Где бы не работал
В.Н. Дублянский - в
Симферополе, Перми,
Санкт-Петербурге - под
стеклом его рабочего
стола всегда лежала
выписка из стихотворения А. Твардовского:



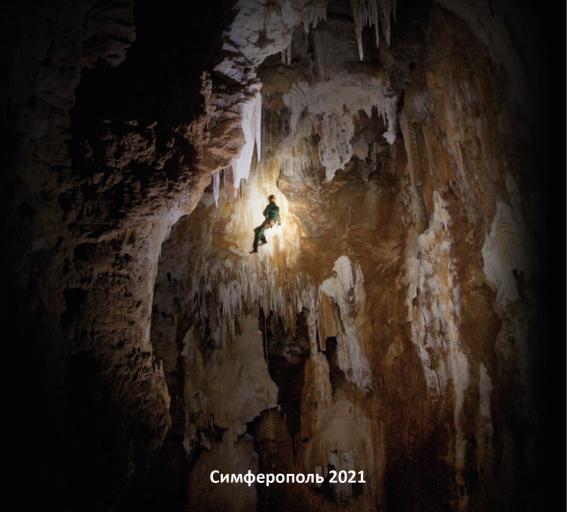
І КРЫМСКИЕ КАРСТОЛОГИЧ

Некогда. Времени нет для мороки, В самый обрез для работы оно. Жесткие сроки – отличные сроки, Если иных нам уже не дано...

Это краткое четверостишье как нельзя точно и ярко отражает жизненный стиль ученого и является своеобразным ориентиром для молодого поколения карстологов и спелеологов.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОЙ КАРСТОЛОГИИ И СПЕЛЕОЛОГИИ

Материалы Международной научно-практической конференции III КРЫМСКИЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ



ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского Таврическая академия Факультет географии, геоэкологии и туризма

Факультет географии, геоэкологии и туризма
Учебно-методический научный центр
«Институт спелеологии и карстологии»
Отделение Русского географического общества в Республ

Отделение Русского географического общества в Республике Крым Российский союз спелеологов



ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОЙ КАРСТОЛОГИИ И СПЕЛЕОЛОГИИ

Материалы Международной научно-практической конференции

ІІІ КРЫМСКИЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ

посвященной 90-летию выдающегося ученого-карстолога профессора В.Н. Дублянского и международному году пещер и карста

Симферополь, Республика Крым, Россия 27-30 сентября 2021 г.

Теория и практика современной карстологии и спелеологии. Материалы Международной научно-практической конференции III КРЫМСКИЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ, Симферополь, 27-30 сентября 2021 г. – Симферополь, 2021. – 172 с.

В сборнике освещены современное состояние картолого-спелеологических исследований и актуальные проблемы практического использования подземных пространств в России. Представлено 28 статей, посвященных памяти В.Н. Дублянского, фундаментальным и прикладным вопросам карстологии, комплексным спелеологическим и спелестологическим исследованиям, новым разработкам в спелеоэкскурсоведении.

Theory and practice of modern karstology and speleology. Proceedings of the International scientific-practical conference III CRIMEAN CARSTOLOGICAL READINGS, Simferopol, September 27-30th, 2021. – Simferopol, 2021. – 172 p.

State of the art of karstological and speleological researches and the actual issues of practical use of underground spaces in Russia are shown in the proceedings. 28 papers dedicated to the memory of V.N. Dublyansky, fundamental and applied issues of karstology, complex speleological and spelestological research, new developments in speleo-excursion studies are presented.

Организационный комитет III Крымских карстологических чтений: Председатель Организационного комитета — проф., д.г.н. Вахрушев Б.А. Члены Оргкомитета: к.г.н. Амеличев Г.Н., д.г.-м.н. Дублянский Ю.В., д.г.н. Кадебская О.И., д.г.н. Климчук А.Б., к.г.н. Лукьяненко Е.А., Самохин Г.В., к.г.-м.н. Тищенко А.И., к.г.-м.н. Филиппов А.Г., Червяцова О.Я., д.ф.-м.н. Шелепин А.Л.

Ответственные секретари: Науменко В.Г., к.г.н. Токарев С.В. Компьютерная верстка — Амеличев Е.Г. Фото на передней обложке — «В пещере Кара-Мурза» (Токарев С.В.). Текст на задней обложке — Амеличев Г.Н.

Все статьи публикуются в авторской редакции

© Коллектив авторов, 2021

© Учебно-методический научный центр «Институт спелеологии и карстологии» и факультет географии, геоэкологии и туризма Таврической академии Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, 2021

ПАМЯТИ В.Н. ДУБЛЯНСКОГО. СПЕЛЕОЭКСКУРСОВЕДЕНИЕ

УДК 551.4:929

«КУНГУРСКИЕ ВСТРЕЧИ». В.Н. ДУБЛЯНСКИЙ И ЭКСКУРСОВОДЫ КУНГУРСКОЙ ПЕЩЕРЫ

Козлова Н.Н., Носкова Е.С., Стёпина М.М.

ООО «Сталагмит-Экскурс», Кунгур, Пермский край, Россия; stalagmit@kungurcave.ru

Аннотация: Статья посвящена кунгурскому этапу жизни и творчества выдающегося отечественного спелеолога профессора В.Н. Дублянского. Описаны его встречи и научная работа с экскурсоводами Кунгурской Ледяной пещеры на Урале.

Ключевые слова: Дублянский В.Н., Кунгурская пещера, экскурсионное дело, карст.

"KUNGUR MEETINGS". V.N. DUBLYANSKY AND KUNGUR CAVE GUIDES

Kozlova N.N., Noskova E.S., Stepina M.M.

LLC "Stalagmit-Excursus", Kungur, Perm region, Russia; stalagmit@kungurcave.ru

Abstract: The article is devoted to the Kungur stage in the life and work of the outstanding russian speleologist professor V.N. Dublyansky. His meetings and scientific work with the guides of the Kungur Ice Cave in the Urals are described.

Keywords: Dublyansky V.N., Kungurskaya cave, excursion business, karst.

На протяжении веков люди мировой науки проявляли интерес к Кунгурской ледяной пещере. Успехи в ее исследованиях впечатляют не только ученых, но и тех посетителей, кто знакомится сегодня с удивительным подземным миром.

Экскурсионное дело в Кунгурской пещере было поставлено на научную основу с 1948 г., с момента организации в Кунгуре карстового стационара МГУ. Пещера на два десятилетия стала его структурным подразделением. Нам, экскурсоводам XXI века, остается лишь завидовать коллегам, которым посчастливилось работать и общаться с замечательными учеными – сотрудниками стационара: В.С. Лукиным, Е.П. Дорофеевым, Ю.А. Ежовым, В.Н. Андрейчуком. Интеллигентные, широко образованные, открытые для общения, они щедро делились знаниями, удивляли своим философским видением меняющегося мира природы и людей. И настоящим подарком судьбы, чрезвычайно важным для дальнейшего профессионального роста, стали наши

встречи, беседы и лекции с Виктором Николаевичем Дублянским в 1997-2003 гг.

До знакомства с ним мы не связывали его имя с пространством Кунгурской пещеры, не знали о его давних научных связях с коллективом Кунгурского стационара. «Настоящим» (читающим) экскурсоводам пещеры он был известен наряду с другими знаменитыми спелеологами (М. Сифром, Н. Кастере), главным образом, по книгам, самой популярной из которых была «Вслед за каплей воды» [2]. Сейчас очень трудно сложить из отдельных фрагментов какую-то общую картину. 1997 год – время в стационаре было «смутное», после смерти В.С. Лукина и особенно Е.П. Дорофеева, который много лет посвятил работе с коллективом экскурсоводов, после отъезда из Кунгура В.Н. Андрейчука многолетние тесные связи с нашим «домом науки» разладились. В этот сложный период мы и познакомились с В.Н. Дублянским. В маленькой кухне, расположенной на втором этаже стационара, нас представили ему молодые сотрудники – О. и Ю. Кадебские. Первую минуту встречи я (-H.К.) помню очень ярко: красивый, улыбающийся «мэтр» встает и приветствует нас комплиментами: «Какие вы удивительные люди – экскурсоводы! Вот я никогда не смогу стать хорошим экскурсоводом – меня просто перестанут слушать» (профессор явно скромничал, имея большой опыт полевых экскурсий). Далее последовали расспросы о том, кто сколько лет работает в пещере, кто и как пришел в эту профессию, какие вопросы задают туристы на экскурсиях, и др. Такой доброжелательный и в то же время профессиональный диалог послужил основой для наших дальнейших встреч.

Нас тогда интересовало все: почему в гипсовой пещере такие большие объемы гротов? Почему так много озер? Зачем человек идет в пещеру? Какие смыслы для своей жизни он извлечет из этого? И, конечно, один из главных вопросов – будут ли пещеры интересны человеку в будущем, через 10-20-30 лет? Все это обсуждалось на серии семинаров и лекций, которые сам В.Н. Дублянский назвал «Семь встреч – семь тайн». И первая из них, на которой присутствовало довольно много экскурсоводов, была посвящена летучим мышам и подземному фольклору – байкам, анекдотам, воспоминаниям, стихам и песням. Это была такая удивительная и необычная встреча-спектакль в формате ученый – популяризатор (экскурсовод). Сила личности, обаяния, научный авторитет В.Н. Дублянского сплотили тогда коллектив экскурсоводов, ослабленный развалом и деградацией туристской сферы в стране, и придали его работе новые смыслы. Нельзя забывать, что тогда шел напряженный процесс спасения и обработки бесценного научного материала, накопленного в стационаре – результатов многолетних наблюдений в пещере, создание на их основе монографии, обобщающей опыт исследований. И в этих условиях В.Н. Дублянский, несмотря на загруженность, находил время, чтобы вычитывать и редактировать тексты наших экскурсий, сам предлагал новые подходы в объяснении сложных геологических тем. Наши встречи и совместные экскурсии в пещеру продолжались, и это особенно покоряет – мировой научный уровень в работе с непрофессионалами, не геологами, а с экскурсоводами, которые доносят результаты научных исследований и открытий до тысяч посетителей подземного мира. Это достойное, уважительное и профессиональное отношение к экскурсоводам как к коллегам очень характерно для личности В.Н. Дублянского. Я (-Н.К.) никогда не забуду маленький эпизод, подтверждающий это. Виктор Николаевич рассказывал о гипотезах, объясняющих формирование пещеры – материал очень сложный как для понимания, так и для правильной интерпретации. На замечание одного из сотрудников Кунгурского стационара («Зачем это экскурсоводам? Они все равно ничего не понимают») он (после выдержанной паузы) ответил, что не каждая научная публикация становится достоянием мировой науки, а стараниями популяризаторов научные поиски, ошибки и открытия будут известны множеству людей. «Поэтому я с такой радостью и работаю с экскурсоводами. А Вас попрошу покинуть столь уважаемую и любимую мною аудиторию».

Особо стоит отметить любовь В.Н. Дублянского к стихам и его собственный поэтический дар. Когда он рассказывал о подземном мире как поклонник высокой поэзии, он сам становился Творцом и Философом. Помню (–Н.К.), на одной из встреч мы говорили о мифе Платона «Пещера», о восприятии пещер через призму легенд и мифов. Тогда это было новым веянием в экскурсоведении. А в 2000 г. появилась книга В.Н. Дублянского «Занимательная спелеология» [1], которая сыграла важную роль в разработке популярной сегодня экскурсии «Мифы и легенды Кунгурской пещеры» (напомню, что тогда, на рубеже веков, тематических экскурсий в Кунгурской пещере еще практически не существовало!).

Общение с В.Н. Дублянским на лекциях, экскурсиях и в личных беседах помогло в раскрытии пещерного пространства в новых для того времени аспектах. Именно он в те уходящие годы XX века первым высказал мысль о Кунгурской пещере как сакральном месте. Благодаря этому уже не первый год в пещере проводятся православные действа — «Рождественская мистерия» и Великий чин освящения подземных озер в день Крещения Господня, в которых принимают участие все желающие. В 2013 г. сформировалась концепция новой экскурсии «По заповедной тропе», в основе которой также лежат материалы В.Н. Дублянского и его главная заповедь для экскурсоводов: «Делайте все интересно, не бойтесь критики и по-новому раскрывайте мир пещеры». Творческое общение с ним стало главным стимулом в подготовке и написании популярных книг о пещере экскурсоводов В.В. Раппа, О.И. Кадебской, Н.Н. Козловой и др. [3, 4, 5].

Наших встреч с Виктором Николаевичем Дублянским было немного. По-настоящему результативных, как он и запланировал – только семь. Но ес-

ли умножить их на личное общение, которое никогда не уйдет из памяти, его советы, афоризмы, эпитеты, стихи — все это настоящее наследие, которое он оставил нам как помощь, вклад в дело подготовки будущих поколений экскурсоводов знаменитой Кунгурской пещеры.

Литература

- 1. Дублянский В.Н. Занимательная спелеология. Челябинск: Урал-LTD, 2000. 528 с.
- 2. Дублянский В.Н., Илюхин В.В. Вслед за каплей воды. М.: Мысль, 1971. 206 с.
- 3. Дублянский В.Н., Кадебская О.И. По Кунгурской Ледяной пещере. Пермь: АО «Пермтурист», 2004. 135 с.
- 4. Козлова Н.Н., Наумкин Д.В., Морозова С.В. Кунгурская пещера известная и неизвестная. Кунгур: Сталагмит-Экскурс, 2016. 194 с.
- 5. Рапп В.В. Путеводитель по Кунгуру и Ледяной пещере. Пермь: АО «Пермтурист», 1999. 192 с.

УДК 551.44

КАРСТОВАЯ РЕКА ПОНЕРЕТКА (НОВГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ) - ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСКУРСИЙ

Медведева Н.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской Академии Наук, Санкт-Петербург, Россия e-mail: Medvedeva@binran.ru

Аннотация: Карстовая река Понеретка (Новгородская область) является перспективным объектом для комплексных экологических экскурсий. Понеретка представляет собой цельный, подвижный карстовый комплекс, связанный с известняками серпуховской свиты. Подземные русло и дельта Понерётки являются уникальными гидрогеологическими объектами. Также в пойме реки выявлены уникальные растительные ассоциации, включающие редкие азональные виды растений - кальцефилы — 66 видов, эфемероиды — 12 видов, орхидные — 10 видов.

Ключевые слова: карст, река Понеретка, Новгородская область, растения-кальцефилы.

THE PONERETKA KARST RIVER (NOVGOROD REGION) IS A PROMISING OBJECT FOR COMPLEX ECOLOGICAL EXCURSIONS

Medvedeva N.A.

Komarov Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia e-mail: Medvedeva@binran.ru

Annotation: The Ponerotka karst river (Novgorod region) is a promising object for complex ecological excursions. Ponerotka is a solid, mobile karst complex associated with the limestones

of the Serpukhov Formation. The underground channel and the Ponerotka delta are unique hydrogeological objects. Also, in the floodplain of the river, unique plant associations have been identified, including rare azonal plant species - calcephiles - 66 species, ephemeroids - 12 species, orchids - 10 species.

Key words: Karst, Poneretka river, Novgorod region, calcephilous plants.

В Боровичском районе Новгородской области протекает удивительная река Понерётка, которая является левым притоком реки Мсты. Удивительна она тем, что частично является подземной рекой. Считается, что свое название река получила от слова «поноры» [1]. Понерётка берёт начало из карстовых озер, которые окружены болотными массивами, образующую сложную болотную систему. Она может служить эталоном болотной системы карстового ландшафта Карбонового плато Новгородской области [2]. В среднем течении, в урочище Лучки, воды Понеретки полностью исчезают в понорах и появляются лишь в устье, в месте впадения в Мсту, в области Боровичских порогов. Здесь воды Понерётки образуют водопады из двух пещерных выходов, находящихся в каменистом вертикальном обнажении левого обрывистого берега почти на 3 м выше уровня реки Мста [3]. Это место является уникальным гидрологическим и эстетическим объектом и с 1974 года является региональным памятником природы Новгородской области с названием «Водопад устья речки Понеретка» [7].

Живописная всхолмленная территория в области Понерётки богата разнообразными проявлениями карста и представляет собой цельный, масштабный и подвижный карстовый комплекс, который связан с известняками серпуховской свиты [4]. В его состав входит котловина с понорами в урочище Лучки, куда уходят воды Понерётки, и сухая, зарастающая лесом и задернованная долина реки длиной около 2 км. В сухой долине реки выявлены уникальные растительные ассоциации, включающие редкие азональные виды растений - кальцефилы – 66 видов, эфемероиды – 12 видов, орхидные – 10 видов [7], в том числе и самая крупная орхидея северо-запада России Венерин башмачок обыкновенный, занесенный в Красную книгу России [5]. Заканчивается сухая долина каньоном со ступенями бывших водопадов у берега реки Мсты.

Подземные русло и дельта Понерётки также являются уникальными гидрогеологическими объектами для исследования карста. Однако подземное русло почти не изучено и о его строении имеются отрывочные данные, собранные любителями природы [6]. Неизвестно до сих пор, где находятся почти 2 км обводненного подземного русла реки и почему действующее русло располагается в 600 м выше по течению Мсты. Ее коренной берег между двумя устьями устлан карстовыми воронками и выходами подземных вод. Пещера, называемая также Понерёткой, выработана в известняках карбона. Она является одной из крупнейших пещер в центральной части Русской

платформы. Но для исследовательской работы она мало доступна. Спелеологами под землей были обнаружены различные пещерные проявления: ходы, лазы, сифоны, залы, озера, уступы и даже галереи протяженностью в десятки метров и высотой в человеческий рост. В настоящее время длина ходов пещеры составляет 1420 м, тогда как площадь картированного лабиринта представляет собой небольшой прямоугольник около 200х250м, примыкающий к берегу Мсты. Глубина залегания пещеры составляет 4 м. Вход в пещеру можно увидеть в 400-500 м выше впадения сухого русла Понерётки во Мсту. Вход в пещеру представляет собой 2 невысоких (около 0,7-0,8м) отверстия в береговом обрыве Мсты, из которых небольшими водопадами вытекает речка. Зайдя в пещеру через левое из них, через несколько метров попадаешь к полусифону. В высокую воду здесь в широком, но низком ходе образуется протяженный сифон. Метров через 15 в потолке - выход на сухой этаж, в этом месте можно встать. Ходы в основном широкие и низкие, местами с песком на полу, образуют довольно сложную разветвленную систему. В пещере обитают летучие мыши.

Таким образом, карстовая река Понеретка является уникальным природным объектом северо-запада России и перспективным объектом для комплексных экологических экскурсий.

Литература

- 1. Бурбан П.Ю. Атлас «Новгородская область». Великий Новгород, Φ ГУП Новгород АГП, 2008. 170 с.
- 2. Смагин В. А., 2016. Природные особенности болотной систем и истоков реки Понерётки (Боровичский район). В сб.: Материалы науч.-практ. конф. «Полевой сезон 2015: исследования и природоохранные действия на особо охраняемых природных территориях Новгородской области». СПб. 2016. С. 66—69.
- 3. Будрин В.С. Паспорт памятника природы "Урочище "Горная Мста" и карстовая речка Понеретка" // ЛКГЭ: сост. 05.10.1980.
- 4. Савицкий Ю.В., Коссовая О.Л., Евдокимова И.О., Вевель Я. А. Опорный разрез нижнего карбона реки Мсты. СПб., 2012. 120 с.
- 5. Медведева Н.А., Шелудякова М.Б., Анисимова А.С., Ефимов Т.П., Петров В.К. Ботанические исследования в окрестностях села Ровное (Новгородская область, Боровичский район)// Природные и культурные аспекты долгосрочных экологических исследований на Северо-Западе России. Материалы XIII Региональной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» 2019, к 150-летию со дня рождения Николая Адольфовича Буша— одного из основателей Петергофского естественно-научного института. 2019. С. 190-193.
 - 6. Ивановский Г. И. 1960–1976. Понерётка: собрание рукописей и материалов. 179 с.
 - 7. http://oopt.aari.ru/oopt/Водопад-устья-речки-Понеретки

УДК 069.02:5

КАРСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В МУЗЕЙНОЙ ПРАКТИКЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МУЗЕЯ (НА ПРИМЕРЕ МУЗЕЯ КАРСТА И СПЕЛЕОЛОГИИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА УРО РАН)

Наумкин Д.В., Осетрова О.И.

Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Пермь, Россия; calliope28@mail.ru

Аннотация: В статье рассказывается об интерпретации такого природного явления, как карст, в музейной практике — в данном случае в экспозиционной и выставочной работе ведомственного музея карста и спелеологии Горного института УрО РАН. **Ключевые слова:** музей карста и спелеологии, пещеры, экспозиция, выставки.

KARST PROCESSES AND PHENOMENA IN THE MUSEUM PRACTICE OF THE NATURAL SCIENCE MUSEUM (ON THE EXAMPLE OF THE MUSEUM OF KARST AND SPELEOLOGY OF THE MINING INSTITUTE OF THE UB RAS)

Naumkin D.V., Osetrova O.I.

Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia; calliope28@mail.ru

Abstract: The article describes the interpretation of such a natural phenomenon as karst in museum practice - in this case, in the exposition and exhibition work of the departmental museum of karst and speleology of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Keywords: museum of karst and speleology, caves, exposition, exhibitions.

Музей карста и спелеологии Горного института УрО РАН находится в г. Кунгуре, возле знаменитой Кунгурской пещеры. Музей небольшой, занимает два зала общей площадью около 100 м² на первом этаже здания Кунгурской лаборатории Горного института. При этом он является уже достаточно известным и востребованным у туристов и туроператоров элементом припещерной инфраструктуры [6; 11].

Музей относится к категории естественнонаучных музеев геологического профиля. Карстовая тематика исследований лаборатории придает ему определенную специфику; по-видимому, в нашей стране аналогичный музей (созданный стараниями Е.В. Шавриной) существует только при администрации Пинежского заповедника (Архангельская обл.), который, как и г. Кунгур, расположен в регионе с интенсивным развитием сульфатного карста.

Тематико-экспозиционный план был разработан Д.В. Наумкиным в 2005 г. Сегодня он (с незначительными изменениями) воплощен в постоянной экспозиции. Ее первые разделы являются вводными («Что такое карст?», «Распространение карста», «Условия возникновения карста»). Как правило, приезжие этого слова не знают. Поэтому в первой витрине представлена карта-схема республики Словения, цветные фото пещер Шкоцианской и Постойнской, панорама плато Крас и образец корродированного известняка оттуда (натурные образцы широко используются для оформления всех разделов экспозиции). Среди сувенирной продукции словенских пещер экспонируется путеводитель по Постойнской пещере, русский текст в котором писали сотрудники нашей лаборатории [9]. В разделе «Условия возникновения карста», помимо цветных фото различных подземных водоемов, представлен макет «Гидродинамическая вертикальная зональность карстового массива», выполненный по рисунку проф. Г.А. Максимовича [5, с. 47]. Отдельную витрину занимают образцы карстующихся пород, сгруппированные по вертикали (сульфаты, карбонаты и соли – всего 30 образцов). Здесь представлен гипс из разных регионов России (Пермский край, Оренбургская, Архангельская и Самарская обл.), рифовые известняки Башкирии (знаменитые Стерлитамакские шиханы) и Камского Предуралья, туфы и травертины (Турция), а также доломиты. Калийная и каменная соль различных цветов (в том числе эффектные кубические кристаллы синего галита) происходит с Верхнекамского месторождения и знаменитой соляной шахты Величка (Польша).

Поверхностные проявления карстовых процессов – воронки и провалы – являются непременными атрибутами карстового ландшафта. Особенно живую реакцию публики вызывают фотографии карстовых провалов на застроенных территориях (рис. 1). Они наглядно демонстрируют, для чего необходимы мониторинг и изучение карстовых процессов.



Рисунок 1 — Фотографии карстовых провалов в г. Кунгуре и Кунгурском районе из фондов музея карста и спелеологии. Слева направо: провал жилого дома в д. Кондаково, 1934; провал по ул. Криулинской, 2017; провал по ул. Труда, 2003.

Тема «Пещеры – основная форма подземного карста» включает подтемы «Карбонатные пещеры», «Сульфатные и соляные пещеры», «Пещеры в окрестностях г. Кунгура», «Ординская пещера – длиннейшая подводная пещера Северной Евразии». Пещерные минеральные образования, иллюстрирующие эти разделы, представлены образцами из 11 пещер Пермского края, 6 пещер Башкирии, 5 пещер Пинего-Кулойского плато (Архангельская обл.), 2 – Хакассии, по одному образцу из пещер Свердловской и Самарской обл. Образцы из заграничных пещер происходят с Украины (длиннейшие на планете гипсовые пещеры Подолии), из Польши, Словакии, Италии, Абхазии, Турции, Казахстана, Туркмении, Ирана, Индии и Мексики. В небольшом разделе «Использование пещер животными и человеком» представлен макет, представляющий пещеру как место обитания древнего человека в эпоху палеолита (автор – член Союза художников РФ Т.Ю. Нелюбина). Центральный раздел экспозиции – «Кунгурская Ледяная пещера» – включает две подтемы, рассказывающие о личности первого экскурсовода и хранителя пещеры А.Т. Хлебникова, и о 100-летней истории развития туризма в пещере. Здесь можно увидеть и сухой препарат самого интересного обитателя пещеры – бокоплава Хлебникова. Остальная часть экспозиции посвящена истории исследований карста на Урале силами сотрудников Пермского университета (Институт карстоведения и спелеологии) и Кунгурского стационара, который с 1948 г. подчинялся Московскому университету, с 1952 г. – Уральскому филиалу АН СССР (Институт геологии и геохимии, г. Свердловск), с 1988 г. – Горному институту (г. Пермь). Здесь в оформлении широко применяются приборы и инструменты (печатные машинки, микроскопы, самописцы, фотоаппаратура, планиметр, теодолит, нивелир, и др.), которые уже не используются в научных исследованиях. Задействован в экспозиции и такой прием показа экспонатов, как интерьер – на подиуме демонстрируется условный интерьер рабочего кабинета В.С. Лукина, возглавлявшего Кунгурский стационар с 1967 по 1987 гг. В нем представлены подлинные предметы мебели и различные мелкие предметы (сувениры, канцелярские принадлежности, бумаги), происходящие из реального кабинета В.С. Лукина, находившегося на месте нынешнего музейного зала.

Всего на музейном учете сегодня находится 5396 единиц хранения (2338 основного и 3058 — вспомогательного фонда). Среди фондообразователей музея — довольно известные ученые, геологи-карстоведы В.А. Варсанофьева, Г.А. Максимович, К.А. Горбунова, В.С. Лукин [8]. Наиболее обширный личный фонд принадлежит профессору, д.г.-м.н. В.Н. Дублянскому, который был научным руководителем Кунгурской лаборатории в 1998-2006 гг. Его заслуженный авторитет, высокий профессионализм и несомненные организаторские способности позволили стационару успешно преодолеть тяжелые переломные времена. Бесценное научное наследие — многолетние ряды

наблюдений и результаты экспериментов в Кунгурской пещере — было сохранено, осмыслено и оформлено в виде коллективной монографии, которая не имеет аналогов в нашей стране, поскольку ни одна другая пещера не изучена до такой степени, как Кунгурская [4]. Несмотря на занятость, Виктор Николаевич находил время и для работы с коллективом экскурсоводов пещеры. Высказанные им идеи о дальнейшем развитии туризма в пещере реализуются сегодня в виде появления широкого спектра тематических экскурсий.

Придавая большое значение просветительской, популяризаторской деятельности, Виктор Николаевич поддержал организацию при Кунгурском стационаре ведомственного музея. Он передал в музей часть личного архива, фотографии, полевое снаряжение, книги из своей библиотеки. Сегодня его личный фонд насчитывает 303 единицы хранения. Сюда входят документы (95 ед.), фотографии (66 ед.), фалеристика (26 ед.), сувенирная полиграфия (8 ед.), книги и брошюры (71 ед.), газеты и журналы (6 ед.), бытовые предметы, инструменты и приборы (31 ед.). На этой основе в августе 2020 г. в музее была организована выставка, посвященная его 90-летию [7].

На выставке экспонировались документы — диплом студента Одесского университета В.Н. Дублянского «Основные методы и примеры обработки данных гидрогеологических исследований» 1954 г. — машинопись на 133 страницах, в темно-синей, уже достаточно ветхой папке; отдельные оттиски статей и книги с дарственными надписями авторов; фотографии (большей частью увеличенные копии оригинальных фото, использованных для подготовки автобиографической книги «Пещеры и моя жизнь» [2]) и фотоальбомы, оформленные им самим; книги Виктора Николаевича, в т.ч. монография «Карст мира» (в соавторстве с Г.Н. Дублянской [3]). Вещественный ряд включал пишущую машинку, рюкзак, некоторые приборы и инструменты (курвиметр, готовальню, логарифмическую линейку), записные книжки, ручки, очки. Как нам кажется, выставка полноценно отразила жизненный путь ученого, охарактеризовала его деятельность и ее значимость в общей истории отечественной науки.

Новая выставка, сменившая предыдущую, тоже соответствует тематике международного года пещер и карста. Она посвящена замечательному событию — 50-летнему юбилею пермской спортивной спелеологии, который пришелся на конец 2020 г. [10]. В Пермском крае сегодня известно более 700 пещер. Кто-то посещает пещеры из спортивного интереса, кто-то превращает их в объект своего научного любопытства. Всех любителей пещер, проживающих в краевом центре, в итоге объединила Пермская городская спелеосекция при городском клубе туристов «Компас» под ярким и запоминающимся девизом «Вперед и Вглубь!» — ВиВ.

К сожалению, фондовая основа для организации выставки была крайне скудной. Без участия и помощи нынешних членов ПГСС И.Ю. Герасимовой

(Горный институт) Л.Н. Башариной, О.О. Швецовой (Додоновой) она вряд ли получилась бы столь законченной и вполне экспозиционно насыщенной. В структуре выставки представлены четыре экспозиционных комплекса, логически увязанных между собой. Первый посвящен пещерам Пермского края (как основным объектам спортивного и исследовательского интереса пермских спелеологов), затем комплекс личных материалов (приборы, инструменты, фалеристика, фото, журналы) организатора пермской спортивной спелеологии С.С. Евдокимова, вещественный комплекс спелеологического снаряжения и оборудования, и комплекс материалов, посвященных пещерам Кавказа, как наиболее притягательных в спортивном плане для пермских спелеологов (тот же С.С. Евдокимов неоднократно участвовал в прохождении глубочайших вертикальных пещер, включая Снежную).

Образцы из пещер карбонатного и гипсового карста подбирали, исходя из эстетических свойств и размера. На выставке представлены все наиболее известные разновидности пещерных минеральных образований: сталагмиты (карбонатные пещеры Пермского края Дивья, Геологов-III, Яранка), сталактиты (Тихая, Яранка), коры (Дивья, Российская), агрегаты кристаллов (Геологов-III, Усьвинская-I, Тихая, Дивья), «лунное молоко» (Кизеловская), глина (Тёмная). В их сборах принимали участие пермские спелеологи из ПГСС. Гипсовые пещеры Пермского края (не столь многочисленные) представлены сборами О.И. Кадебской из пещеры Опока (звездчатые крупные кристаллы прозрачно-коричневого гипса в белом скрытокристаллическом гипсе), Ординской подводной (кристалл прозрачного гипса «марьино стекло») и А.В. Красикова — из Кунгурской ледяной (крупный фрагмент ажурной карбонатной коры на гипсо-ангидрите из грота Грязный).

Комплекс личных материалов Сергея Сергеевича Евдокимова начинается с его большой портретной фотографии, сделанной на XXX юбилейном съезде Ассоциации спелеологов Урала в Кунгуре в 2018 г. В это время он был уже тяжело болен, но многие молодые спелеологи помнят его именно таким. Впрочем, рядом на полках представлены старые черно-белые фотографии, на которых он запечатлен молодым и веселым. Среди них – и моменты с новогоднего вечера 1974 г., который участники ВиВ встречали в Кунгурском стационаре. Особую историческую ценность представляют самодельные авторские значки, изготовленные С.С. Евдокимовым для ІІ Матча городов Урала, проходившего 14-16 сентября 1977 г. в окр. г. Губаха.

Специального спелеологического снаряжения в фондах нашего музея практически не было. Это связано с тем, что, несмотря на длительную историю спелеодвижения в разных городах и регионах страны (по 50-70 лет), советская спортивная промышленность в принципе не выпускала одежды и снаряжения для этого специфичного направления спортивного туризма. В пещеры спелеологи ходили буквально «кто в чем», а каски использовали

шахтерские или строительные (как, например, известная в спелеосреде «каска Илюхина»). Когда мы приобрели для музея манекен, то столкнулись с
неожиданной проблемой – его буквально не во что было обрядить, за исключением сапог и каски (в итоге он долго не использовался, пока О.И. Осетровой не пришло в голову надеть на него гидрокостюм и поставить в витрине,
посвященной Ординской подводной пещере). Ушли в прошлое шахтерские
аккумуляторные и ацетиленовые фонари, часть страховочного «железа»
(например, самохваты), которое многие спелеологи изготавливали самостоятельно. Из повсеместного употребления туристами (в том числе спелеологами) исчезли станковые рюкзаки (два таких рюкзака подарили недавно С.Н.
Шишмаков и Л.П. Рогожникова). И лишь в начале нашего века в спелеологический обиход вошли комбинезоны (как в иностранных буклетах и каталогах) и импортные каски, и фонари.

Представленные на выставке каски принадлежали сотрудникам Горного института И.И. Яцыне, И.А. Лаврову, И.Ю. Герасимовой. Они как раз представляют собой полный морфологический ряд: строительная, шахтерская и импортная (Франция) спелеологическая каска. О.О. Швецова, которая также некоторое время работала в Горном институте, передала в дар музею полный спелеокомплект: комбинезон, каску, фонарик, сапоги, перчатки, транспортный мешок. Комбинезон активно использовался в работе, поэтому смотрится очень аттрактивно (эффектно разодранные рукава и штанины (на коленях) наглядно говорят о специфике спелеотуризма и о работах в пещерах в целом).

Завершает выставку комплекс, посвященный пещерам Кавказа. Этот район притягивает спелеологов из самых разных регионов страны и из-за рубежа. Пермские спелеологи регулярно выезжают сюда на тренировки, соревнования, а также для участия в экспедициях. На двух полках и подиумах выставлены немногочисленные имеющиеся у нас образцы из кавказских пещер Мория, Снежная, и шахты Нейтрино, все – карбонатного состава. Некоторые – довольно эффектные, как, например, крупный сталагмит из пещеры Мория, или привезенные совсем недавно Л.Н. Башариной сложный сталагмит и корочка из пещеры Снежной. Иллюстративные плоскостные материалы – современные цветные фото и журнал «Пещеры» со статьей И.Ю. Герасимовой (с соавт.), посвященной пещере Мория [1].

Мы надеемся, что выставка понравилась как профессиональным спелеологам, так и обычным посетителям Кунгурской пещеры. Возможно, для когото она стала первым шагом в познании удивительного и романтичного мира пещер.

Литература

1. Герасимова И. Ю., Башарина Л. Н., Бояршинов А. В., и др. Пещера Мория, хребет Дженту, Карачаево-Черкесия // Пещеры. 2017. Вып. 40. С. 46-55.

- 2. Дублянский В.Н. Пещеры и моя жизнь. Пермь: ПГУ, 2006. 268 с.
- 3. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карст мира. Пермь: ПГУ, 2007. 331 с.
- 4. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений / под ред. д.г.-м.н. В.Н. Дублянского. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 375 с.
- 5. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т.1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1963. 444 с.
- 6. Наумкин Д.В., Осетрова О.И. Десятилетие работы музея карста и спелеологии Горного института Уральского отделения РАН // Современные тенденции в развитии музеев и музееведения: Мат. III Всерос. науч.-практич. конф. Новосибирск, 2017. С. 291-295.
- 7. Осетрова О.И., Наумкин Д.В. Материалы профессора В.Н. Дублянского в музее карста и спелеологии Горного института УрО РАН (к 90-летию со дня рождения) // Горное эхо. 2020. № 3(80). С. 12-18.
- 8. Осетрова О.И., Наумкин Д.В. Обзор документального фонда геологов-карстоведов Кунгурского стационара в музее карста и спелеологии Горного института УрО РАН // XVI Всерос. науч. чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 85–92.
- 9. Постойнская пещера: Туристический путеводитель / Гл. ред. М. Берчон. Постойна, 2007. 95 с.
- 10. Пятьдесят лет Пермской спортивной спелеологии // Журнал АСУ. 2020. №40. С. 42-43.
- 11. Naumkin D.V., Osetrova O.I. The Museums of the Cave Territory Complex of Kungur Ice Cave: History and Contemporaneitly // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. P. 12-33.

УДК: 551.44

СПЕЛЕОМАРШРУТ «ПОДЗЕМНАЯ РУСКЕАЛА» В МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТАХ ВSUIN/«ИННОВАЦИОННАЯ СЕТЬ ПОДЗЕМНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ РЕГИОНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ» И EUL/ «ЕВРОПЕЙСКИЕ ПОДЗЕМНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ»

Петров П.В., Юшко А.А.

Карельский научный центр РАН, г. Петрозаводск; yushko.an@gmail.com

Аннотация: В статье рассказывается о международном научном проекте BSUIN "Инновационная сеть подземных лабораторий региона Балтийского моря» программы EC Interreg Baltic Sea Region. Одной из главных российских площадок проекта стал Горный парк «Рускеала» в Сортавальском районе Республики Карелия. Комплексные научные исследования на спелеомаршруте «Подземная Рускеала» и других экомаршрутах парка помогли повысить безопасность туристического процесса, собрать обширный научный материал. Часть этого контента стала основой для специальных научных экскурсий. Благодаря проектному импульсу и качественному консалтингу со стороны КарНЦ РАН Горный парк «Рускеала» постепенно превращается в научную и творческую лабораторию современного познавательного туризма. Продолжением проекта BSUIN стал новый

международный проект EUL - «Европейские подземные лаборатории». В его контексте отрабатывается сетевое взаимодействие между подземными лабораториями, особое внимание уделяется маркетингу научных площадок и обмену опытом и услугами.

Ключевые слова: BSUIN, Interreg Baltic Sea Region, подземная лаборатория, рациональное использование подземных пространств, Горный парк «Рускеала», спелеомаршрут «Подземная Рускеала», спелеология, КарНЦ РАН, безопасность спелеомаршрутов, территориальный маркетинг, спелеотуризм, приграничный туризм.

SPELEOLOGICAL ROUTE "UNDERGROUND RUSKEALA" IN INTERNATIONAL PROJECTS BSUIN / "INNOVATIVE NETWORK OF UNDERGROUND LABORATORIES OF THE BALTIC SEA REGION" AND EUL/ "EUROPEAN UNDERGROUND LABORATORIES"

Petrov P.V., Yushko A.A.

Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk; yushko.an@gmail.com

Abstract: The article describes the international scientific project BSUIN "Innovative network of underground laboratories of the Baltic Sea region" of the EU Interreg Baltic Sea Region program. One of the main Russian sites of the project was the Ruskeala Mining Park in the Sortavalsky district of the Republic of Karelia. Comprehensive scientific research on the Underground Ruskeala speleological route and other eco-routes of the park helped to improve the safety of the tourist process, collect extensive scientific material. Some of this content became the basis for special scientific excursions. Thanks to the project impulse and high-quality consulting from the KarSC RAS, the Ruskeala Mining Park is gradually turning into a scientific and creative laboratory of modern educational tourism. The continuation of the BSUIN project was a new international EUL project - "European Underground Laboratories". In its context, the network interaction between underground laboratories is being worked out, special attention is paid to the marketing of research sites and the exchange of experience and services.

Keywords: BSUIN, Interreg Baltic Sea Region, underground laboratory, rational use of underground spaces, Mining Park "Ruskeala", speleological route "Underground Ruskeala", speleology, KarSC RAS, safety of speleological routes, territorial marketing, speleotourism, border tourism.

Проект BSUIN "Инновационная сеть подземных лабораторий региона Балтийского моря» с самого начала на фоне других научно-деловых кейсов программы ЕС "Interreg Baltic Sea Region" выглядел несколько экзотично. Подземный мир в эпических произведениях прошлого полон загадок, но много ли в их разгадывании смысла, рационального содержания? Ведь кажется, что большинство проблем человечества лежит и в буквальном, и в переносном смыслах - на поверхности Земли. Ведь далеко не все и не везде пока воспринимают подземные пространства как ресурс, который может принести пользу в самых неожиданных сферах научной, общественной и коммерческой деятельности. Но время, насыщенное событиями, подтвердило актуальность курса проектной команды BSUIN.

Исследование подземных пространств и поиск путей их рационального инновационного использования постепенно становятся современными международными трендами. Проект BSUIN позволил российской стороне сформировать эффективную команду, которая внесла свой вклад в развитие темы подземных исследований. В начале пути специалисты изучали особенности законодательных норм стран-участниц проекта, регламентирующих отношение к подземным объектам.

Одной из главных площадок-лабораторий российской стороны проекта стал Горный парк «Рускеала» и его новый спелеологический маршрут «Подземная Рускеала» (получивший в конце 2017 года Гран-При Всероссийской премии «Маршрут года»).

Проект помог выстроить продуктивный диалог между сотрудниками Горного парка и специалистами Карельского научного центра РАН (КарНЦ РАН). Исследования, проведенные в рамках проекта, очень важны для долгосрочной безопасной эксплуатации маршрутов уникального карельского парка. Техногенный ландшафт требует постоянного наблюдения. Его удалось организовать в проектный период силами сотрудников Института геологии КарНЦ РАН. Специалисты наблюдали за геодинамикой мраморного массива, проводили геофизические исследования, выявляли проблемные зоны на маршрутах и предлагали варианты инженерных решений.

Так в мае 2020 года под наблюдением специалистов проекта удалось освободить живописную кромку массива от проблемного нависающего мраморного блока. Это позволило не только укрепить обрыв, но и создать на нём систему современных безопасных видовых площадок, которые постепенно становятся новой визитной карточкой Горного парка «Рускеала».

