

Министерство образования и науки РФ  
Российский фонд фундаментальных исследований  
Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет  
Белгородское региональное отделение «Русского географического  
общества»

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ  
В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ  
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

Материалы  
VI Международной научной конференции

Белгород, 12-16 октября 2015 г.

Белгород  
2015

УДК:551.444

## ГИДРОГЕОХИМИЯ ПЕЩЕР ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Кудерина Т.М.<sup>1</sup>, Мавлюдов Б.Р.<sup>1</sup>, Грабенко Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт географии РАН, Москва;

<sup>2</sup>Кавказский государственный природный биосферный заповедник, Майкоп, Россия

Уникальный карстовый район глобального масштаба расположен на Западном Кавказе. Здесь в известняковых массивах Адыгеи, в районе Большого Сочи, Абхазии, Западной Грузии находятся самые большие и глубокие карстовые пещеры – Воронцовская система (длина 8000 м), Снежная (разведано 1370 м, всего 19 км), Новоафонская пещера (3285 м), Абрскила (2500 м), Крубере-Воронья – глубочайшая (на начало 2015 года) пещера мира (глубина 2199 м), Ткибула-Дзеврула (длина 1800 м, глубина 280 м), Келасурская (длина 1380 м, глубина 100 м), Большая Ахунская (1200 м), Азишская пещера (1280 м) и многие другие.

Карстовые полости в карбонатных породах, слагающих передовые хребты, образуются при взаимодействии карбонатных трещиноватых пород с разломными водами и атмосферными обильными осадками, насыщенными углекислотой.

В карстовых пещерах Западного Кавказа, большая часть которых начала изучаться в 60-70-х годах, проводились комплексные минералогические, литохимические и гидрогеологические исследования [1, 2, 3, 4 и др.]. В настоящее время активные исследования проводятся на нескольких основных карстовых массивах [5, 6, 7, 8]. Однако часто осуществляется только спортивная проходка пещер с морфологическим описанием [9].

Целью наших исследований 2013-14 гг. является определение современного геохимического состояния основных водных компонентов пещер северного и южного макросклона Западного Кавказа на примере Азишской пещеры, Новоафонской пещеры и пещеры Абрскил. Анализ атмосферных осадков, окрестных поверхностных, разломных и пещерных вод поможет понять процессы взаимодействия этих компонентов при функционировании этих карстовых образований.

Большая Азишская пещера (общая длина 1280 м) – одна из самых красивых и интересных пещер северного склона Западного Кавказа, расположенная в южной части на северо-западном склоне хребта Азиш-Тау в 12 км от поселка Хамышки. Пещера выработана в верхнеюрских доломитизированных известняках, которые имеют слабое падение (около 5°) на северо-запад. Пещера состоит из нескольких гротов, достигающих 25 м длины и высоты и соединенных ходами, по дну которых протекает подземная река. Последние специальные микроклиматические исследования на Западном Кавказе проводились экспедиционными группами географического факультета Кубанского государственного университета в содружестве с краснодарскими спелеологами, по материалам которых были даны рекомендации по эксплуатации Большой Азишской пещеры, оборудованной и открытой для посещения в 1987 г. В пещере не обнаружено очень резких поднятий уровня подземной реки, температура воды в потоке невысока (в среднем 5,4 °С). Температура воздуха в экскурсионной части пещеры колеблется от 0,6 °С зимой до 5,9 °С летом при влажности, близкой к 98 % (<http://www.ooptkk.ru/>).

Новоафонский карстовый район занимает центральное положение в зоне Черноморского побережья Абхазии [10]. Ажамгвский антиклинальный хребет, где заложена Новоафонская пещера, сложен тектонически нарушенными барремскими известняками. Поверхностные водотоки очень малочисленны. Площади водосбора трудно определяются, вода уходит по трещинам и порам в породе. Много карстовых источников и рек образуется на южном склоне Бзыбского хребта [3]. Подземный водообмен в карстовых областях вызывает перераспределение стока по территории. Верхняя часть бассейна реки представлена суходолами в виде воронкообразных ям и колодцев, поглощающих талые и дождевые воды. Разгрузка вод наблюдается в нижних гипсометрических зонах на контакте известняков с водонепроницаемыми породами. Крупнейшие карстовые источники, выходящие на высоте 70 м из трещин известняковой скалы барремского яруса близ с. Отхара, дают начало р. Мчиш (Черная), впадающей в море между Гудаута и Гагра. Средний годовой расход составляет около 9 м<sup>3</sup>/сек, причем минимальный в сентябре 4,3 м<sup>3</sup>/сек, а максимальный в мае – 15,8 м<sup>3</sup>/сек. Температура воды равна 9-10 °С. Маниакварские источники в новом Афоне имеют относительно устойчивую и довольно низкую температуру воды (средняя годовая 12,8 °С за период 1964-65 гг.), что свидетельствует об отдаленности очагов поглощения поверхностных вод от мест их разгрузки.

