշան, պահանջում է հետագա հետազոտություններ: Հետազոտության արդյունքների հիման վրա ենթադրվում է, որ բարձրլեռնային գոտում տեղումների քանակով հնարավոր է կանխագուշակել ուսումնասիրվող աղբյուրների ծախսը հաջորդող 6–7 տարիների համար:

A. H. AGHINIAN, T. G. MKRTCHYAN

## IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON NATURAL GROUNDWATER RESOURCES OF THE CENTRAL VOLCANIC HIGHLANDS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

### Summary

Armenia's drinking water supply is mainly provided by high-quality groundwater from the volcanic highlands. Over the past decade, there has been a constant decline in the flow of springs, which is due to a decrease in precipitation. The main role in the formation of groundwater is played by precipitation in the recharge zone – at absolute elevations above 2500 m. Groundwater formation

occurs in fractured volcanic rocks, and accumulation and movement occur in buried river valleys.

Various scientific and political organizations have developed models for climate change projection under various scenarios (IPCC, METRAS), which were used by various public organizations to simulate climate change until 2100 for the territory of Armenia and published in the form of national communications. A comparative analysis of the data obtained in the work with the IPCC reports showed that the forecasts of various IPCC scenarios are not reliable. And METRAS forecasts indicate that the lack of factual material complicates the accuracy of calculations.

To find out the relationship between precipitation in the recharge area and the flow rate of springs, the approximate groundwater residence time was calculated using the pattern of the Arzakan springs, where the groundwater travel distance is 24 *km* and the estimated time was calculated as 6.5 years. It was found that from 2013 to 2023, the flow rates of springs decreased according to a linear dependence, and the decrease in flow rates was 24–33%. Changes in the chemical composition of spring waters due to a decrease in flow rates have not been established, except for sulfate ion, the concentration of which increases with increasing flow rates of springs. The assumption that an increase in the content of sulfate ions may serve as a precursor of an increase in the flow rate of springs requires further research. Based on the research results, it is assumed that based on the amount of precipitation in the high-mountain zone, it is possible to reasonably project the groundwater flow rate for the studied springs for upcoming 6–7 years.