Развитие прилегающих территорий тоже стало одной из важных тем, затронутых командой BSUIN в процессе проектной работы. В рамках проекта продолжилась корректировка маркетинговой политики Горного парка. За пятнадцать лет своей деятельности он из небольшой региональной достопримечательности превратился в международный автономный туристический комплекс с самой высокой в Республике Карелия посещаемостью. К сожалению, далеко не всегда интерес массовой аудитории подразумевает глубину познания исторического и естественнонаучного материала, накопленного командой парка. На сегодняшнем этапе очень важно не терять тонкий баланс между развлекательным и познавательным направлениями. Проект BSUIN помог сгенерировать свежую волну качественной научной информации, столь необходимой для обновления традиционных экскурсионных текстов.

Своими знаниями и опытом учёные щедро делились с сотрудниками парка. Одним из результатов проекта стал блок специальной справочной информации, подготовленный командой проекта для гидов парка и партнёрских

туристических компаний. В диалоге и обмене опытом в рамках проекта BSUIN смогли принять участие представители общественных организаций и независимые исследователи.

В ходе проекта состоялись важные ознакомительные поездки. Так наши зарубежные коллеги посетили в России не только основные партнёрские площадки и объекты в Петрозаводске и в Рускеале, но и историческую штабквартиру Русского географического общества в Санкт-Петербурге, а также уникальный спелеомаршрут, оборудованный в заброшенных штольнях на территории Саблинского комплексного памятника природы в Тосненском районе Ленинградской области.

В результате ответных визитов российские специалисты смогли посетить эксклюзивный подземный объект — шахту Пюхясалми (глубина — 1 400 м). Обмен международным опытом развития подземных пространств стал одной из главных линий проекта. Но не менее важным инновационным проектным ресурсом оказались появившиеся связи между специалистами разных стран личные творческие дружеские контакты.

Ярким этапом проекта стала Международная научно-практическая конференция «Проблемы использования подземного пространства», прошедшая 20-21 июня 2019 года в Петрозаводске. На ней представители различных проектных площадок из ряда стран Балтийского региона и Великобритании обсудили текущие проблемы и поделились своим научным и хозяйственным опытом. Не только профессиональный диалог в дружеских стенах Карельского научного центра РАН стал результатом этой встречи. Была у конференции и яркая полевая экскурсионная часть. Гости вместе с российскими специалистами стали участниками научной экскурсии в Горный парк "Рускеала". Впервые в истории парка спелеомаршрут "Подземная Рускеала" принял такую представительную международную команду профильных специалистов. Например, высокую оценку качеству нового спелеомаршрута дали представители польского Музея-шахты «Величка», который по праву считается одним из старейших в Европе.

В проектный период в горном парке прошла серия эксклюзивных событий, повысивших интерес широкой аудитории к Рускеале. Подземные экскурсии, насыщенные научной информацией, пользовались в это время повышенным спросом. Многим гостям запомнился подземный Фестиваль ледовых скульптур, прошедший в феврале 2019 года (галерея скульптур украшала маршрут до июня).

Финальная часть проектного времени пришлась на пандемию Covid-19, но это не помешало достойно завершить проект, выполнив все основные плановые работы. В ходе серии рабочих встреч, благодаря позитивному импульсу проекта BSUIN, был намечен перспективный план сотрудничества КарНЦ РАН и Горного парка «Рускеала». Подземная лаборатория несмотря

на окончание проекта продолжит свою работу, а проблематика исследований существенно расширится. Кроме геологических аспектов будут исследоваться экологические параметры подземной среды. Учёные считают, что в заброшенных мраморных штольнях формируется уникальная экосистема. Вести наблюдения за ней, а также за особым микроклиматом Колонного зала на спелеомаршруте «Подземная Рускеала» со временем поможет электронная система комплексного мониторинга, проектирование которой уже начато совместно со спелеологами Русского географического общества. Партнёр проекта, член Российского союза спелеологов О.А. Минников предложил для этого своё инновационное техническое решение, опробованное в пещерах Архангельской области.

Представители научной и туристической организаций договорились также о создании условий для проведения научных исследований на территории Горного парка. Необходимо дальнейшее наблюдение ученых за массивами мрамора. Предполагается создание научной экспериментальной площадки для изучения вопросов безопасности при использовании подземного пространства в туристических целях.

Однако не только геологи будут проводить исследования на базе горного парка. Его водоемы могут стать объектом изучения для специалистов Института биологии, а также Института водных проблем Севера, а лесные массивы объектом исследования для сотрудников Института леса КарНЦ РАН. Совместно с европейскими партнерами и с Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина (Санкт-Петербург) КарНЦ РАН и Горный парк «Рускеала» реализуют в 2021 году международный проект «Европейские подземные лаборатории» - EUL (продолжение проекта BSUIN), также финансируемый программой EC «Interreg Baltic Sea Region». Одна из основных целей проекта - апробация разработанных бизнес-концепций и сервисов на базе созданной сети европейских подземных лабораторий. Другая важная цель - протестировать и разработать цифровой сетевой инструмент. Пользователи из партнерских и ассоциированных организаций и подземных лабораторий опробуют его применительно к своей специфике. Чтобы привлечь новых клиентов и определить различные возможные клиентские сегменты, будет проведен анализ больших баз данных пользователей подземных лабораторий по всему миру. Также будет протестирован маркетинг сети и подземных лабораторий и определены лучшие маркетинговые стратегии.

В 2022 году стороны планируют начать проект «Подводная Рускеала», главная цель которого — исследование пространств затопленных горизонтов, изучение экосистемы подземного озера. И в этом направлении научный багаж проектов BSUIN и EUL, наверняка, пригодится группе исследователей.

Итоги 2020 года в Горном парке «Рускеала» совпали с очередным рекордом посещаемости – 429 тысяч туристов. Важный рубеж преодолён и на

спелеомаршруте — с момента его открытия в апреле 2017 года маршрут посетили около 100 тысяч гостей. В этих успехах есть и вклад команд международных проектов, ведь современный познавательный туризм не может успешно развиваться без научного консалтинга. Есть у членов команды и творческие результаты. Так один из авторов этой статьи российский исследователь, журналист, фотограф Антон Юшко благодаря поддержке проекта работал над развитием выставочного научно-популярного фотопроекта "Рускеала: тайна глубины" (в 2019-2021 годах выставка, созданная при поддержке КарНЦ РАН, восемь раз экспонировалась в библиотеках и школах Санкт-Петербурга, Ленинградской области и Республики Карелия). В декабре 2020 года Антон Юшко представил свой новый фотопроект "Подземные миры: дороги, тайны, открытия", рассказывающий о подземных туристических маршрутах России и других стран.

В последние годы в России наметился большой практический интерес к исследованию и использованию подземных пространств. Относится это как к природным пещерам, так и к объектам антропогенного происхождения. При поддержке Русского географического общества в конце 2019 года впервые в истории создан «Атлас пещер России». В регионах копится уникальный опыт, появляются новые туристические спелеомаршруты, модернизируются уже существующие. Источником знаний для них становятся подземные лаборатории и их исследовательские команды. Участники российской части команды проектов BSUIN и EUL благодаря полученным знаниям, уже консультируют коллег, распространяют передовой проектный опыт.

Литература

- 1. Юшко А.А., Минников О.А. Выявление эстетического потенциала подземных объектов. // Спелеология и спелестология. Сборник материалов III Межд.науч.заоч.конференции. Набережные Челны: НИСПТР, 2012. С. 268-269. ISBN|ISSN: 978-5-98452-097-3.
- 2. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Комплексное развитие Горного парка «Рускеала» // Спелеология и спелестология. Сборник материалов III Межд.науч.заоч.конференции. Набережные Челны: НИСПТР, 2012. С. 263-265. ISBN|ISSN: 978-5-98452-097-3.
- 3. Юшко А.А. Горный парк «Рускеала»: туристический объект нового типа как точка роста для обширной территории // Экологический PR как инструмент устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции. Санкт- Петербург, РГГМУ, 2014. ISBN 978-5-86813-385-5.
- 4. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Горный парк «Рускеала»: десять лет успешных инноваций. // Строительный камень: от геологии до архитектуры. Сборник КарНЦ РАН, Петрозаводск, 2015. ISBN 978-5-9274-0705-7.
- 5. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Горный парк «Рускеала»: инновации путь к успеху в условиях кризиса // Роль туризма в устойчивом развитии Русского Севера. Труды всероссийской научно-практической конференции 21-22 ноября 2014 г. Петрозаводск, 2015. С. 136-149. ISBN 978-5-9274-0672-2.

- 6. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Горный парк «Рускеала»: от тайны глубины к горизонтам развития. Сборник статей «Геологическое и горно-индустриальное наследие в развитии экономики регионов». По материалам Международной научно-практической конференции, 12-15 сентября 2016 года. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. С. 169-181. ISBN 978-5-9274-0764-4.
- 7. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Новый спелеологический экомаршрут «Подземная Рускеала» // Пещеры: сб. науч. тр. Пермь, 2017. Вып. 40. С. 103–114, ISBN 978–5–7944–1556–8, ISBN 978–5–7944–3003–5.
- 8. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Новый спелеологический маршрут «Подземная Рускеала»: особенности эксплуатации и перспективы развития // Изучение и использование естественных и искусственных подземных пространств и закарстованных территорий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции II Крымские карстологические чтения, Симферополь, 25-28 сентября 2018 г. Симферополь, 2018. С. 174-180.
- 9. Минников О.А. Опыт комплексного онлайн-мониторинга на спелеомаршрутах Карелии и Архангельской области // Круглый стол «Республика Карелия: история, духовное и материальное наследие, этнокультурные традиции»; ред.-сост.: В.С. Головачёв, Л.В. Софян. М.: МДН, 2021. 90 с. ISBN 978-5-9247-0135-6. С. 58-66.
- 10. Юшко А.А. Горный парк «Рускеала»: опыт научно-делового партнёрства. // Круглый стол «Республика Карелия: история, духовное и материальное наследие, этно-культурные традиции»; ред.-сост.: В.С. Головачёв, Л.В. Софян. М.: МДН, 2021. С. 8-18. ISBN 978-5-9247-0135-6.

УДК: 351.853.1

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ МАМАЙСКИХ КАМЕНОЛОМЕН (САКСКИЙ РАЙОН РЕСПУБЛИКИ КРЫМ) И ПЛАН СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО МУЗЕЯ ПАРТИЗАНСКОЙ СЛАВЫ

Хлебалин И.Ю.

Русское географическое общество, СПб, Россия; hlebalin@bk.ru

Аннотация: В докладе приведены сведения о текущем состоянии Мамайских каменоломен — наиболее примечательного памятника истории горного дела XIX - начала XX вв. в окрестностях Евпатории, также связанный с военной историей города. Описаны факторы, угрожающие сохранности данных выработок, а также предложены мероприятия, необходимые для их сохранения. Данный доклад основан на результатах последних исследований Мамайских каменоломен в 2018-2020 годах.

Ключевые слова: спелестология, история горного дела, известняк-ракушечник, Крым, Гражданская война.

PRESERVATION OF THE MAMAY MINES (SAKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF CRIMEA) AND A PLAN TO CREATE AN UNDERGROUND MUSEUM OF PARTISAN GLORY

Khlebalin I.Y.

Russian Geographical Society, SPb, Russia; hlebalin@bk.ru

Summary: The Mamay mines are the most remarkable monument of the mining history of the XIX-early XX centuries in the vicinity of Yevpatoria. They are also connected with the military history of the city. The report provides information about their current state, describes the factors that threaten the safety of these mines, and also recommends the measures necessary for their preservation. This report is based on results of recent studies of Mamay mines in 2018-2020.

Keywords: mine exploration, history of mining, coquinoid limestone, Crimea, Russian Civil War.

Географическое положение. Описываемый район расположен в западной части Крымского полуострова, в Сакском районе Республики Крым. Евпаторийское месторождение известняков-ракушечников находится в ~7,0 км северо-восточнее города-курорта Евпатория, в 0,5 км севернее посёлка Каменоломня (Суворовское сельское поселение Сакского района) (рис. 1).

Геологическое строение месторождения. Месторождение расположено в южной части Новоселовского поднятия. Осадочные породы чехла на этой территории залегают почти моноклинально, полого падая на северсеверо-запад под малым углом.

В строении месторождения принимают участие органогенно-обломочные известняки верхнего сармата и мэотиса, оолитово-органогенные известняки понта [2, с. 192].

История и технология добычи. Евпаторийское месторождение известняков разрабатывалось закрытым способом с закладкой очистного пространства. О том, что большая часть работ производилась в дореволюционное время, говорит орфография маркшейдерских записей на бортах выработки (см. ниже). Следов использования горной крепи из дерева, металла и других материалов при обследовании каменоломен не обнаружено. На некоторых участках каменоломен отмечены колодезные крепи, сложенные из бутового камня.

История использования каменоломен в военных конфликтах первой половины XX в. Основной объём был выработан до момента создания партизанского отряда «Красные каски» [1], который действовал в каменоломнях с ноября 1918 по январь 1919 гг. Находки, связанные с деятельностью партизан, были обнаружены в каменоломнях северной части района добычи экспедицией клуба «Поиск» в 1981 г. [3, с. 353].

Следы пребывания в каменоломнях бойцов советского десанта 1942 г. выявлены в полостях юго-восточной части района добычи [3, с. 355].



Рисунок 1 - Географическое положение Мамайских каменоломен.

История исследования каменоломен. Первая организованная спелестологическая экспедиция в Мамайские каменоломни была осуществлена одесским клубом «Поиск» в 1981 г. [3, с. 353]. В ходе этой экспедиции были обследованы каменоломни в северной, центральной и юго-восточной частях района добычи.

Результаты топографических работ 1981 г. сложно соотнести с современным состоянием каменоломен (см. ниже).

В 2000-х и начале 2010-х гг. посещал Мамайские каменоломни и собирал о них краеведческую информацию крымский экскурсовод Д.Н. Тарасенко [4, с.173-175].

Результаты рекогносцировочных и топографических работ 2018-2020. В полевом сезоне 2018 представителями комиссии Спелеологии и карстоведения Санкт-Петербургского городского отделения РГО совместно с представителями туристических клубов Евпатории были осмотрены доступные полости Мамайских каменоломен и прилегающая к ним местность.

В результате рекогносцировки наибольший объём доступных для посещения полостей был обнаружен в районе кладбища села Каменоломня. Этот район примерно соответствует району КрК-3 (рис. 2), выделенному К.К. Прониным [3, с. 353]. При этом конфигурация полостей современной каменоломни под кладбищем значительно отличается от глазомерной съёмки клуба «Поиск» 1981 г. Выработка имеет хорошую сохранность, легко проходима, но значительно загрязнена бытовыми отходами жителей села Каменоломня и испорченными ритуальными предметами с кладбища. В каменоломне обнаружены интересные следы технологии добычи камня: забои, оставленные на разных стадиях выемки полезного ископаемого, колодезные

крепи из бутового камня. Также в ней присутствуют многочисленные маркшейдерские записи, преимущественно подсчёт добытых штук камня (рис. 3), а также рисунки и автографы горняков (рис. 4).



Рисунок 2 - Расположение подземных каменоломен к северу от с. Каменоломня (а), запись подсчёта штук добытого камня (б) и рисунок горняка (в) на борту штрека каменоломни «Под кладбищем» (КрК-3), конец XIX — начало XX века.

Выработки, обнаруженные к юго-востоку от кладбища села Каменоломня (рис. 2, а), примерно соответствуют районам КрК-1, КрК-2, выявленным клубом «Поиск» в 1981 г. При этом объём доступных на сегодняшний день полостей значительно превосходит объём полостей, указанных на глазомерных съёмках клуба «Поиск» [3, с. 354]. Значительную часть полостей этого района составляют пильные выработки, пройденные или доработанные в середине XX в. На стенах большинства выработок присутствует побелка. Маркшейдерские записи и рисунки горняков в большинстве полостей этого района отсутствуют. Вероятно, отличия современной конфигурации полостей от конфигурации, зафиксированной клубом «Поиск» в 1981 г., обусловлены тем, что значительная часть полостей описываемого района в 1980-е гг. использовалась в качестве овощехранилища, а доступна для посещения стала только в 1990-е гг.

В наиболее северной части района добычи экспедицией клуба «Поиск» выявлен обширный район каменоломен КрК-4. В 2018-2019 гг. эта часть района добычи не обследовалась.

К востоку от районов КрК-1, КрК-2 при рекогносцировке обнаружена крупная выработка с общей протяженностью штреков, штолен и камер, превышающей 500 м. Её полости имеют наиболее правильную конфигурацию из всех выработок района: штольни и штреки пересекаются под прямым углом, штреки пронумерованы. В выработке присутствует значительное количество рисунков конца XIX - начала XX вв. Выработке присвоено рабочее название «Восточная» и рабочий номер КрК-5 (рис. 2, а).

В ходе топографических работ в июне и декабре 2019 г была создана схема большей части полостей выработки под кладбищем (КрК-3) (рис. 3).

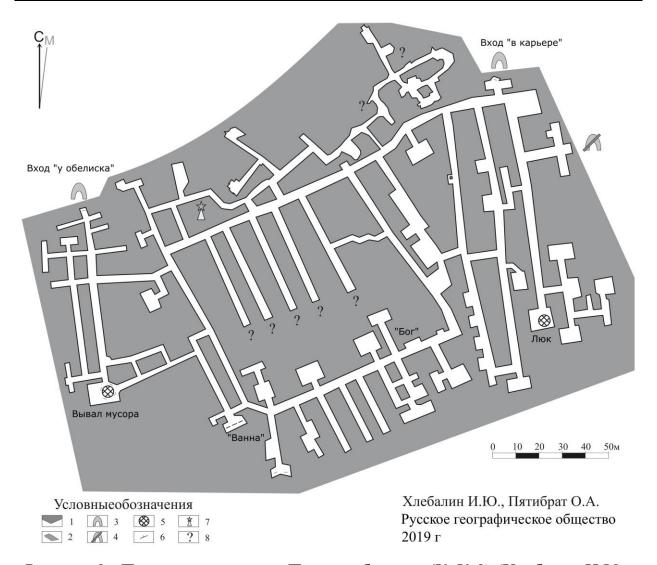


Рисунок 3 - План каменоломни «Под кладбищем» (КрК-3) (Хлебалин И.Ю., Пятибрат О.А., топографические работы в июне и декабре 2019 года). Условные обозначения: 1 — массив горных пород без полостей выработок; 2 — целики; 3 — входы доступные; 4 — входы заваленные; 5 — вентиляционные колодцы в кровле выработки; 6 — направление уклона; 7 — монумент партизанского отряда «Красные каски» на кладбище села Каменоломня; 8 — незакартированные участки выработки.

Суммарная протяженность доступных на сегодняшний день горизонтальных выработок каменоломни составляет около 2 км.

Результаты рекогносцировочных и топографических работ в полевых сезонах 2018-2019 в Мамайских каменоломнях опубликованы в сборнике «Спелеология и спелестология» за 2019 год [5].

Перспективы сохранения и использования. На сегодняшний день Мамайские каменоломни как памятник истории и культуры не имеют охранного статуса, а вскрываемый ими разрез не имеет статуса памятника природы.

По этой причине каменоломни находятся под угрозой уничтожения в связи ведущейся в непосредственной близости от них добычей известнякаракушечника. Также на состоянии каменоломен негативно сказывается то, что местное население использует их для сброса твёрдых бытовых отходов и использованных ритуальных принадлежностей с кладбища.

Мероприятия по сохранению каменоломен. Для сохранения Мамайских каменоломен необходимо, в первую очередь, присвоение им охранного статуса. Существуют достаточные основания для присвоения данному комплексу выработок статуса памятника истории (в соответствии с Федеральным законом "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" от 25.06.2002 N 73-Ф3).

С целью ликвидации огромных залежей бытового и строительного мусора, возникших в каменоломнях, в первую очередь, в выработке под кладбищем (КрК-3), в результате посещения их туристами и использования для свалки мусора местными жителями, необходимо провести серию субботников. Эта работа может быть выполнена с привлечением волонтеров в ближайшие годы.

В выработке под кладбищем (КрК-3) может быть произведена расчистка входов и укрепление обвальных участков. При укреплении сводов рекомендуется возведение стоечной крепи и опорных пилонов. На крупных трещинах – установка сигнальных маячков.

План создания подземного музея партизанской славы. В дальнейшем, выработка под кладбищем (КрК-3) может стать подземным музеем партизанской славы. Этому способствует её хорошая сохранность, проходимость, отсутствие постоянной спелеофауны, в том числе колоний зимующих летучих мышей.



Рисунок 4 — Монумент партизанского отряда «Красные каски» на кладбище села Каменоломня.

Один из входов в будущий подземный музей может быть оборудован в непосредственной близости от монумента партизанского отряда «Красные каски» на кладбище села Каменоломня (рис. 3, 4). Для оборудования данного входа в каменоломню необходимо провести предварительные маркшейдерские работы по определению объёма породы, подлежащего выемке, так как в данный момент вход представляет собой провал, заполненный дезинтегрированной породой (известняком), бытовым и строительным мусором.