Новоафонская пещерная система (глубиной 183 м) расположена в известняковых массивах Афонской (500 м над у. м.) и Иверской (350 м над у.м.) гор [2]. Внутри пещер формируется особый микроклимат с относительно стабильными условиями (температура воздуха колеблется около 13-14 °С) [11]. В пещерах образуются сталактиты и сталагмиты, формирующиеся за счет растворения карбонатных пород подземными водами. Пещеры

представляют собой сложную геохимическую систему. Связь крупных полостей пещеры практически не доказана, но подтверждается гидрогеологическими и минералогическими исследованиями. Годовое количество осадков составляет в среднем 1200 мм (максимум – ноябрь, декабрь, минимум – весной). В последние годы количество осадков возросло до 1940 мм [11].

К крупным пещерам региона относится также пещера Абрскил (Отап) длиной 2500 м, расположенная на западном склоне одного из южных отрогов Кодорского хребта, в 28 км к северо-востоку от Очамчиры. Пещера представлена основным извилистым коридором шириной 3–4 м и рядом гротов высотой 40 – 50 м, по дну которых залегают глинистые отложения. Пещерные озера обрамлены кальцитово-корочкой. Подземная река Ачхитизго вытекает из пещеры Абрскила (расход воды – 69 л/сек, температура – 13,8 °С).

Аналитические исследования проводились в Институте географии РАН и в лаборатории отдела минералогии, изотопной геохимии и геоэкологии ЦНИГРИ (содержание химических элементов методом ICP MS на приборе ELAN–6100).

Результаты измерений температуры, минерализации и pH воды в системе пещер Азишская, Новоафонская и Абрскил, а также окружающих поверхностных и подземных источников проводились портативным кондуктометром «Hanna-HI 98129» (табл. 1).

Измерения показали, что в целом пещерные воды относятся к слабощелочным, только в нижних частях Новоафонской пещеры щелочность увеличивается. В капели и натечных водах минерализация больше, чем в водах днищ пещер. Измерения в капелях подобны по кислотности и минерализации, что говорит о едином источнике вод капелей – это конденсационные воды, особенно в летний период года, и инфильтрационные (дождевые и снеговые). Озера в Новоафонской пещере в глубокую межень, которая отмечалась в начале сентября 2014 г., являются изолированными и не имеют связи друг с другом. Пещерные воды северного макросклона Западного Кавказа более минерализованы, чем южные. Возможно, последние разбавляются за счёт большего количества поступающих метеорных вод.

Таблица 1

**Показатели pH, минерализации и температуры воды в Новоафонской пещере**

Место	Компонент	pH	Минерализация, мг/л	Температура воды, °С
1	2	3	4	5
Азишская пещера	пещерная река	7,7	170	
Новоафонская пещера, зал Анакопия	озеро	7,5	135	
Новоафонская пещера, зал Махаджиров	капель	8,0	155-210	15,5
Новоафонская пещера, зал Махаджиров	натечные воды	7,7-7,8	150-280	13,0
Новоафонская пещера, Зал Нартаа	озеро Нартаа	7,9	94-120	12,2
Новоафонская пещера, зал Нартаа	капель	8,2	117	12,8
Новоафонская пещера, Гелектитовый зал	натечные воды	7,9-8	149-190	13,6
Новоафонская пещера, Каньон	натечные воды	7,9	150	14,0
Новоафонская пещера, зал Апсны	капель	7,8	157-165	14,2

1	2	3	4	5
Абрскил	капель	7,6	150	
Абрскил	натечные воды	7,6	200	
Абрскил	пещерная река на выходе	7,5	100	
Источник Псырцха	подземные воды	7,8	239	13,0
Р. Аапста	речные воды	7,9	150	25,4
Исток р. Мчиц	подземные воды	7,6	126	11,3
Абхазия	атмос.осадки	5,8-8,7	8-37	22

Измерения температуры воды в абхазских пещерах и истоков реки источников в сентябре 2014 г. близки, что говорит о их генетической связи.

Измерение температуры воды в каплях и озерах Новоафонской пещеры показало разницу до 2 °С. Вероятно, существуют две водоносные системы в пещере: верхняя (капель) и нижняя (озера), которые прямо не связаны между собой (за исключением стока воды со сталагмитов и капель в сторону озер). Сравнение показателей рН и минерализации с исследованиями 2006-2007 гг. [5] указывает на уменьшение щелочности и минерализации пещерных вод в целом.