Благодарности. Автор выражает свою огромную признательность за участие в полевых работах О.А. Пятибрат и другим членам туристических клубов города Евпатория, а также О.Ю. Лумповой; признательность за помощь в работе с литературными источниками – Ю.А. Долотову.

Литература

- 1. Зарубин А.Г., Зарубин В.Г. Без победителей: из истории гражданской войны в Крыму. Симферополь: Антикв А, 2008. 728 с.
- 2. Муратов М.В. Руководство по учебной геологической практике в Крыму. Том II. М.: Недра, 1973. 192 с.
- 3. Пронин К.К. Евпаторийские каменоломни // Спелеология и спелестология. Сборник материалов IX международной научной конференции. Набережные Челны: НГПУ, 2018. С.353-359.
 - 4. Тарасенко Д.Н. Подземный Крым. Симферополь: Нижняя Ореанда, 2012. 256 с.
- 5. Хлебалин И.Ю. Результаты обследования и перспективы сохранения Мамайских каменоломен (Сакский район республики Крым) // Спелеология и спелестология. Сборник материалов X международной научной заочной конференции. Набережные Челны: НИС-ПТР, 2019. С.137-140.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ КАРСТОЛОГИИ

УДК 551.44

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРЫМА (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ Г. СИМФЕРОПОЛЯ, КРЫМ)

Амеличев Г.Н.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия; lks0324@yandex.ru

Аннотация: Работа посвящена изучению условий и факторов развития карста, влияющих на величину карстопасности. С помощью балльного метода для восточной части Симферополя рассчитана степень карстовой опасности, которая с учетом антропогенной нагрузки расценивается как высокая. Полученные данные верифицируются с помощью величины химической денудации и показателей устойчивости территории.

Ключевые слова: карст, условия и факторы карстообразования, бальный метод, карстовая опасность.

ASSESSMENT OF THE KARST HAZARD OF THE URBANIZED TERRITORIES OF CRIMEA (ON THE EXAMPLE OF THE EASTERN PART OF SIMFEROPOL, CRIMEA)

Amelichev G.N.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; lks0324@yandex.ru

Abstract: The paper is devoted to the study of the conditions and factors of karst development, affecting the value of karst hazard. Using the index method, the degree of karst hazard for the eastern part of Simferopol was calculated, which, taking into account the anthropogenic load, is evaluated as high. The data obtained are verified using the value of chemical denudation and indicators of the stability of the territory.

Keywords: karst, conditions and factors of karst development, index method, karst hazard.

Введение. Для Республики Крым проблема освоения закарстованных территорий является весьма актуальной в связи с развернувшимися после присоединения к России масштабными строительными работами во всех сферах хозяйства. В решении проблем хозяйственного освоения существенное препятствие представляет карст — гидрогеологический и геоморфологический процесс, который приводит к развитию в приповерхностной части земной коры карстовых пустот. Это ведет к ослаблению несущей способности горных пород, являющихся основанием фундаментов зданий и сооружений. По инженерно-геологическим оценкам в Республике Крым карст потенциально может развиваться на поверхности и толще горных пород, где в раз-

резе присутствуют растворимые породы — известняки, доломиты, мергели. Такие регионы занимают более 80% территории полуострова. На участке исследования в восточной части Симферополя доля закарстованных территорий, сложенных известняками и мергелями, достигает 95%. Поэтому анализ инженерно-геологической информации о встречаемости поверхностных и подземных карстопроявлений и других ослабленных зон, опасных для ведения строительства и последующей эксплуатации сооружений, является весьма актуальным и особенно востребованным в черте муниципальных образований с высокой плотностью населения и хозяйственных объектов. В качестве инструмента, позволяющего определить потенциальные риски хозяйственного освоения территорий на растворимых породах, выступает оценка карстовой опасности.

Цель работы — выполнение инженерно-геологической оценки карстовой опасности восточной части Симферополя и установление пространственных закономерностей размещения ее оценочных показателей.

Для решения поставленной цели автором решались такие задачи как анализ и обработка тематической литературы, изучение существующих подходов к оценке карстоопасности, выбор и оптимизация рабочей методики, характеристика природного фона и его влияние на условия современного карстообразования, оценка карстоопасности и особенности ее территориального размещения. В качестве теоретико-методологической базы изучения карстоопасности использованы разработки крымских карстологов В.Н. и Г.Н. Дублянских, Ю.И. Шутова, Б.А. Вахрушева, А.Б. Климчука и др.

Методика. Оценка карстоопасности, как правило, осуществляется на основе комплексного изучения карста с применением инженерногеологических, гидрогеологических, геофизических и геоморфологических методов. В современных исследованиях используется более 150 показателей, характеризующих карстоопасность через параметры карстового процесса и созданные им формы. Однако, используемые в регионах с различными инженерно-геологическими условиями, они по-разному влияют на формирование карстовой опасности. Решением проблемы является создание региональных методик, в которых круг значимых критериев сокращается, а величина влияния каждого из них на оценку карстоопасности увеличивается.

В настоящее время для региональной и локальной оценки карстовой опасности в Республике Крым широко применяется балльный метод [4, 6-8], учитывающий естественноисторические условия развития и антропогенную активизацию карста. Его методологической основой являются представления Д.С. Соколова [9] о четырех основных условиях развития карста (наличие: I - растворимых пород; II - водопроницаемости; III - движущихся вод; IV - агрессивных свойств у вод) и группе, поддерживающих и регулирующих эти условия, ведущих факторов [5]. Выделено 20 ведущих факторов (табл. 1),

четко соотносящихся с соответствующими основными условиями и в большинстве случаев, значимо коррелирующих с интегральной оценкой карстоопасности. Они были ранжированы в рамках некоторых пределов распространенности (выраженности) или экстремальных параметров, после чего применена балльная оценка выделенных рангов.

Таблица 1 Основные условия и ведущие факторы развития карста [4]

1-е условие	3-е условие		
(наличие растворимых пород)	(наличие движущихся вод)		
1. Развитие карстующихся пород в плане	12. Количество эффективных осадков		
2. Развитие карстующихся пород в разрезе	13. Количество конденсационных вод		
3. Мощность карстующихся пород	14. Поверхностный сток		
4. Степень относительной карстуемости в плане	15. Подземный сток		
5. Степень относительной карстуемости в разрезе	16. Уклон подземного потока		
6. Тип карста по характеру покрова			
2-е условие	4 условие		
(наличие водопроницаемости пород)	(наличие агрессивности вод)		
7. Структурно-тектонические условия	17. Минерализация воды		
8. Залегание пород	18. рН воды		
9. Близость разломов и зон трещиноватости	19. Температура воды		
10. Характер коллекторов	20. Увеличение агрессивности вод		
11. Неотектонический режим			

Для визуализации распределения итоговых оценочных показателей карстовой опасности, полученных балльным методом, исследуемая территория покрывается сеткой квадратов (ОТЕ — операционно-территориальных единиц) со стороной 0,5 км (рис. 1, в). Внутри каждого квадрата (ОТЕ) собирается информация по каждому из 20 ведущих факторов. Полученные характеристики переводятся в баллы и суммируются. Обработка собранных материалов и визуализация результатов выполнялись с помощью программы ArcGIS.

Результаты. В ходе изучения закарстованных территорий восточного Симферополя была обработана информация более чем по 100 ОТЕ, общей площадью более 25 км². Размах оценочных показателей составил 22 балла. Минимальные значения природных факторов карстоопасности приурочены к северо-западной части территории (Внешняя гряда и Северная межгрядовая депрессия). Максимальные баллы соответствуют юго-восточному сектору участка (Внутренняя гряда и ее северный структурный склон).

Итоговая (средняя) оценка для территории восточной части Симферополя составляет 51 балл, что соответствует категории «среднеблагоприятные условия развития карста» (табл. 2). Учитывая положение территории в хорошо освоенной части городской черты с высокими показателями техноген-

ной активизации карста (строительство гражданское -16,8; коммуникационное -7,2; итого 24 балла), ее итоговая оценка будет соответствовать высокой III степени карстоопасности по классификации Г.Н. и В.Н. Дублянских [4].

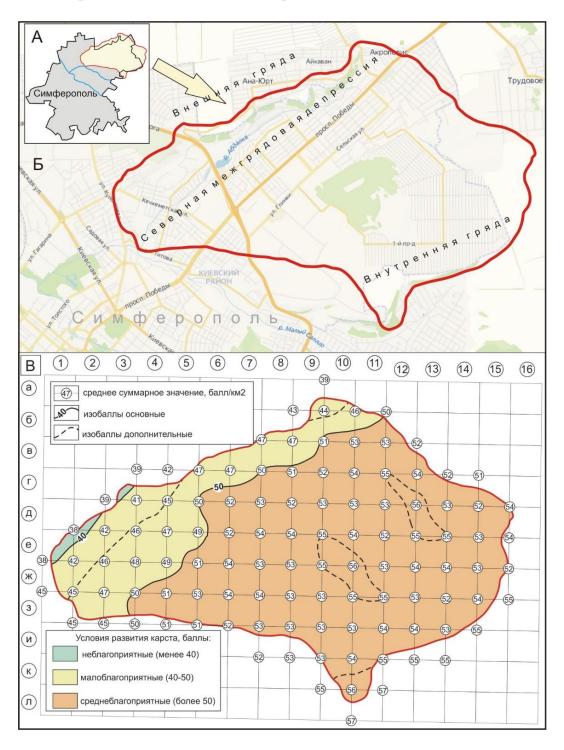


Рисунок 1 – Положение участка на карте Симферополя (A, Б) и балльная оценка природных факторов карстоопасности (B).

Таблица 2 Степень карстоопасности территории [4]

Условия развития карста, баллы	Техногенная активизация карста, баллы			
карста, баллы	Слабая (<15)	Средняя (15-20)	Сильная (21-25)	Очень сильная (> 25)
Неблагоприятные (<40)	I	I	II	II
Слабоблагоприятные (40-50)	II	II	III	III
Среднеблагоприятные (51-60)	II	III	III	IV
Благоприятные (61-70)	III	III	IV	IV
Весьма благоприятные (>70)	III	IV	IV	V

^{*}Примечание. Степень карстовой опасности: I — низкая, II — средняя, III — высокая, IV — очень высокая, V — катастрофическая.

Полученные результаты подтверждаются оценками величины химической денудации [2, 3], которые свидетельствуют о росте интенсивности карстового процесса в 2-3 раза по сравнению с 90-ми гг. прошлого века. При относительной стабильности основных условий, связанных с наличием растворимых пород и их проницаемостью, этот рост формируется за счет изменения количества и агрессивности подземных вод, т.е. увеличения доли антропогенной составляющей стока и химизма [1]. По критериям СП 11-105-97 (ч.2) территория восточной части Симферополя относится к категории устойчивости V-В.

Литература

- 1. Амеличев Г.Н., Соколов Д.Ю. Оценка карстоопасности восточной части Симферополя по результатам мониторинга геологической среды (Крым) // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. Казань, 2021. С.1119-1123.
- 2. Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Вахрушев Б.А. Химическая денудация как показатель активизации карста в пределах урбанизированных территорий Крыма (на примере восточной части Симферополя) // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 3 (69). №1. 2017. С.177—191.

- 3. Галкина М.В. Дифференциальная оценка химической денудации в бассейне р. Абдалка (Симферополь, Крым) // XVI Большой географический фестиваль. СПб., 2020. С.117-121.
- 4. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. Новосибирск, 1992. 144 с.
- 5. Дублянский В.Н., Клименко В.И., Михайлов А.Н. Ведущие факторы развития карста и балльная оценка его интенсивности // Инж. геология. 1990. №2. С.52-58.
- 6. Науменко В.Г., Вахрушев Б.А., Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Самохин Г.В., Амеличев Е.Г. Проведение обследования территории на объекте: «Строительство зданий и сооружений военного городка войсковой части 6917, г. Симферополь, ул. Кубанская 32» с целью определения условий развития карста и карстопроявлений на участке. Симферополь: УМНЦ ИСК, 2020. 75 с.
- 7. Науменко В.Г., Вахрушев Б.А., Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Самохин Г.В. Амеличев Е.Г. Карстоопасность и карстопораженность территории по адресу: Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Челнокова 8, в/г №174, отведенной под строительство медицинских центров на базе быстровозводимых конструкций. Симферополь: УМНЦ ИСК, 2020. 76 с.
- 8. Самохин Г.В., Вахрушев Б.А., Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Науменко В.Г., Амеличев Е.Г., Старцев Д.Б. Хоздоговорная работа «Спелеологические и инженерно-карстологические изыскания на участке обнаружения карстовой пещеры в районе поселка Зуя (пикет 1808 пикет 1829 трассы Таврида)». Симферополь: УМНЦ ИСК, 2018. 358 с.
- 9. Соколов Д.С. Основные условия развития карста. М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1962. 287 с.

УДК 551.44+556.3

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ТРАССИРОВАНИЮ КАРСТОВЫХ ВОД В СИМФЕРОПОЛЕ (РЕСПУБЛИКА КРЫМ)

Амеличев Г.Н., Самохин Г.В., Токарев С.В., Науменко В.Г.

Учебно-методический научный центр «Институт спелеологии и карстологии» Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия; lks0324@yandex.ru

Аннотация. В работе анализируются гидрогеологическая ситуация и результаты опыта по окрашиванию инфлюационных вод, предположительно относящихся к верхнему течению р. Казанка в Симферополе.

Ключевые слова: трассирование, карст, подземный сток, флюоресцеин, источник.

THE EXPERIMENT ON DYE TRACING OF KARST GROUNDWATER IN SIMFEROPOL (THE REPUBLIC OF CRIMEA)

Amelichev G.N., Samokhin G.V., Tokarev S.V., Naumenko V.G.

Scientific Centre «Institute of Speleology and Karstology» of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; lks0324@yandex.ru

Abstract: The paper analyzes the hydrogeological situation and the results of the experiment on dye tracing of the inflowing waters, presumably related to the upper course of the Kazanka river in Simferopol.

Keywords: dye tracing, karst, underground runoff, fluorescein, spring.

Введение. Проблема учета и рационального использования водных ресурсов в Республике Крым и ее столице Симферополе стоит очень остро. Одним из путей ее решения является учет и документация малых источников водоснабжения - мелких рек, ручьев и небольших карстовых родников. Работы по инвентаризации рек Симферополя были частично выполнены еще в начале 00-х годов [5-7]. Карстолого-гидрологический мониторинг родников продолжается до настоящего времени [1-3]. В 2015 г. городскими властями совместно с водохозяйственными организациями была поднята проблема р. Казанка – небольшого водотока, который не показан на современных картах Симферополя, но периодически в сильные паводки подтапливающего фундаменты жилых домов, исторических зданий (Симферопольский художественный музей), формирующего провалы на проезжей части улиц Маяковского, Желябова и др. Для того, чтобы были выделены средства из определенной статьи бюджета на реконструкцию подземных путей водотока, необходимо было определить его статус как гидрологического объекта (река). Поэтому целью выполненных авторами работ явилось проведение эксперимента по трассированию карстовых вод, направленного на выявление составных элементов реки в верхнем и среднем течении.

Предварительные исследования. Для решения проблемы о статусе водотока, получившего рабочее название «река Казанка» (далее просто Казанка), устанавливалось наличие таких атрибутивных для реки элементов как устье, русло, исток, бассейн (водосбор). Анализ имеющихся разрозненных сведений об этом водотоке позволяет однозначно указывать лишь на присутствие устья и небольших фрагментов русла в низовьях. Эти элементы фиксировались на художественных произведениях и на схематической карте Симферополя еще в начале XX в. Уже к этому времени большая часть русла в среднем и верхнем течении была переведена в подземные галереи, куда в дальнейшем выводилась вся многокилометровая сеть строившейся позднее ливневой канализации. Установить в каком направлении уходит естественное русло водотока сейчас можно лишь достаточно условно, поскольку при строительстве дренажных систем старались придерживаться естественных

понижений рельефа, которые даже при значительной техногенной нивелировке территории в значительной степени совпадали с руслами местных ручьев или тальвегами оврагов и балок. Анализируя пространственное положение наиболее крупных дренажных систем и результаты непосредственных обследований подземных коллекторов неглубокого заложения можно предположить, что истоки реки располагаются в окрестностях городского микрорайона Пневматика. Именно здесь в верхней части структурного склона внутренней гряды, менее подверженной техногенным изменениям естественного ландшафта, четко проявляются рассекающие склон балки Курцовская и Чумакарская (рис. 1). Их низовья упираются в жилые массивы, которые стоят на участках, претерпевших существенную перепланировку поверхности и скрывающих дальнейшее направление балок. Анализ цифровой модели рельефа, составленной на основе SRTM, опыт дешифрирования линиаментов и прямые геолого-карстологические исследования на местности свидетельствуют, что обе балки контролируются тектонической трещиноватостью. Они заложены вдоль субпараллельных разрывов север-северо-западного простирания, уходящих в направлении известных участков подземного русла реки Казанка.

Из двух отмеченных балок, только в Чумакарской имеется постоянный сток, который полностью исчезает в недрах на участке между стадионом школы №36 и гаражным кооперативом. В каком направлении движется дальше подземный сток неизвестно, но его наличие выдвигает Чумакарскую балку в ранг наиболее вероятных истоков реки Казанка. В связи с этим здесь было решено провести опыт с окрашиванием поглощающихся вод и фиксацией красителя во всех потенциально возможных водопунктах, где он мог появиться на поверхности.

Эксперимент по трассированию. 21 декабря 2015 г. в небольшое озерцо с фильтрующимся через его дно потоком сотрудниками Института спелеологии и карстологии было запущено 250 г флюоресцеина — органического красителя совершенно безвредного для гидробионтов. Количество красителя определялось в соответствии с методикой, использующейся для трассирования карстовых вод, циркулирующих в карбонатных коллекторах. Место запуска красителя и предполагаемые водопункты его разгрузки показаны на карте (рис. 1). Ловушки с активированным углем, адсорбирующим флюоресцеин, были установлены на роднике Бор-Чокрак (1), на перетоке между Даниловским и Верхним прудами (2), в русле открытого участка реки на улице Гоголя (3), в подземной галерее у слияния Казанки и Салгира (4), на источнике Савопуло (5) и в коллекторе у Феодосийского моста (6).

Обоснование установки ловушек в отмеченных выше водопунктах следующее. Источник Бор-Чокрак и отрезок р. Славянка до Верхнего пруда являются наиболее близкими (1,8 км по прямой) местами к участку поглощения

красителя. Водораздел, отделяющий бассейн Чумакарской балки от бассейна р. Славянка в значительной степени снивелирован человеком. Его превышение над тальвегом балки в районе улиц Русской и Балаклавской еще до их застройки составляло менее десятка метров. Кроме того, здесь известны вскрытые при строительстве жилых домов небольшие карстовые полости (пещеры Русская, Херсонская и др.), имевшие как параллельное, так и диагональное направление к простиранию Чумакарской балки. Полости северо-западного направления могли отводить сток из балки в сторону источника Бор-Чокрак и р. Славянка. Как индикатор, свидетельствующий о возможном движении подземных вод в северо-западном направлении, выступает растительность. На снимках Google визуально выделяется более пышный растительный покров в виде треугольника, основание которого примыкает к р. Славянка и вытянуто на расстояние около 2 км от Даниловского пруда до парка им. Шевченко. Вершина треугольника расположена у перекрестка улиц Русская и Балаклавская, менее чем в 1 км от места запуска красителя. Именно в это место упирается северное окончание Чумакарской балки, не прослеживаемое далее в рельефе города.

Отметим также, что даже в случае перетока трассера в бассейн р. Славянка, существует возможность его появления в Казанке. Дело в том, что уровень воды в Нижнем пруду возле радиорынка примерно на 5 м выше поверхности площади перед зданием ДОСААФ (бассейн Казанки). При обследовании дренажных коллекторов в районе бывшего велотрека фиксируются увеличенные притоки относительно чистой воды и даже выбивающиеся через трещины бетонного пола родники. Очевидно, здесь осуществляется подземный переток из бассейна Славянки под кладбищенской горкой и вещевым рынком в русло Казанки. Следует обратить внимание, что от Даниловского пруда до радиорынка Славянка протекает практически по прямой линии, не меняя своего направления. Это связано с тектоническим контролем заложения русла. Вероятно, уходящее под кладбищенскую горку продолжение нарушения создает тектонически ослабленную и гидрогеологически активную зону, по которой осуществляется фильтрация в соседний бассейн.

Таким образом, существует высокая вероятность (особенно в период паводков) подземного перетока вод из Чумакарской балки в бассейн р. Славянка и обратно уже в бассейн Казанки. В то же время приоритетным всё же следует считать направление стока вдоль тектонического разрыва, контролирующего заложение Чумакарской балки и протягивающегося в сторону перекрестка улиц Козлова и Футболистов. Именно отсюда начинается относительно хорошо проходимая дренажная галерея, выводящая через 3 км к устью р. Казанка.

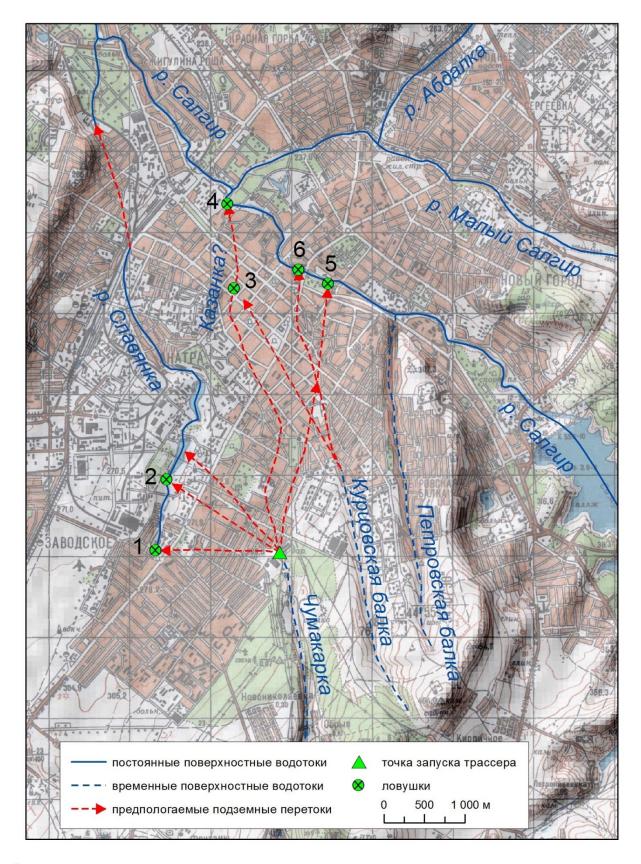


Рисунок 1 — Схематическая карта проведения индикаторного опыта по определению истока р. Казанка (цифры на карте в тексте).

Проходящий выше по склону субпараллельный тектонический разрыв, обеспечивший развитие Курцовской балки направлен в сторону группы родников, расположенных в Екатерининском саду на берегу Сапгира, известных как источник грека Савопуло. Пересекая по диагонали склон куэсты, он неизбежно будет собирать фильтрующиеся воды атмосферных осадков и антропогенных утечек и сбросов из микрорайона между улицами Пролетарская и Красноармейская. Также, как и Чумакарское нарушение он пересекается рядом более мелких трещинных зон, которые могут отводить часть собранных вод в бассейн Казанки (3). Поэтому нельзя исключать влияние подземного стока Курцовской балки на питание р. Казанка. К сожалению, отсутствие естественного стока в этой балке не позволяет здесь осуществить эксперимент по трассированию подземных вод.

Поскольку нарушения Чумакарской и Курцовской балок пересекаются вкрест зонами трещиноватости и, следовательно, могут обладать гидравлической связью, а место запуска красителя находится выше группы источников Савопуло и выхода вод из коллектора под Феодосийским мостом, возможен, хотя и маловероятный, переток в бассейн р. Салгир. Поэтому у моста и источника Савопуло также были установлены ловушки.

Обращает на себя внимание тот факт, что все крупные балки на структурном склоне Внутренней гряды в пределах Симферополя субпараллельны и направлены или оканчиваются у русла Салгира относительно мощными выходами подземных вод. В устье Петровской балки располагается издавна известный источник Петровский фонтан. В террасовых отложениях левобережья Сапгира на продолжении Курцовской балки выходят на поверхность родники Совопуло. Также на продолжении Чумакарской балки находится подземный выход устья р. Казанка.

Наблюдения за стартовавшим в 10:45 21.12.2015 года экспериментом по окрашиванию подземного потока велись в течение месяца. Замены ловушек на контролируемых водопунктах проводились 24 и 29 декабря 2015 г., а также 15 и 21 января 2016 г. За весь период наблюдений ни в одной из ловушек краситель зафиксирован не был.

Выводы. Отрицательный результат эксперимента может быть обусловлен несколькими причинами.

1. Отсутствие красителя в ожидаемых пунктах вероятно связано с недостаточным количеством флюоресцеина, использовавшегося в эксперименте. Его масса рассчитывалась в соответствии с требованиями, предъявляемыми для окрашивания в хорошо канализированных карбонатных коллекторах, которые отличаются низким потенциалом самоочищения и, следовательно, хорошей пропускной способностью красителя. С учетом расходов воды у места поглощения и в устье Казанки, а также расстояния между ними, достаточно было 130-140 г трассера. Подозревая, что на пути подземного потока могут

присутствовать антропогенно обусловленные буферные зоны, на которых может происходить задержка или садка красителя, реально было запущено 250 г. Как оказалось, техногенные отложения, которыми скрыто естественное понижение Чумакарской балки в пределах жилых массивов, вероятно обладают более высокими абсорбционными и противофильтрационными свойствами, чем ожидалось. Прохождение индикатором таких геохимических и физико-механических барьеров возможно в нескольких случаях: при его более высокой концентрации, при более длительном периоде наблюдений или замене одного типа трассера на другой (как это было сделано при трассировании подземного течения р. Абдалка [4]).

2. Второй вариант – краситель всё же прошел, но в таком количестве, которое не позволяет зафиксировать его колориметрически, как это делалось в нашем случае. Для выявления низкой концентрации трассера, которая могла быть связана с большим объемом прудов на р. Славянка и их эвтрофикацией, необходим спектрофлюориметр.

Таким образом, несмотря на проведенный эксперимент, вопрос о местоположении истока р. Казанка остается открытым, как остается открытым и вынесение решения о статусе этого водотока. Для выполнения поставленной задачи необходимо повторное проведение эксперимента в более водообильный период года с большим количеством флюоресцеина или с применением другого типа красителя (родамин, уранин) и с использованием лаборатории по трассированию подземных вод, базовым прибором которой является спектрофлюориметр с соответствующей периферией.

Литература

- 1. Амеличев Г. Н., Олиферов А. Н., Новикова Ф. Н. Гидрологические особенности реки Абдалка (Симферополь) в области питания артезианского бассейна Равнинного Крыма // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 3 (69). №1. 2017. С. 161–176.
- 2. Амеличев Г.Н. Подземные карстовые воды в верхнем течении р. Абдалка (Симферополь, Предгорный Крым) // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 4 (70). № 4. 2018. С. 251-267.
- 3. Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Токарев И.В. Формирование и режим карстовых подземных вод в бассейне р. Абдалка (Предгорный Крым) // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 5 (71). №2. 2019. С. 202-233.
- 4. Галкина М.В., Амеличев Г.Н. Трассирование карстовых вод на участке подземного течения р. Абдалка (Симферополь, Крым) // Сб. тезисов участников V научнопрактической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского». Таврическая академия. Секция Землеведение и геоморфология. Симферополь, 2019. С. 13-14.

- 5. Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Мустафаева З.Р. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник) / Под ред. А.А. Лисовского. Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. 114 с.
- 6. Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 216 с.
- 7. Тимченко З.В. Реки Симферополя // Устойчивый Крым. Симферополь южная столица. Киев-Симферополь: Сонат, 2001. С. 264-275.

УДК: 551.435.8

КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Головачев И.В.

Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия Русское географическое общество, Астраханское отделение; bask_speleo@mail.ru

Аннотация: На территории Западного Казахстана расположенного в восточной части Прикаспийской низменности имеются небольшие по площади разрозненные карстовые районы. Они связаны с выходом на дневную поверхность древних позднепалеозойских пород, представленных, как правило, сильно дислоцированными нижнепермскими гипсами в ядрах соляных куполов. В статье на основе анализа работ различных исследователей и собственных полевых данных, автор даёт краткий обзор карстовых провалов имеющихся в границах этих карстовых районов.

Ключевые слова: карстовый ландшафт, карстовый рельеф, карстовый провал, сульфатный карст, Западный Казахстан.

KARST SINKHOLES IN WESTERN KAZAKHSTAN

Golovachev I.V.

Astrakhan State University, Astrakhan city, Russia Russian Geographical Society, Astrakhan Branch; bask_speleo@mail.ru

Annotation: There are small disparate karst areas on the territory of Western Kazakhstan located in the eastern part of the Caspian lowland. They occurs due to emergence on the surface of the ancient Late Paleozoic rocks represented as a rule by strongly deployed Lower Perm gypsums in the nuclei of salt domes. In the article based on an analysis of the work of various researchers and their own field data the author gives a brief overview of the karst dips within the boundaries of these karst regions.

Keywords: karst landscape, karst relief, karst sinkholes, sulfate karst, Western Kazakhstan.

На территории Западного Казахстана в границах Прикаспийской низменности имеется несколько солянокупольных поднятий, на которых разви-

ты карстовые формы рельефа. Сульфатный карст там протекает в дислоцированных нижнепермских гипсах, слагающих кепроки. К таким карстовым районам относятся территории, прилегающие к озёрам Индер и Челкар, а также солянокупольные поднятия: горы Чапчачи и Малое Богдо (Джамантау), бугор Худайберген, и возвышенность Бесшокы (Биш-чохо).

Провальные воронки, в границах этих районов, начиная с XVIII века, часто упоминаются в трудах многих исследователей. Однако все описания «падей», «провалов», «провальных ям» и «провальных воронок» были сделаны бегло, вскользь, без должных описаний форм и размеров, при общей характеристике рельефа данного района. Часто под этими терминами понимаются любые карстовые воронки, без учёта их происхождения.

Среди различных карстовых форм рельефа наиболее опасной и, к счастью наименее распространённой, являются карстовые провалы.

Провальные воронки (или провалы) на территории Западного Казахстана встречаются двух основных типов: суффозионно-провальные (или суффозионно-карстовые) и коррозионно-провальные (или коррозионно-гравитационные). В первом случае образование воронки происходит за счёт обрушения свода полости, образовавшейся в рыхлых отложениях, вследствие вмывания покровных отложений в нижележащие полости, расположенные внутри карстующихся пород. Во втором случае провал образуется за счёт обрушения свода полости в коренной карстующейся гипсовой породе.

С 1997 г. и по настоящее время изучением карста и пещер на территории Западного Казахстана занимается секция спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества [2], по результатам исследований которой можно сделать вывод, что карстовые провалы наиболее характерны только для двух карстовых районов: возвышенности Бесшокы (Биш-чохо) и окрестностей озера Индер. В остальных карстовых районах имеются единичные провалы на поднятии Худайберген и горе Малое Богдо (Джамантау), или они вообще отсутствуют как в окрестностях озера Шалкар (Челкар) и на горе Чапчачи.

Возвышенность Бесшокы (кирг.: «пять бугров») расположена в Атырауской области Республики Казахстан и находится в западной части Рынпесков на территории Прикаспийской низменности.

Провальные воронки на Бесшокы наблюдал во время своего посещения в 1793 году естествоиспытатель и путешественник Петер Симон Паллас [2]. В 1854 году возвышенность Бесшокы обследовал известный российский геолог Иван Богданович Ауэрбах по заданию Императорского Русского географического общества [1]. Он упоминает в своей работе «гипсовые провалы, которые здесь встречаются ещё в большем количестве, ежели на Большом Богдо...» [1, с. 67].

На возвышенности Бесшокы за счёт небольшой мощности рыхлых древнекаспийских отложений встречены провалы только второго типа. В некоторых случаях к таким провалам приурочены пещеры, представляющие собой мешкообразные полости.

Наиболее интересным является крупный карстовый провал, расположенный в южной части возвышенности Бесшокы. Он относится к коррозионно-гравитационному типу.

В 1934 году этот провал посетил саратовский зоолог Ю.М. Ралль. В своей статье посвящённой возвышенности Бесшокы (Биш-чохо) он указывает, что её достопримечательностью являются «карсты, по-казахски «унгуры» - обвалившиеся и осевшие пустоты, промытые подземными водами в гипсовых пластах иногда на значительной глубине...» [5, с. 58].

От местных жителей он узнал о крупном провале с водой, расположенном на границе возвышенности с песками, и в течение нескольких дней проводил его обследование. Со слов местных жителей, провал образовался в 1924—1925 годах, и что «вода едва виднелась в его глубине, но затем соседний бархан был почти целиком пересыпан сюда ветрами и уровень воды повысился...» [5, с. 59]. Также исследователь указывает, что «вода, употреблявшаяся нами, не взирая на плавающие трупы сычей и ящериц, не имела дурного вкуса, но была чрезвычайно жестка...» [5, с. 59], то есть была пригодна для питья!

С этим карстовым провалом астраханским спелеологам впервые удалось познакомиться в 1987 году. Более подробно он был обследован в 1997-1999 г.г., 2009 и 2019 годах [2, 4]. В ходе этих экспедиционных работ проводились наблюдения за изменениями морфометрии и морфологии провала, а также проводились отборы проб воды на химический анализ.

В результате изучения данного провала была выявлена динамика изменения размеров провального колодца. В 1934 году размер горловины провала $4,90 \text{ м} \times 6,50 \text{ м}$, через 65 лет в 1999 году горловина стала округлой и имела диаметр около 8,0 м! В 2009 году диаметр составил 10,0 м. А в 2019 году размер горловины провала уже достиг $10,0 \text{ м} \times 11,0 \text{ м}$ (т.е. вытянулся в широтном направлении). Таким образом, горловина расширилась почти в два раза за 85 лет!

Интересным также является тот факт, что за такой продолжительный период стенки провала не выположились, а так и остались вертикальными.

Расширение претерпела и внутренняя часть провала. В 1934 году она мало отличалась от входной горловины своими размерами и составляла, повидимому, максимально 5,0 м \times 6,7 м. Через 65 лет в 1999 году диаметр составил около 11,0 м. А в 2009 году — 12,5 м.

Глубина расположения зеркала воды в провале от поверхности на момент образования его в 1924-25 г.г. неизвестна, но, по словам очевидцев,

«вода едва виднелась в его глубине, но затем соседний бархан был почти целиком пересыпан сюда ветрами и уровень воды повысился» [5, с. 59]. В 1934 году глубина залегания водного зеркала от поверхности составила 6,85 м. При этом вода занимала всё дно провала! Однако уже к концу 90-х годов прошлого века уровень воды располагался на глубине 9,0 м от поверхности, и вода занимала почти половину площади дна провала. Всего через 10 лет в 2009 году на водную поверхность приходилось уже всего одна треть площади дна. Но глубина залегания уреза воды от поверхности осталась прежней. К весне 2019 года эти параметры сохранились. За период с 1934 по 2019 годы уровень воды в провале понизился на 2,15 м.

Наибольшая глубина воды в провале весной 1934 года составляла 5,50 м. В 1997–99 гг. максимальная глубина воды уже была около 2,5 м. А к 2009 году озеро на дне колодца обмелело до 1,5 м. Весной 2019 года глубина воды максимально составила 1,0 м. То есть за 85 лет глубина воды уменьшилась более чем в 5 раз! Это, скорее всего, объясняется тампонированием нижележащих водоподводящих каналов и трещин поступившим в провал рыхлым песчано-глинистым материалом, погребение провала обрушивающимся обломочным гипсовым материалом и заиливанием отложений на дне озера.

Таким образом, можно смело констатировать, что за прошедшие 85 лет (с 1934 по 2019 гг.) произошло расширение входной горловины и внутренней части колодца почти в 2 раза за счёт обрушения вмещающих гипсовых пород. Озеро на дне провала в настоящее время имеет весьма слабую (а возможно уже не имеет) связь с карстовыми водами возвышенности. Вода в провале сильно засолилась и стала не пригодна для питья, вследствие постоянного испарения в условиях аридности климата, а соответственно накопления солей.

На основании проведённого исследования и анализа, имеющихся в распоряжении данных можно предположить дальнейшую эволюцию данного провала. Озеро на дне провала постепенно перекроет толща гравитационных и эоловых отложений. Провал продолжит своё расширение за счёт обрушения вмещающих гипсовых пород. Но как мы убедились, это процесс длительный и ближайшие 80-100 лет он ещё будет выглядеть провалом, пока не эволюционирует в крупную карстовую воронку провального генезиса.

В окрестностях озера Индер карстовые формы рельефа широко развиты на территории, расположенной севернее и северо-восточнее озёрной чаши. Эта территория представляет собой приподнятое плато Индерского поднятия, сложенное карстующимися гипсовыми породами. Поверхность плато активно закарстована. Плотность поверхностных карстовых форм достигает 200-300 шт./км². Основным составляющим элементом карстового ландшафта на плато являются карстовые воронки, среди которых иногда встречаются старые воронки провального генезиса и значительно реже свежие карстовые

провалы. Один из обследованных астраханскими спелеологами провалов располагается на обочине старой асфальтированной автодороги [3, с. 55]. Его вскрытие, скорее всего, обусловлено вибрацией грунтов, вызванной частым перемещением по дороге тяжёлой карьерной техники. Провал относится к коррозионно-провальному (или коррозионно-гравитационному) типу.

Провал имеет следующие размеры: длина 4,5 м, ширина 1,5 м, глубина 3,5 м. В стенках провала обнажаются гипсы (чёрные, битуминозные, мелко и среднезернистые) со следами карстовой обработки. Под одну из стен уходит карстовый субгоризонтальный трубообразный понор — канал длиной 1,5 м и диаметром 0,5-0,6 м. Дно провала перекрыто делювиальными отложениями вперемешку с рыхлым материалом заполнителем — светло-жёлто-коричневой супесью однородной по цвету и составу, морского генезиса. Судя по внешнему виду провала и характеру отложений, здесь происходит процесс вскрытия (реставрации) древнего погребённого карста.

В мае 2017 года спелеологами города Астрахани был обнаружен довольно свежий суффозионно-карстовый провал [3, с. 56]. Судя по его внешнему виду, этому провалу не более 2-3 лет.

Провал бутылкообразной формы и имеет следующие размеры: длина 3,6 м, ширина 3,3 м, глубина 8,0 м. Толщина нависающего козырька около 1,0 м. Горловина провала имеет овальную форму и слегка вытянут субмередионально. Бровка горловины провала резкая. Вокруг неё по периметру видны трещины отседания, что говорит о постепенном расширении горловины. В стенках провала обнажаются горизонтально залегающие хвалынские отложения, представленные алевритом и мелкозернистым песком в верхней части, и жёлтыми суглинками в нижней части разреза. Карстующиеся породы в стенках провала не обнажаются. Под основание юго-восточной стены уходит широкий (до 4,0 м), но низкий (до 1,0 м) канал.

На активность развития провалообразования оказывают влияние различные природные и антропогенные факторы [2, 59]. Карстовые процессы представляют определённую опасность при освоении закарстованных территорий, вследствие образования всевозможных провалов и просадок на земной поверхности и обвалов под землёй. В связи с чем, хозяйственное и туристско-рекреационное освоение таких территорий в дальнейшем без учёта воздействия карста недопустимо.

Литература

- 1. Ауэрбах И.Б. Гора Богдо. Исследования, произведённые по поручению Императорского Русского географического общества в 1854 году. С-Пб., 1871. 81 с.
- 2. Головачев И.В. Карст и пещеры Северного Прикаспия [Текст]: монография / И.В. Головачев. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. 215 с.

- 3. Головачев И.В. Карст и пещеры окрестностей озера Индер / И.В. Головачев // Индер перспективный геопарк Приуралья: монография / Под ред. К.М. Ахмеденова. Уральск: Изд-во Зап. Казахст. аграр.-техн. ун.-т им. Жангир хана, 2018. С. 49-78.
- 4. Головачёв И.В. О карстовом провале на возвышенности Бесшокы в Западном Казахстане // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 3 Вып. 74. С. 57-66.
- 5. Ралль Ю.М. Древняя степь «Бесь-Чохо» в Волжско-Уральских песках. // Природа, № 4, 1935. С. 55-60.

УДК: 556.332.46

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ДИСПЕРСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КАРСТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА

Дробинина Е.В., Катаев В.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; e-mail: alenadrobinina@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается методика проведения анализа изменчивости физико-механических свойств перекрывающих отложений в районе развития карбонатно-гипсового карста. По результатам анализа разработана модель карстовой опасности для изучаемой территории.

Ключевые слова: карстовая опасность, физико-механические свойства, перекрывающая толща, карстологический прогноз

ASSESSMENT OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF OVERLYING SOILS IN INTEGRAL KARSTOLOGICAL FORECASTING SYSTEM

Drobinina E.V., Kataev V.N.

Perm State University, Perm, Russia; e-mail: alenadrobinina@yandex.ru

Abstract: The variability analysis of the geotechnical properties of overlying soils in the carbonate-sulfate karst area is represented in the article. The model of karst hazard, which is based on the results of the analysis, is developed for the research area.

Key words: karst hazard, geotechnical properties, overlying soils, karstological forecast

Широкое распространение растворимых горных пород, перекрытых толщей нерастворимых отложений, препятствующей непосредственному наблюдению за развитием карстового процесса, обусловливает необходимость изучения покровов, состояние и свойства которых определяют устойчивость массива над ослабленными зонами, возникающими в результате формирования карстовых полостей и зон повышенной трещиноватости. Не-

достаточное количество информации о карстопроявлениях по результатам изыскательских работ, зачастую отсутствие признаков поверхностной закарстованности определяют сложность прогнозирования процесса провалообразования, характеризующегося спонтанным характером.