Расчет кларков концентрации в пещерных и поверхностных водах выявил химические элементы с высокой интенсивностью накопления (табл. 2). Максимальные концентрации углерода в водах связаны с интенсивным промывным режимом почв и пород Абхазии и близостью моря. Обогащение вод легкорастворимым органическим веществом происходит особенно заметно в период мощных осадков, которые наблюдались в период проведения экспедиций (сентябрь-октябрь 2013 и 2014 гг.). Высокие концентрации брома и йода, возможно, образуются также под влиянием черноморских вод. К элементам слабого накопления относятся химические элементы, характеризующие вмещающие породы. Антропогенное влияние отмечено только в залах пещер с интенсивной рекреационной нагрузкой.

Таблица 2

**Интенсивность накопления химических элементов в пещерных и поверхностных водах (Абхазия)**

Место отбора проб	Интенсивность накопления, n			
	Слабая n <10	Средняя 10-50	Высокая 50-100	Очень высокая n >100
Новоафонская пещера, капель	Ca, Ba, Sr, Se, W	Br, I		C
Новоафонская пещера, натечные воды	Ca, W, Hg	Se, I	Br	C
Новоафонская пещера, озера	Ca, Se, W	Br, I		C
Абрскил, капель	Ca, W, Se	Br, I		C
Абрскил, натечные воды	Ca, W, Hg, Se	Br, I		C
Абрскил, река	Ca, W, Se, I	Br,		C
исток р. Мчиц	Mg, Ca, Se	I	Br	C
Атмосферные осадки	Se	Br, I, C		

Таким образом, химический состав вод изучаемых карстовых полостей рассматривается в геохимической системе: атмосферные осадки – пещерная капель – пещерные натежные воды – пещерные озера – реки на выходе. Среди элементов глобального значения выделяются углерод и кальций, находящиеся в неразрывной генетической связи – взаимодействие атмосферного  $\text{CO}_2$  с карбонатными породами. Анализ гидрохимических параметров показывает, что воды относятся в гидрокарбонатно-кальциевым. Источник питания в верхних частях пещер атмосферные осадки, в нижних – подземные воды, с участием атмосферной и поверхностной влаги при их длительной фильтрации.

Уникальные карстовые геохимические ландшафты Западного Кавказа формируют региональную гидрологическую структуру. При наличии антропогенной нагрузки они очень уязвимы и требуют постоянного экологического мониторинга для уменьшения отрицательных последствий при их использовании.

*Исследования проводились при поддержке проекта РФФИ 15-55-40014*

### Литература

1. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. - Изд. "Мысль". 1977. 392 с.
2. Тинтилозов З. Ново-Афонская пещера. - Изд. «СабчотаСакартвелო», Тбилиси. 1975. 40 с.
3. Гигинейшвили Г.Н. Карстовые воды Большого Кавказа и основные проблемы гидрологии карста. Изд-во «Мецниереба», Тбилиси. 1979. 224 с.
4. Остапенко А.А. Подземные формы карста в сульфатных отложениях Западного Кавказа. - Автореферат на соиск. степени к.г.н. 2001.
5. Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К., Кудерина Т.М. Гидрология и гидрохимия карстовых подземных вод Новоафонской пещеры. - В сборнике материалов V НПК "Карст и пещеры Кавказа". Сочи, 2014. С. 9-18.
6. Мавлюдов Б.Р., Экба Я.А., Дбар Р.С. Некоторые особенности гидрологии Новоафонской пещеры. - В сборнике материалов V НПК "Карст и пещеры Кавказа". Сочи, 2014. С. 18-25.
7. Mikhalenko V., Kozachek A. and Ekba J. Ground water stable isotopic composition in the caves of the South-Western Caucasus (в печати).
8. Резван В.Д., Захаров Е.В. Результаты исследований подземных карстовых форм хребта Алек (Западный Кавказ, Сочинский спелеологический район) – В сб. «Пещеры». Пермь: Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, 2011. Вып. 34. С. 5-19.
9. Остапенко А.А. Спелеоисследования на Западном Кавказе: факторы, состояние, перспективы // Новые способы мотивации труда и производства. Мат-лы международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Ч. 2. Краснодар, 1998. С. 223-225.
10. Кавришвили К.В. Природа карстовых территорий черноморского побережья Грузии. Тбилиси, «Мецниереба», 1988.
11. Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К. Изменчивость абиотических компонентов карстовых пещер под влиянием естественных и антропогенных факторов / Устойчивое развитие горных территорий. №4 (22), 2014 г. С. 93-97.