В условиях покрытого и/или перекрытого [2] карста повышается вероятность возникновения внезапных обрушений, влекущих за собой социальный, экономический и экологический ущербы. В пределах Российской Федерации крупные провальные формы, связанные с развитием сульфатного (гипсового, [1]), карбонатно-сульфатного (карбонатно-гипсового, [1]) типов карста, встречаются на территории Центрально-Европейской части и в Приуралье. Одной из особенностей сульфатного карста является относительно высокая скорость растворения трещиноватых гипсов и ангидритов, в результате чего под мощной толщей нерастворимых водоупорных отложений при условии доступа агрессивных вод могут сформироваться значительные по размерам карстовые полости. При достижении полостями критических размеров образуются крупные провалы.

Концептуально данное научное исследование основано на представлении, что несмотря на внезапность процесса провалообразования, существование на глубине ослабленной зоны изменяет состояние вмещающей толщи и перекрывающих отложений. Ареал распространения данного влияния определяется размером ослабленной зоны и глубиной ее залегания.

В условиях перекрытого карста весьма информативной с прогностической точки зрения является интегральная оценка карстовой опасности [4, 7, 3, 5], учитывающая не только характер поверхностной и подземной закарстованности территории, в том числе площадной, но и показатели природного строения, под которыми понимаются структурно-тектонические, геологические, гидрогеологические, геоморфологические и инженерно-геологические факторы развития карстового процесса [7]. В системе интегральной оценки карстоопасности, разработанной исследователями Пермского государственного национального исследовательского университета, роль перекрывающих отложений определяется главным образом через их мощности и литологию: детальных исследований состояния и прочностных свойств грунтов перекрывающей толщи не проводилось.

В данной работе предлагается проследить изменчивость перекрывающих отложений над ослабленной зоной в Кишертском районе развития карбонатно-гипсового карста [1], приуроченного к зоне сочленения восточной окраины Восточно-Европейской платформы и прилегающих частей Предуральского прогиба. В качестве исследуемого выбран участок, расположенный на ІІ надпойменной террасе р. Сылвы в пределах территории с. Усть-Кишерть.

Влияние элементов ослабления на свойства перекрывающих грунтов оценивалось путем определения степени и характера влияния на них фактора удаленности от элементов ослабления карстового массива. Следует уточнить, что на данном участке удаленность рассчитана как расстояние по вертикали от пробы до кровли неоген-четвертичного карстово-обвального комплекса отложений, по причине того, что последний представляет собой ослабленную зону. Разумеется, вследствие заполнения трещинно-полостного пространства дисперсным материалом влияние этой ослабленной зоны может быть относительно слабее, нежели влияние открытых трещин и карстовых полостей. Мощность карстово-обвальных отложений в пределах второй террасы изменяется от 10 до 40 м, при среднем значении 20-25 м.

Проанализированы свойства верхнечетвертичных суглинков преимущественно тугопластичных и полутвердых, тяжелых. Для определения *степени влияния* фактора удаленности от элементов ослабления пород применен однофакторный дисперсионный анализ, подробное описание которого широко освещено в справочной литературе [6].

Характер изменения физико-механических свойств по мере удаления от элементов ослабления по вертикали оценивался путем прямого сопоставления посредством построения двухмерных облаков точек, характеризующих зависимость исследуемого свойств от удаленности от элементов ослабления. Очевидно, что диаграммы, приведенные на рисунке 1А, не являются информативными, так как в большинстве случаев по ним невозможно установить даже приблизительный характер связи. Извлечь информацию о характере зависимости позволяет операция осреднения значений исследуемых свойств в равных интервалах значений удаленности от элемента ослабления (рис. 1Б). Данная процедура позволяет оценить направленность наблюдаемой зависимости (тренд), а в некоторых случаях, и установить ее характер (линейная, экспоненциальная, логнормальная и др.).

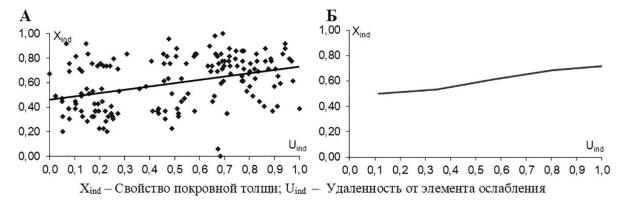


Рисунок 1 — Определение характера зависимости значений свойств от удаленности от элементов ослабления.

Так, для участка II надпойменной террасы в пределах территории с. Усть-Кишерть определено существенное влияние элементов ослабления карстового массива на свойства перекрывающих верхнечетвертичных суглинков, проявляющееся в закономерном увеличении по мере удаления от кровли карстово-обвальных отложений плотности суглинков (при закономерном понижении значений коэффициента пористости) и их удельного сцепления.

Методика создания интегральной модели карстоопасности сводится к построению картографических моделей изменения исследуемых свойств, переведению их в балльную форму по принципу увеличения балла опасности по мере снижения плотности и прочностных свойств грунтов и последующему совмещению и суммированию балльных оценок.

По точечным данным расположения проб методом интерполяции строятся растровые модели по всем перечисленным физико-механическим показателям. Интерполяция проводится по пробам, приуроченным к подошве исследуемых слоев покровных отложений, так как именно в этой части слоя влияние элементов ослабления прослеживается особенно явно.

Затем производится классификация растровых моделей. В качестве метода классификации значений частных растров в рамках данного исследования выбран метод геометрических интервалов (Geometrical Interval), позволяющий добиться того, что в каждом классе будет находиться примерно равное количество значений, и размеры интервалов будут примерно равнозначными.

Классифицированные модели методом переклассификации, заключающемся в изменении диапазонов реальных значений баллами опасности, превращаются в балльные. Баллы назначаются выделенным интервалам на основании проведенных ранее исследований, результаты которых свидетельствуют о снижении плотности и прочности грунтов над элементами ослабления. Иными словами, максимальный балл назначается интервалам минимальных значений плотности и удельного сцепления, и максимальных значений коэффициента пористости.

Затем балльные модели накладываются друг на друга с целью суммирования баллов карстовой опасности. В результате исследуемая территория ранжируется на классы различной карстовой опасности: от пониженной до повышенной. Ранжирование по карстовой опасности произведено таким образом, что к пониженной опасности относится территория, где суммарный балл опасности составляет менее пяти, к повышенной — более десяти, территория с промежуточным значениями интегрального показателя разбита на две категории. Таким образом, для исследуемой территории получена интегральная карта карстовой опасности, построенная на основании изменчивости свойств исследуемых грунтов в подошве слоя покровных отложений (рис. 2).

Верификация исследования, или проверка объективности построенной модели карстоопасности, проводится посредством анализа местоположения карстопроявлений, зафиксированных на данной территории, и их пространственного сопоставления с категориями карстовой опасности. Результат пространственного анализа представляется в табличном и графическом виде с указанием количества карстовых форм, пространственно соотнесенных с категориями на интегральной модели. Максимальное количество форм отмечено в пределах повышенной категории карстовой опасности, в то время как пониженная категория отличается отсутствием подземных форм и минимальным количеством поверхностных.

Таким образом, тезис о возможности применения детального анализа физико-механических свойств на локальном прогнозном уровне в рамках интегрального карстологического прогноза подтверждается в результате проведенного картографического моделирования с последующей верификацией модели с использованием данных о подземной и поверхностной закарстованности. Использование методики исследования свойств грунтов перекрывающей толщи с применением вероятностно-статистического аппарата позволяет выявлять карстоопасные участки над элементами ослабления карстового массива, чем повышает эффективность интегрального карстологического прогноза.

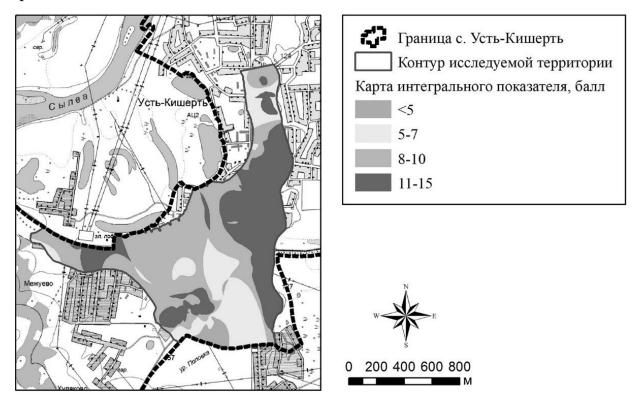


Рисунок 2 — Интегральная картографическая модель карстовой опасности исследуемой территории в пределах II надпойменной террасы р. Сылвы.

Литература

- 1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Перм. гос. ун-т, 1992. 200 с.
- 2. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстоведение. Ч. 1. Общее карстоведение. Пермь, 2004. 308 с.
- 3. Золотарев Д.Р., В.Н. Катаев. Воздействие линеаментной тектоники на развитие карстовых процессов на локальном уровне // ГЕОРИСК, № 1, 2013. С. 34-43.
- 4. Катаев В.Н., Кадебская О.И. Геология и карст города Кунгура. Пермь: Перм. гос. ун-т; ГИ УрО РАН, 2010. 236 с.
- 5. Ковалева Т.Г. Результаты оценки карстоопасности территорий развития карбонатно-сульфатного карста на основе геолого-гидрогеологических факторов // Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах: материалы Международного симпозиума / Под ред. В.Н. Катаева, Д.Р. Золотарева, С.В. Щербакова, А.В. Шиловой; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. С. 173-176.
- 6. Справочник по математическим методам в геологии / Д.А. Родионов, Р.И. Коган, В.А. Голубева и др. М.: Недра, 1987. 335 с.
- 7. Щербаков С.В., Катаев В.Н. Интегральная оценка карстоопасности урбанизированных территорий (на примере г. Кунгур) // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. Том 153, кн. 1. 2011. С. 203-224.

УДК: 556.332.46

ОПЫТ РАСТВОРЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ И СУЛЬФАТНЫХ ПОРОД

Катаев В.Н., Золотарев Д.Р., Щербаков С.В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, ООО «Противокарстовая и береговая защита», Москва, Россия; kataev@psu.ru, zolotarev.lpmg@mail.ru, sherbakov.lpmg@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрен опыт растворения образцов карбонатных и сульфатных пород в специально оборудованных скважинах общей продолжительностью 8 месяцев. В ходе исследования ежемесячно производились промежуточные замеры массы и объема образцов, велась их фотофиксация и производилось описание. В результате получены сведения о динамике изменения измеряемых величин, выявлены скорости растворения для различных литологических разновидностей карстующихся пород, в том числе с учетом их химического состава и микростроения. Установлены прогнозные зависимости, применимость которых может быть найдена в практических расчетах при определении размеров карстовых деформаций.

Ключевые слова: карст, кубы, скорость растворения пород, карбонатные и сульфатные породы.

EXPERIENCE OF CARBONATE AND SULFATE ROCKS DISSOLUTION

Kataev V.N., Zolotarev D.R., Shcherbakov S.V.

Perm State University, Perm, Russia; "Karst and Bank Protection" LLC, Moscow, Russia; kataev@psu.ru, zolotarev.lpmg@mail.ru, sherbakov.lpmg@mail.ru

Abstract: The article discussed the experience of dissolving samples of carbonate and sulfate rocks in specifically equipped wells during 8 months. In the course of the study, every month was made measurements of the mass and volume of the samples, photos were taken and a fully description was made. In the result of the study obtained data about dynamics of measured values. Dissolution rates for karst rocks of different lithology were revealed, including its chemical composition and microstructure. Obtained prognostic equations can be applied in practical calculations in estimating of the sizes of karst deformations.

Key words: karst, cubes, dissolution rate of rocks, carbonate and sulfate rocks.

Проектирование и строительство объектов на территориях, осложненных карстом, требует изучения этого процесса и применения при необходимости защитных мероприятий. Степень детальности изучения карста и количество исследуемых параметров возрастает при увеличении закарстованности. В действующей нормативной документации, посвященной карстовой тематике (СП 11-105-97, СП 22.13330.2016, СП 499.1325800.2021), указана необходимость количественного прогноза, который выражается через такие параметры как интенсивность провалообразования, средние и расчетные диаметры карстовых провалов, критические размеры полостей и др. При этом, для определения расчетного диаметра карстового провала в соответствии с действующими нормативными документами следует устанавливать начальный и критический диаметр полости. Последние величины невозможно определить без определения скорости растворения карстующихся пород.

Исследования отечественных и зарубежных специалистов в области скорости растворения пород показывают значительную вариативность в зависимости от литологического состава, возраста и генезиса карстующихся пород. Так, А.Г. Лыкошиным приведены сведения о скоростях растворения карбонатных пород от долей миллиметра до 3 мм в год [2]. Напротив, согласно данным Д. Форда и П. Уильямса [3] скорость растворения карбонатов не превышает 0,01-0,03 мм в год. Такие различия у разных авторов связаны не только с вышеотмеченными факторами, но и с условиями проведения опытов.

Целью проведенного исследования являлось установление величин скорости растворения карбонатных и сульфатных пород пермской системы, развитых в Пермском Предуралье. Данные карстующиеся отложения широко представлены и в пределах Русской платформы. Для этого были отобраны 20 образцов растворимых пород с различных глубинных интервалов в районе

проектируемого мостового перехода через р. Кама в Полазненском районе преимущественно сульфатного и карбонатно-сульфатного карста [1]. Из отобранных проб грунтов вырезаны образцы кубической формы размерами от 2х2х2 до 3х3х3 см для использования в эксперименте. Для каждого образца установлены физико-механические характеристики, определен химический состав микрозондовым методом, произведено микроскопическое описание. Для 6 образцов выполнены электротомографические исследования. Далее все образцы взвешивались и укладывались в перфорированные бюксы, соединенные в цепочку-гирлянду, после чего помещались в специально оборудованные гидрогеологические скважины, пройденные на первой левобережной террасе р. Камы на удалении 200 м от русла и вскрывшие четвертичный аллювиальный водоносный горизонт на глубине 4-8 м. Грунтовые воды характеризуются сульфатно-магниево-кальциевым составом с минерализацией, изменяющейся от 0,6 до 1,8 г/дм³ в течение года.

С периодичностью один раз в месяц на протяжении восьми месяцев образцы извлекались для взвешивания, замеров линейных параметров и фотофиксации. Замеры выполнялись электронным микрометром и электронными весами высокой точности. Путем деления масс образцов на их объем на каждом этапе проведения опыта определялась их плотность. Уже в ходе проведения испытаний было отмечено, что все образцы показывают примерно подобную динамику изменения замеряемых параметров от месяца к месяцу. Иными словами, изменение объема и массы для каждого куба на каждой итерации проведения опытов было примерно одинаковым, несмотря на сезонность года и изменения в режиме фильтрации грунтовых вод и их химическом составе.

Итоговые изменения объема, линейных параметров, массы и плотности всех образцов нормализованы путем деления на изначальные значения этих величин на момент старта проведения опытов и выражены в процентной форме. В результате данной процедуры установлена линейная взаимосвязь между потерей массы, плотности и изменением объема образцов (рисунок 1). Следует отметить, что в статистической обработке одновременно участвовали все образцы независимо от разновидности и состава породы.

Приведенные на рисунке 1 зависимости могут быть использованы в практических целях. Например, из высокой корреляции между потерей объема и массы следует, что при полевых или лабораторных экспериментах по определению скорости растворения карстующихся пород можно ограничиваться только лишь замером изменения массы образцов, при этом форма самих образцов может быть произвольной. Так, из изменения объема кубов можно вывести формулу по определению среднегодовой линейной (по одному из трех направлений) скорости их растворения:

$$\upsilon = \left(\sqrt[3]{V_0} - \sqrt[3]{V_1}\right)/t$$

где υ – линейная скорость растворения куба, см/год; V_0 – объем куба до начала проведения опытов, см³; V_1 – объемов куба на момент завершения опытов, см³; t – период проведения опытов.

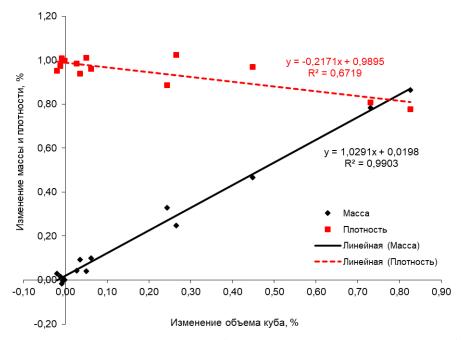


Рисунок 1 — Зависимости изменения объема, массы и плотности кубов карстующихся пород.

С применением аналогичной формулы по отношению к изменению массы кубов за время проведения испытаний, экстраполированной на годовой период и приведенной к нормализованному виду путем деления на значение массы до проведения опытов, установлена зависимость, приведенная на рисунке 2. С ее помощью можно определять скорости растворения карстующихся пород, зная только изменение их массы даже за ограниченный период проведения замеров.

Возвращаясь к зависимостям, приведенным на рисунке 1, следует отметить тенденцию к уменьшению плотности большей части образцов за время испытаний, что связано с активизацией процесса выветривания в результате постоянной гидратации кубов. Часть кубов, подвергались скалыванию в результате длительного водонасыщения, у некоторых кубов развивались характерные трещины на гранях, а 2 образца представленных карбонатными породами и вовсе разрушились на 5 и 6 месяце проведения испытаний. Это наблюдение также имеет свой практический интерес. Постоянное водонасыщение карстующихся пород в природном массиве сопровождается ухудшением их физико-механических свойств. Зоны развития сильнотрещиноватых

и раздробленных карстующихся пород, а также зоны, в которых они залегают в мучинистом состоянии (близки по состоянию к пылевато-глинистым грунтам) свидетельствуют об активной фазе развития карстового процесса.

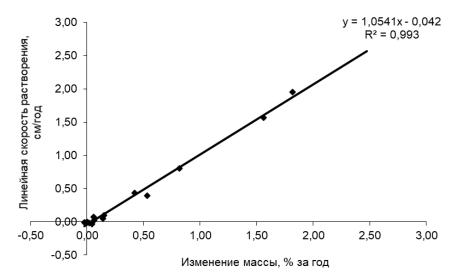


Рисунок 2 — Прогностическая зависимость для определения линейной скорости растворения пород по изменению их массы.

Итоговая статистика по изменению объема, массы и плотности исследуемых кубов карстующихся пород, отнесенных в зависимости от их литологии к 3 различным группам, приведена в таблице 1.

Таблица 1 Изменение параметров кубов, представленных сульфатными, сульфатнокарбонатными и карбонатными породами за период проведения опыта

D	Изменение параметров кубов за период проведения опыта							Скорость растворения				
Разновидность породы по лабораторному описанию	Изменение объема куба, %			Изменение массы куба, %			Отклонение плотности, %		в пересчете на 1 год, см/год			
	min	max	sr	min	max	sr	min	max	sr	min	max	sr
Сульфатные	0,40	0,78	0,57	0,55	0,81	0,66	0,80	0,87	0,84	0,96	1,76	1,27
Сульфатно- карбонатные	-0,01	0,24	0,06	0,30	0,52	0,37	0,95	1,01	0,98	-0,01	0,43	0,11
Карбонатные с глинистыми включениями	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	-0,01	0,00	-0,01

По результатам микрозондового анализа было установлено содержание 13 химических компонентов в каждом из исследуемых образцов-кубов. В рамках ограниченного объема данной статьи остановимся только на 3 основных компонентах и их влиянии на скорость растворения породы, выраженную через изменение объема. Как видно из рисунка 3 содержание труднорастворимых и нерастворимых примесей (SiO₂) на уровне 10% от массы и более, независимо от литологического состава карстующейся породы, оказывает

определяющее влияние на скорость процесса растворения. В то же время, увеличение содержание оксида серы (SO₃), т.е. постепенный переход от карбонатного ряда к сульфатному планомерно способствует повышению растворимости породы. Влияние содержания других компонентов, более редко встречающихся в составе карстующихся пород, требует отдельного обзора. Однако уже сейчас можно с уверенностью сказать, что даже незначительные увеличения содержания оксида стронция (SrO) в заметной степени повышают способность породы к растворению.

Испытания по просвечиванию кубов в электронном томографе показали, что между скоростью растворения породы, выраженной в изменении ее массы, и преобладающим размером микротрещин существует стойкая прямая связь, а степень корреляции выявленной зависимости позволяет применять ее на практике (рисунок 4).

В заключение отметим, что в рамках данной работы отмечены только первые и основные закономерности, полученные в ходе проведения эксперимента по растворению карстующихся пород. Авторы считают, что подобные исследования с особым акцентом на выявление количественных взаимосвязей между химическим составом пород, гидрогеологическими и гидрохимическими особенностями внешней среды и скоростью растворения карстующихся пород следует продолжать и наращивать. В конечном счете, это позволит более точно оценивать опасность развития карста и давать максимально приближенные к реалиям количественные характеристики размеров карстовых деформаций, учитываемых при проектировании и строительстве зданий и сооружений.

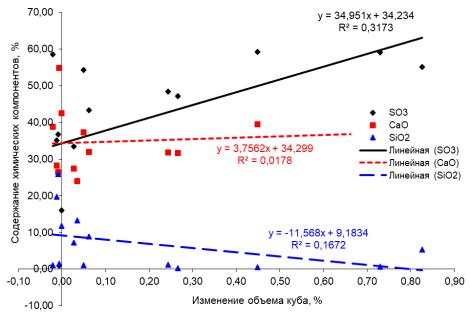


Рисунок 3 — Содержание SO_3 , CaO и SiO_2 в породе и их влияние на скорость растворения.

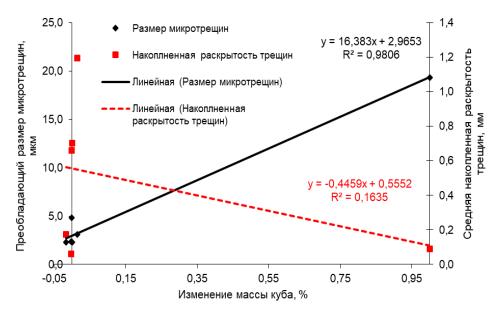


Рисунок 4 — Влияние микроструктурных особенностей строения породы на скорость растворения.

Литература

- 1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Перм. гос. ун-т, 1992. 200 с.
- 2. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. М.: Недра; Берлин: Akademie, 1990. 151 с.
- 3. Ford D, Williams P. Karst hydrogeology and geomorphology. Wiley, New York, 2007. 601 p.

УДК: 551.435.8

КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ САКСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В ОКРЕСТНОСТЯХ ЕВПАТОРИЯ-САКИ)

Ковалёва Т.Г., Селина З.В., Бажутин П.И., Созинов И.П.

ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь, Россия; kovalevatg@mail.ru, zoya.kivileva@mail.ru, bazhutin@antikarst.ru, sozinov@antikarst.ru

Аннотация: В статье приведена характеристика карстологических условий участка платформанной части Крымского полуострова. Представлены результаты оценки поверхностной и подземной закарстованности территории.

Ключевые слова: карст, карстовые формы, карбонатный карст, Крымский полуостров.

KARSTOLOGICAL CONDITIONS OF THE SAK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF CRIMEA (ON THE EXAMPLE OF A LAND IN THE NEIGHBORHOOD OF EVPATORIA-SAKI)

Kovaleva T.G., Selina Z.V., Bazhutin P.I., Sozinov I.P.

Perm state university, Perm, Russia; kovalevatg@mail.ru, zoya.kivileva@mail.ru, ba-zhutin@antikarst.ru, sozinov@antikarst.ru

Abstract: The article describes the characteristics of the karstological conditions of the platform part of the Crimean Peninsula. The results of the assessment of the surface and underground karst forms of the territory are presented.

Keywords: karst, karst forms, carbonate karst, Crimean peninsula.

Территория Крымского полуострова в последнее время активно развивается и застраивается: появляются новые автодороги, микрорайоны, объекты инфраструктуры. В связи с этим появляется необходимость в оценке протекания опасных инженерно-геологических процессов, к которым относится карст. Территория полуострова характеризуется достаточно широким развитием карстовых процессов. В данной работе рассматривается участок платформенной западной части полуострова, расположенный на территории Сакского района Республики Крым.

В геоморфологическом отношении часть исследуемого участка представляет собой аккумулятивную низменную равнину, вторая часть — структурно-денудационную возвышенную равнину. Рельеф равниный, пологоволнистый. Абсолютные отметки варьируются в широких пределах, от первых единиц до 85 м. Общий уклон поверхности исследуемой территории направлен в западном направлении.

В тектоническом отношении территория находится в пределах Скифской эпигерцинской плиты, осложненной Альминской впадиной и Новоселовским поднятием. По структурным и геоморфологическим особенностям рассматриваемая территория характеризуется плоской постепенно понижающейся на север частью крымской равнины и глубоким развитием палеогеновых пород, перекрытых сверху спокойно залегающими отложениями неогена и четвертичной системы.

Карст на исследуемой территории голый и покрытый, карбонатный, карстующимися породами являются известняки, доломиты, мергели. По данным инженерно-геологического и карстологического бурения геологическое строение изучаемого участка следующее. Повсеместно с поверхности залегает почвенно-растительный слой, представленный каштановыми почвами. Под ними располагаются четвертичные отложения (Q), представленные аллювиально-биогенными, болотными, элювиально-эолово-делювиальными разновидностями. Четвертичные отложения представлены преимущественно красно-коричневыми, бурыми суглинками и глинами, реже коричневыми песками мелкими и гравелистыми. Неогеновые отложения (N) представлены преимущественно глинами твердыми коричневыми, известняками белыми до темносерых, органогенных окремненных, иногда разрушенных до карбонатной муки, мергелями средней прочности до прочных, реже встречаются прослои гравийно-галечникового грунта.

В гидрогеологическом отношении исследуемая территория принадлежит к участку распространения подземных вод альминского артезианского бассейна и новоселовского поднятия, Равнинно-Крымского артезианского бассейна. По результатам инженерно-геологического и карстологического бурения подземные воды до глубины 60 м вскрываются достаточно редко. Из 13 карстологических скважин, пробуренных на изучаемой территории в отдалении от береговой линии озера Сасык-Сиваш, подземные воды вскрыты только в одной скважине, расположенной вблизи села Скворцово Симферопольского района, на глубине 46,5 м в неогеновых песках средней крупности и установились на глубине 3,0 м, с высотой столба воды 43,5 м. По химическому составу подземные воды хлоридно-сульфатные магниево-кальциевонатриево-калиевые с минерализацией 7,4 г/дм³, агрессивные к доломитам и неагрессивные к известнякам.

Согласно карстологическому районированию по Б.Н. Иванову [3] часть исследуемого участка относится к некарстоопасной территории и часть – к Равнинно-Крымской карстовой области, Тарханкутскому карстовому району; по Г.Н. и В.Н. Дублянским [2] – к Равнинно-Крымской карстовой области, Альминскому и Тарханкутскому карстовым районам.

Согласно «Карте карстоопасности Крыма» масштаба 1:2000000 [1], в пределах исследуемой территории плотность карстовых воронок низкая, менее 10 ед./км², уровень потенциальной карстоопасности средний и весьма высокий (рисунок 1). В рамках карстологических исследований на предполевом этапе было выполнено дешифрирование статических космических снимков земли, полученных в реальном времени, а также за разные года, что снижает вероятность ошибки при дешифрировании. Результаты дешифрирования уточнялись в ходе полевого карстологического рекогносцировочного обследования.

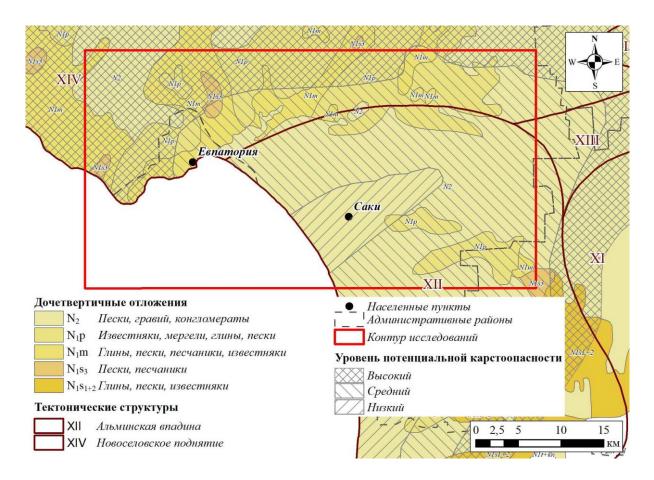


Рисунок 1 — Уровень потенциальной карстоопасности, дочетвертичные отложения и тектонические структуры в пределах исследуемой территории

Исследуемая территория характеризуется невысокой поверхностной закарстованностью. Всего на площади 323 км² было зафиксировано 26 шт. поверхностных карстопроявлений, представленных воронками (6 шт.) и понижениями (20 шт.). Возраст выделенных форм определен, как молодой. Диаметры воронок изменяются от 1,0 до 14,0 м, в среднем составляют 5,9 м; глубина — от 0,6 до 1,8 м (среднее значение — 1,1 м). В морфологическом отношении 2 шт. воронок округлые, 4 шт. — эллипсовидные в плане, в профиле 3 воронок чашеобразные, 3 шт. — блюдцеобразные. Морфометрические показатели понижений следующие: диаметр — от 1,0 до 25,0 м (среднее значение 4,9 м), глубина — от 0,1 до 1,7 м (среднее значение 0,5 м). В плане большинство понижений (14 шт.) округлые, остальные (6 шт.) — элипсовидные; 16 понижений в профиле имеют форму блюдца, 4 — чаши (рисунок 2). Большая часть выявленных карстовых форм расположена на территории Сасыкского заказника по бортам безымянной крупной балки южнее села Глинка и Желтокаменка (рисунок 3).



Рисунок 2 – Воронкообразные карстово-суффозионные формы.

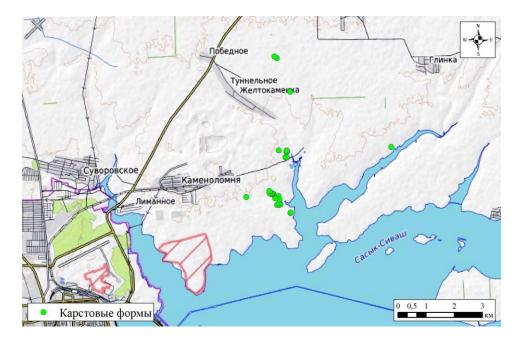


Рисунок 3 – Местоположение большинства карстово-суффозионных форм.

Среди воронкообразных карстово-суффозионных форм в ходе рекогносцировочного обследования встречена провальная (колодцеобразная) воронка с крутыми стенками. Форма в плане округлая, в профиле конусообразная с диаметром 5,0 м и глубиной 1,0 м. Борта провала расположены под углом 45°-50°, сложены ракушечником (рисунок 4).

Карстующаяся толща представлена карбонатными породами — известняками, доломитами и мергелями. В ходе инженерно-геологического и карстологического бурения карстовые полости в карстующейся толще не вскрыты. Необходимо отметить, что в отдельных интервалах карстующейся толщи породы находятся в разуплотненном состоянии (выветрелые до состояния карбонатной муки, малопрочные), то есть сформированы зоны дробления. Что свидетельствует о предпосылках к возможному образованию в геологическом разрезе карстовых полостей. Мощность зон дробления от 0,1 м до 28,2 м, в среднем составляют 4,8 м.



Рисунок 4 — Провальная (колодцеобразная) карстово-суффозионная форма.

Таким образом, исследуемая территория характеризуется неравномерным развитием карста. Благоприятные условия для развития карстовых процессов создаются преимущественно на наклонных участках (склонах или присклоновых частях балок, оврагов и т.п.). Большинство выявленных поверхностных карстовых форм сосредоточено именно на таких участках и приурочено к крупной балке южнее сел Глинка и Желтокаменка. В активизации карстовых процессов, в связи с достаточно глубоким залеганием подземных вод, здесь активно участвуют агрессивные поверхностные воды, которые проникая в массив неглубокозалегающих органогенных, часто выветрелых и кавернозных известняков, начинают их растворять.

Литература

- 1. Атлас. Автономная республика Крым. Симферополь-Киев, 2003. 80 с.
- 2. Дублянская Г.Н., Дублянски В.Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. Новосибирск: Изд-во РАН, 1992. 120 с.
- 3. Иванов Б.Н. Карстовые районы Горного Крыма и их гидрогеологическое значение// Труды Первого Украинского гидрогеол. совещ. Т. І. Киев: Изд-во АН УССР, 1961. С. 196-205.

УДК: 551.448:624.131.3

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Кочев А.Д.

ООО «Институт Транспроектинжиниринг», Москва, Россия; e-mail: a.kochev@mail.ru

Аннотация. Рассматривается необходимость учета региональных особенностей при проведении инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях для использования в нормативных документах. Поднятая проблема особенно актуальна при проведении районирования территорий и оценки опасности возможности развития карста и карстово-суффозионных процессов. Приводятся примеры различных подходов при таких исследованиях применительно к наиболее изученным регионам РФ.

Ключевые слова: карст; инженерно-геологические изыскания; закарстованность.

REGIONAL APPROACH TO ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEYS IN KARST AREAS

Kochev A.D.

Institute Transprojectengineering LLC, Moscow, Russia; e-mail: a.kochev@mail.ru

Abstract: The article discusses the necessity to take into account regional features when conducting engineering-geological surveys on karst territories for the use in the regulatory documents. This problem is especially relevant when zoning the territories and assessing the karst and karst-suffosion processes development hazard. There are examples of various approaches to such researches in relation to the most studied regions of the Russian Federation.

Key words: karst; engineering-geological surveys; karstificaton.

Почти треть площади суши Земли занимают закарстованные территории, на которых зачастую образуются провальные воронки и воронки оседания. Прогноз таких деформаций, приводящих к значительным экономическим потерям и человеческим жертвам, является крайне затруднительным, что связано прежде всего с многофакторностью рассматриваемых процессов.

Точность и правильность прогнозов и оценок опасности негативных процессов на закарстованных территориях определяются в основном полнотой и качеством инженерных изысканий, во многом зависящих от уровня разработанности методической базы и профессионализма изыскателей.

В связи с этим очевидна актуальность разработки свода правил (СП) для производства инженерных изысканий на закарстованных территориях.

Различные закарстованные регионы обладают своими особенностями, отличающимися условиями и факторами протекания карстовых процессов и связанных с ними деформаций. В этой связи предлагается общую часть СП составить на основе единой методической базы для всех регионов РФ, т.е.

учесть только общие принципы проведения инженерных изысканий применительно к любой закарстованной территории, а правила проведения изысканий с учетом региональных особенностей сформулировать в приложениях к СП, например, для условий г. Москвы, Нижегородской области, Пермского края, Башкортостана, Крыма и др. Тем более, что такие приложения будут в основном создаваться на базе существующих региональных ТСН, рекомендаций и другой нормативно-методической литературы [6].

В качестве доказательства необходимости использования регионального подхода при прогнозе развития и оценке опасности карстового и карстовосуффозионных процессов рассмотрим критерии таких оценок, применяемых для наиболее изученных в этом отношении территорий.

Московский регион

Оценку опасности закарстованных территорий для всех регионов РФ настоятельно предлагают осуществлять с помощью показателя частоты (интенсивности) образования карстовых и карстово-суффозионных провалов и воронок. При этом такой расчет для Москвы производится с учетом того, что за 30 лет (т.е. в период с конца 1950-х гг. до 1989 г.) всего образовалось 42 карстово-суффозионные воронки на северо-западе города. Некоторые специалисты считают, что впервые карстово-суффозионные процессы были установлены в связи с аварией жилого пятиэтажного дома в 1969 г. [8]. Другие полагают, что карстово-суффозионные воронки существовали задолго до промышленного освоения территории города [9]. И как учесть в расчетах последние 32 года, в течение которых воронки не образовывались? После 1989 г. до наших дней четко не зафиксировано ни одного случая, когда бы карстово-суффозионный генезис был подтвержден специальным комплексом инженерно-геологических исследований [4]. Важно отметить, что распределение диаметров всех известных воронок в Москве не подчиняется нормальному закону и носит полинормальный вид. Таким образом, использовать показатель интенсивности образования воронок в Москве не представляется возможным даже для территории их активного проявления площадью порядка 11 км² на северо-западе города.

В настоящее время наиболее логичным можно считать выбор критериев оценки опасности, основанный на результатах детального изучения участков непосредственного образования карстово-суффозионных воронок [5]. На основе данных исследований удалось подтвердить правильность подхода при разработке «Инструкции...» [2], а также подкорректировать и формализовать некоторые принципы отнесения участков изысканий к той или иной категории опасности.

Детально были изучены многие факторы и условия развития КСП. Из всего многообразия потенциальных критериальных признаков, которые можно было бы использовать в процессе районирования и оценки террито-

рий по степени опасности развития КСП, значимыми оказались только области распространения доледниковой долины размыва, где главным образом распространены карбонатные породы с высокой степенью закарстованности, и мощность перекрывающих закарстованный массив относительно водоупорных глинистых отложений [7]. Такие показатели, как степень закарстованности карбонатных пород, величины градиента вертикальной фильтрации, степень разуплотнения покровной толщи и др., являются важными характеристиками изучаемого массива грунтов и обязательными параметрами для изучения в процессе проведения инженерно-геологических изысканий.

Пермский край

При районировании территории по категории устойчивости и карстовой опасности рекомендуется выделять участки, характеризующиеся общностью структурно-тектонических, геоморфологических и инженерно-геологических условий, с оценкой показателя интенсивности провалообразования [10].

В процессе оценки карстовой опасности учитывается большой набор факторов и условий, а именно: мощность толщи карстующихся грунтов; расчлененность кровли карстующихся грунтов; мощность покрывающей толщи; литологический состав покрывающей толщи; наличие растворимых минеральных включений и растворимого цемента в грунтах покрывающей толщи; наличие и мощность водоупорного прослоя в покрывающей толще; литологический состав водоупорного прослоя в покрывающей толще; наличие в покрывающей толще прослоев суффозионно-неустойчивых грунтов и их мощность; мощность покрывающей толщи; литологический состав покрывающей толщи; наличие растворимых минеральных включений и растворимого цемента в грунтах покрывающей толщи; наличие и мощность водоупорного прослоя в покрывающей толще; литологический состав водоупорного прослоя в покрывающей толще; наличие в покрывающей толще прослоев суффозионно-неустойчивых грунтов и их мощность; уровень (глубина) появления и установления подземных вод; напор трещинно-карстовых вод; коэффициент фильтрации; гидравлический градиент потока; градиент вертикальной фильтрации; наличие водообильных зон или зон поглощения поверхностного стока; минерализация подземных вод; фациальный состав подземных вод; содержание агрессивной углекислоты (для карбонатных грунтов); дефицит насыщения подземных вод сульфатом кальция; удаленность от ближайшего поверхностного проявления карста; наличие полостей, глубина заложения, состав и состояние грунтов, заполняющих карстовые полости; вертикальные размеры полостей; положение полостей относительно элементов напластования; удаленность от полостей и др.

При районировании (зонировании) территории по степени карстовой опасности рекомендуется пользоваться интегральными показателями (балль-

ными, вероятностными), учитывающими комплексное влияние различных факторов на опасность развития карста [13]. При достаточном количестве исходных данных допускается применение подходов, в основе которых лежит численное выявление взаимосвязи между отдельными факторами развития карста и распространением карстовых форм.

Нижегородская область

Оценка карстовой и карстово-суффозионной (карстово-провальной) опасности на территории Нижегородской области проводится на основании **интенсивности провалообразования** и **прогноза среднего диаметра карстовых провалов и воронок** [11].

Отнесение той или иной территории (участка строительства) к конкретному классу карстовой опасности должно проводиться при максимально возможном учете данных инженерно-геологических изысканий, а также сведений о предполагаемых техногенных воздействиях на геологическую среду. Это ограничит возможность субъективного назначения категорий карстоопасности, что позволит повысить безопасность строительных объектов и экономичность проектных решений.

При строительстве и эксплуатации сооружений в карстовых районах следует иметь в виду, что негативное влияние карста на хозяйственную деятельность многоаспектно. По карстовой опасности выделяют следующие основные типы: A, B, C, D [11].

Республика Башкортостан

Инженерно-геологическое районирование закарстованной территории Республики Башкортостан на различных этапах выполнения инженерных изысканий осуществляется с использованием следующих показателей: плотность воронок на 1 км²; коэффициент закарстованности; среднегодовое количество провалов на 1 км²; удаленность от ближайшего карстопроявления; наличие карстовых полостей по результатам бурения скважин; мощность водоупора, м; содержание грунтов, подверженных суффозии, %; загипсованность в грунтах перекрывающей толщи, %; удельный коэффициент трещиноватости, шт./м; размеры каверн по стволу скважины, см; коэффициент фильтрации, л/сут; агрессивность карстовых вод; коэффициент устойчивости сводов 2В/G (критический 3,5) и др.

На основании **интегральных оценок** перечисленных показателей определяются категории устойчивости территорий [3, 12].

Республика Крым

При инженерно-геологическом районировании закарстованной территории Республики Крым на разных этапах выполнения инженерных изысканий используются следующие показатели: развитие карстующихся грунтов (по площади и в разрезе); мощность карстующихся грунтов; разновидность кар-

стующихся грунтов; тип карста (по характеру покрывающей толщи грунтов); структурные условия (оцениваются по тектонической карте), залегание пород; расстояние от крупных тектонических нарушений; количество эффективных осадков (осадки минус испарение); поверхностный сток; подземный сток и др. [1].

Качественный прогноз устойчивости территории выполняется на основе балльной оценки. Степень карстовой опасности территории определяется в зависимости от условий развития карста (в баллах) и плотности карстовых воронок (ед./км²).

Заключение

Из приведенного краткого обзора применяемых подходов к районированию и оценке опасности карстовых и карстово-суффозионных процессов видно, насколько на фоне общих методологических основ изучения карста отличаются используемые при этом показатели, критерии, характеристики и т. п., когда принимаются во внимание региональные особенности территорий. Попытка учесть такие особенности осуществляется при разработке нового СП «Инженерные изыскания для строительства на закарстованных территориях. Общие требования», что, несомненно, позволит объективно и качественно осуществлять оценку опасности и районирование на изучаемых закарстованных территориях различных регионов РФ.

Литература

- 1. Атлас пещер России / Гл. ред. А.Л. Шелепин. М.: Буки Веди, 2019. 767 с.
- 2. Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов / Мосгорисполком: Введ. 23.01.84. М., 1984. 14 с.
- 3. Камалов В.Г. Инженерная геодинамика территории Уфимского «полуострова» (эндогеодинамика и экзодинамика геологической среды): монография / В.Г. Камалов, В.И. Барышников. Уфа: АСИЗ, 2019. 240 с.
- 4. Кочев А.Д. Методика и результаты комплексного изучения карстовосуффозионных процессов в г. Москве / А.Д. Кочев, Л.Г. Чертков, И.Л. Зайонц, В.Ю. Афанасьев // Инженерная геология. 1989. № 6. С.77–94.
- 5. Кочев А.Д. Природа и механизм карстово-суффозионных процессов на территории г. Москвы и совершенствование методики их инженерно-геологического изучения: Дис. ... канд. геол.-мин. наук: 04.00.07. М., 1990. 161 с.
- 6. Кочев А.Д. Разработка нового Свода правил «Инженерные изыскания для строительства на закарстованных территориях. Общие требования» / А.Д. Кочев, М.И. Богданов. Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: материалы XIII Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. М.: Геомаркетинг, 2017. С. 600–606.
- 7. Кочев А.Д. Факторы и условия развития карстово-суффозионных процессов на территории г. Москвы // Инженерные изыскания. 2019. Т. 13. № 5–6. С. 8–20.

- 8. Медведев О.П. Один из принципов инженерно-геологического районирования карстоопасных территорий / О.П. Медведев, Н.М. Ильинская // Инженерные изыскания в строительстве: сб. 1979. Сер. 15. Вып.5. С. 8–10.
- 9. Парфенов С.И. О поверхностных проявлениях карста в Москве / С.И. Парфенов, И.Р. Кутателадзе // Тр. ВСЕГИНГЕО. 1976. Вып. 108. С. 70–73.
- 10. ТСН 11-301-2004 ПО. Инженерно-геологические изыскания для строительства на закарстованных территориях Пермской области. Введ. 01.01.05. Пермь: Администрация Пермской области, 2004. 122 с.
- 11. ТСН 22-308-98 НН. Инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Введ. 30.08.99. Н. Новгород: Администрация Нижегородской области, 1996. 71 с.
- 12. ТСН 302-50-95 РБ. Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях. Взамен ВСН 2-86 и РСН 1-91; Введ. 02.04.96. Уфа: Госстрой Республики Башкортостан, 1996. 40 с.
- 13. Щербаков С.В. Показатели-факторы развития карста при комплексной оценке карстоопасности территорий // Гидрогеология и карстоведение: сб. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. 2013. Вып.19. С. 261–268.

УДК 551.448+552:551.2+553.078

КАРСТ И ДРУГИЕ ТРАНССЛОЕВЫЕ НЕМАГМАТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ – СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЯ

Ляхницкий Ю.С.

ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, Россия, uravita123@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы терминологии и классификации гидротермально-флюидных процессов и их отличия от карста. Предложен вариант уточнения понятий туффизитов, флюизитов, флюидолитов, структур газовой проницаемости. Делается попытка обобщения признаков различных флюидных процессов. Сделан вывод о существовании широкого спектра трансслоевых немагматических процессов, обладающих специфическими параметрами и масштабами, а также комплексом полезных иско-

Ключевые слова: карст, гидротермокарст, флюидолиты, туффизиты, дегазация, оруденение.

KARST AND TRANS-LAYER NO MAGMATIC PHENOMENA - SIMILARITIES AND DIFFERENCES

Lyahnitsky Y.

Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russia; uravita123@mail.ru

Abstract: Questions of terminology and classification of hydrothermal fluid processes as well as their differences from the karst are considered in the article. An option of specification such definitions as tuffisits, fluidolith, structures of the gas permeability is suggested. Character-

istics generalization of various fluid processes is attempted. The conclusion about the existence of a wide spectrum of trans-layer no magmatic processes, having specific parameters and scales, as well as mineral deposits complex is made.

Keywords: karst, hydrothermokarst, fluidolith, tuffisite, degassing, mineralization.

Необходимость нового теоретического осмысления карста, как одного из трансслоевых немагматических процессов, нужды металлогении и рудничной геологии заставляют провести анализ ситуации, связанной с этими вопросами. Прежде всего, надо однозначно определить – что такое карст. В геологических словарях существует большое количество различных определений. Кроме того, обычно подразумевают, что это процесс и явление. Мы предлагаем наиболее общее универсальное определение – «Карст – процесс растворения горной породы с образованием полостей, переносом и отложением растворенного вещества». Под это определение подпадают все виды активного карста: классического (экзогенного, с нисходящим направлением вектора), гипокарста и гидротермокарста. Последний, как особый процесс, выделен Ван-Хайзом еще в 1904 г., и в дальнейшем к нему не раз обращались карстоведы: F. Pavai-Vajana (1931), Г.А. Максимович (1969), L. Jakucs (1977), S. Dzulynski (1976), В.Н. и Ю.В. Дублянские (1984) [3], Р.А. Цыкин [12]. По определению – это карстовый процесс, осуществляемый термальными водами с восходящей гидродинамикой (в движении которых преобладают восходящие потоки). Критерии различия карста и гидротермокарста имеют комплексный характер, но решающими являются морфологические особенности систем полостей (рис. 1, 2). Карстовые системы имеют L-образный профиль, а гидротермокарстовые, гипокарстовые – Т-образный.

	Группы и подгруппы систем								
nev mev	P	Καςκ							
Тилы систем	Горизонтальные	С преобладанием гори— зонтальных полостей	С преобладанием вер- тикальных полостей.	Многоэтажные					
ые		~~~	©=>						
Простые	M. Jumming Sun	mmmmyn							
лейные			Makali Miller Mariani.	and the second					
Разветвленные	The state of the s								
Лабиринтовые			THE STATE OF THE S						
Лабир	THE RESIDENCE OF THE PARTY OF T								

Рисунок 1 - Структурно-морфологическая классификация карстовых систем.

N	Группы и подгруппы систем						
Тилы систе м	Горизонтальные	Комбини	Вертикальные				
7u Cu		Т- образные	Многоэтажные				
<i>a</i> ,	4	7					
Простые							
Разветвленные	The state of the s	Was a series of the series of		(3) 38 W			
Лабиринтовые							

Рисунок 2 - Структурно-морфологическая классификация гидротермокарстовых, гипокарстовых систем полостей.

Вопрос о соотношении гипокарста и гидротермокарста пока не совсем ясен. Гидротермокарст сейчас редко упоминается, обычно его рассматривают, как термальную разновидность гипокарста, но при этом, остается не решен вопрос о природе вод этих типов карста.

Практика показывает, что в гипокарсте обычно участвуют инфильтрационные воды (поверхностного происхождения) глубинной циркуляции. В гидротермокарсте существенную роль играют магматические, метаморфические воды, горячие гидротермы, рассолы, поэтому эти два вида карста если и совпадают, то частично. Необходимо напомнить, о большой значимости гидротермокарста, как рудообразующего фактора. Эти вопросы исследовали еще в восьмидесятых годах XX века М. Сасс-Густкевич (1975) [15], С. Джулинский (1976), Ляхницкий (1977) [5], Ю.В. Дублянский (1984) [1], Цыкин (1985) [12], Кутырев, Ляхницкий (1982, 1988, 1989) [4]. Было доказано, что существенная часть низкотемпературного телетермального оруденения миогеосинклиналей сформирована этим процессом. К сожалению, полученные результаты так и не вошли в широкое применение геологами – рудниками, из-за незнания ими закономерностей развития карста. Это требует «повторения пройденного» - ниже приводится таблица карстового оруденения и примеры конкретных случаев реализации этих теоретических вариантов локализации руд.

Формирование карстовых руд, как правило, осуществляется в два этапа – образование полости, локализующей структуры и ее заполнение рудным веществом. Полости (ловушки) могут быть образованы экзокарстом или эндокарстом - напорными глубинными термальными водами, гидротермами. Рудообразование осуществляется инфлюационными, инфильтрационными и гидротермальными водами. Это обеспечивает возможность реализации шести вариантов карстового рудогенеза. На практике наиболее часто реализуются варианты, обозначенные в таблице а, в, д, е (рис. 3).

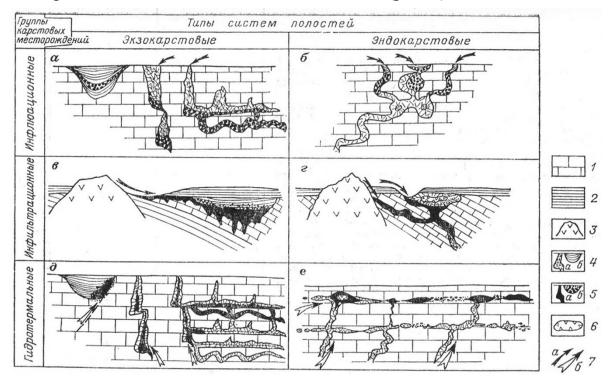


Рисунок 3 - Генетическая классификация карстовых месторождений. Породы: 1 — карстующиеся, 2 - терригенные, 3 — ультраосновные; карстовые полости: 4 — с нерудным заполнителем, 5 — с рудным веществом (а - массивным, б - прожилково-вкрапленным), 6 — жеоды, 7 — рудолокализующие поверхностные воды (а) и гидротермы (б).

Примером экзокарстовых инфильтрационных месторождений являются древние карстовые воронки с богатыми залежами алмазов в Трансваале (ЮАР), карстовые россыпи золота на Урале и Северо-Востоке России. Экзокарстовые инфильтрационные месторождения представлены железоникелевыми залежами Урала (Алопаевское, Липоское и др.) [2, 8]. Примерами типичных гидротермокарстовых месторождений (рис. 3, типы д, е) могут служить Тюямуюнское - Средняя Азия, Аргунское - Забайкалье (уран), Бадам (флюорит, барит), Лякян (целестин), Сигуаньшань и Цинлун – Китай (сурьма), Ваншань (ртуть), Корначино и Монтебуано - Италия (ртуть), Маскот-Джеферсон-Сити - США (цинк), Тетюхинское - Дальний Восток России

(свинец-цинк), Степано-Петровское — Петропавловская группа Восточного Забайкалья России (свинец), район «Верхнемиссисипской Долины» в США (свинец-цинк) [4].

Следующим в спектре трансслоевых - является флюидолитовый процесс. Н.А. Фогельман в 1969 г. [11] определяла флюидолиты, как подвижные обломочные массы, состоящие из пород и минералов преимущественно невулканического происхождения, отторгнутых от стенок вулканических камер и каналов. В соответствии со взглядами геологов ВСЕГЕИ [13], К.Э. Якобсона, А.П. Казака и др. авторов [14], это - образования, формирующиеся в результате физико-механического и химического взаимодействия высокотемпературных флюидов с горными породами. Флюидные потоки возникают в коровых очагах или, гипотетически, в мантии. При прорыве газа образуется суспензия, которая течет как жидкость. В технике, этот процесс называется «псевдоожижением». То есть в них меньше вулканизма и больше «флюидности». Движущим агентом процесса является не газ, а «флюид» — жидкое, газово-жидкое вещество, переносящее обломочный материал, в том числе, рудные компоненты.

Среди флюидолитов намечается выделение двух классов пород. Это флюизиты и туффизиты. Флюизиты амагматичны по составу и генезису, не содержат вулканогенного материала и образуются при сравнительно низких температурах. Примером флюизитового процесса, являются «грязевые вулканы» (рис. 4). Это одна из разновидностей немагматогенных флюидолитов, очень наглядная и всем хорошо известная. При исследовании грязевых вулканов становится ясно, как могут образовываться пластовые тела флюидолитов.

Туффизит (туфобрекчия), согласно Петрографическому словарю (1981) — это сцементированная и уплотненная порода, состоящая из несортированного грубообломочного вулканокластического материала - угловатых глыб лавы, шлака, вулканических бомб в более мелкозернистом туфовом и пепловом материале, слагающая жерловины, дайки и жилы. Туффизиты впервые, видимо, были выделены немецким геологом Г. Клоосом в юрских отложениях Швабии. Они образуются при воздействии на вмещающие породы «активного газа», благодаря чему при механическом разрушении формируются полости, заполненные брекчиями, состоящими из обломков вулканогенных и различных вмещающих пород. Брекчии выполняют эти разрывные полости, перемещаются по ним под действием газово-жидкого флюида, внедряются по ослабленным зонам в межслоевое пространство, образуя подобие силлов и даже выбрасываются на поверхность, формируя пластовые тела. Таким образом, морфология туффизитовых тел разнообразна. Наиболее наглядными являются трубообразные структуры, описанные в статье О.В. Петрова, Л.И. Лукьяновой и В.Ф. Проскурина с соавторами по алмазоносным туффизитам

Урала [9]. Они описывают столбообразные вертикальные полости, ограниченные сверху и имеющие сравнительно маломощные жилообразные, ветвящиеся ответвления, направленные веерообразно вверх и затухающие при отдалении от материнского тела. С флюидолитами связывают специфические месторождения алмазов [3].



Рисунок 4 - К.Э. Якобсон – один из разработчиков концепции флюидолитов на грязевом вулкане в районе Анапы. Фото К.Э. Якобсона.

Кимберлитовые Трубки взрыва (диатремы) близки к туффизитам, но их формирование, более быстрое - взрывное. Они хорошо изучены в связи с добычей алмазов. Трубки выполнены не магматическим расплавом, а взрывной брекчией, следовательно, этот процесс имеет свою специфику. Корневые части диатрем находятся на глубине нескольких километров, а глубже расположены дайковые и другие интрузивные «материнские» тела, уходящие на еще большие глубины. Процесс идет, не длительно и постепенно, как в случае с туффизитом, а практически мгновенно — в результате взрыва, но они могут повторяться.

Зоны газовой проницаемости стоят несколько в стороне от объектов, рассмотренных выше. В литературе они иногда неудачно называются «геосолитонами». Солитон — «одиночная волна», одноразовый импульс (Джон Скотт Рассел, 1834), а зоны дегазации функционируют длительное время, их результаты накапливаются в течение сотен, тысяч, возможно миллионов лет. Это локальные трубообразные, остроконические зоны проницаемости, по ко-

торым осуществляется дегазация глубинных очагов углеводорода и других газов. Глубинность процесса признана в коровом диапазоне. Процесс идет чаще без нарушения сплошности, но с изменением вмещающих пород [6]. Процессы эти исследованы, главным образом, по геофизическим данным (рис.5).

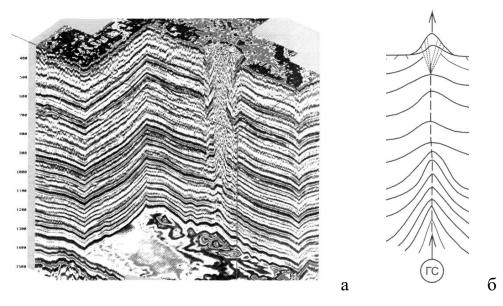


Рисунок 5 - Композиция горизонтального и вертикального сечения волнового поля по материалам 3D-сейсморазведки, проходящего через зону проницаемости (геосолитонную трубку). Пулытьинская площадь (а) и теоретическая модель структуры (б) (по В.М. Мегеря [6]).

Сравнительно недавно на Таймыре обнаружено несколько кратеров, образованных при газовых выбросах. Глубинность и природа процесса дискуссионны. Это может быть, как глубинный источник, так и результат дегазации залежи газогидрата.

Описание этих явлений наводит на мысль о существовании непрерывного спектра векторных осесимметричных немагматических явлений, имеющих восходящее и нисходящее направление, которым свойственны разные масштабы и глубинность (табл. 1). По ним осуществляется энергомассоперенос через слоевые оболочки планеты. Но в этом абстрактном глобальном явлении должны быть конкретные составляющие, имеющие свои свойства, параметры и масштабы проявления. В приповерхностной зоне (первые 2-3 километра) развивается карст (экзогенный, нисходящий), в более глубокой (5-7 км) – гипокарст, гидротермокарст, восходящий, использующий глубинную компрессионную энергию гидротерм, глубже — флюидолиты (флюизиты - объекты типа «грязевого вулканизма» и горячие туффизиты).

Таблица 1

В верхней части – повышенная трещиноватость, пористость, Видимо высокотемпературные Вертикальные трубообразные в недрах, вверху теплые или холодные? Газово – протонный, поток большой глубины, уровень регионального с опорой на От ядра до поверхности? сверхкритический флюид Вертикальные сегменты поверхности, иногда без преобразованы часто с среднемасштабного до геофизические методы изменения литологии Вмещающие породы Признаки, особенности и факторы карста, гидротермокарста, флюидолитов и геосолитонов структуры снизу до слоевого строения Структурные - от Компрессионный углеводородами Газ+ жидкость+ Углеводороды (Нефть, газ).? Геосолитоны Компрессионный, интенсивно Неправильные жилообразные мелкомасштабных до среднебрекчиевидная флюидальная Брекчиевые, брекчиевидные, растрескавшиеся ксенолиты (несколько сот градусов, до микроскопические шарики 300-400?), в верхней части пневматолитовый горячий Флюид -гидротермально-Корни, видимо, в верхней наличие круглых «галек» Горячие в нижней части Крупные блоки, участки Массивная, брекчиевая, кварца, «взорванные» поток, ювенильные тела, ветвящиеся, разветвляющиеся различных пород Структурные, от более холодные Газ+жидкость Флюидолиты масштабных мантии? Алмазы ? Теплые, горячие (60 - 250 градусов, реже выше)Муюн (уран) Забайкалье (Рв-Zn), Тетюха (Рв-Zn), Долина Миссипи (Рв-Zn). «Т-образные» системы, горизонтальные Брекчиевые, брекчиевидные, натечные, минерализованные, рассолы, нефтяные флюорит, барит, целестин и т.д.) Тюяпреимущественно фреатической зоны Структурные, литологические мелкополости вверху, вертикальные внизу Жидкость – горячая вода, редко пар. гермальными натеками, отложения Гидротермальные руды (Рb, Zn, U, глубинной циркуляции, возможно, крустификационные, зональные, секреционные. Эксфильтрационный, напорный Гидротермокарстовые брекчии От поверхности - более 3-4 км, Крупные блоки, рудные поля преобладают карбонатные, с гидродинамический фактор орячие воды, сильно среднемасштабные, воды, ювенильные Гидротермокарст системы Рис. 2) «L-образные» системы, вертикальные полости алмазоносные полости Трансвааля, Урал (Fe-Ni), Красная Шапочка (Al), вверху, горизонтальные в середине системы, Карстовые, преимущественно карбонатные, От поверхности, видимо не более 3 км Инфлюационный, инфильтрационный Осадочные, инфильтрационные руды: полости овального сечения в нижней осадки не сортированные, иногда с, Натечные, слоистые, косослоистые Воды слабоминерализованные, Структурные, литологические Холодные - до 50 градусов С Брекчиевые, брекчиевидные, рреатической зоне. (Рис. 1) гидродинамический фактор гидрокарбонат кальциевые брекчии вадозной зоны Карстовые массивы мелкомасштабные, россыпное золото, Карст, палеокарст Жидкость - вода отстойниками состояние флюидов движения флюидов типичные примеры Петрографические Морфологические минералогические Рудное вещество, характеристики Гемпературные Состав потоков Глубинность заполнителя локализации ископаемые, Механизмы Агрегатное структуры, Признаки, Критерии полезные Текстуры Масшта6

При этом наблюдается и вещественно-энергетическая закономерность. Для карста характерны холодные воды, для гидротермокарста — горячие растворы, восходящие гидротермы, для флюизитов — флюидные потоки (пневматолитово-гидротермальные напорные, восходящие), для туффизитов, трубок взрыва (диатрем) — энергия магматических очагов, вызывающая взрывное дроблением и перенос материала, и для структур глубинной газовой проницаемости — преобладание энергетического процесса с потоком углеводородов, и других газов преимущественно без дробления вмещающих пород.

Поднятый вопрос, конечно, очень далек от решения. Он не является чисто теоретическим, напротив, он направлен на решение практических задач карстоведения, металлогении и рудничной геологии.

Литература

- 1. Дублянский Ю.В. Гидротермокарст как рудоподготовительный процесс. Новосибирск (СО АН СССР), 1985. 18 с.
- 2. Железорудные месторождения алапаевского типа. Т. 1. / Б.П. Кротов, Н.А. Успенский, А.А. Подситник и др. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 286 с.
- 3. Кузьмин И.А. Перспективы коренной алмазоносности Нижнего Приангарья (на основе газово-флюидной модели формирования месторождений алмазов). Красноярск, 2009. 88 с.
- 4. Кутырев Э.И., Ляхницкий Ю.С., Михайлов Б.М. Карстовые месторождения. Л.: Недра. 1989. 310 с.
- 5. Ляхницкий Ю.С. К вопросу рудоносности палеокарста // Материалы 4-й молодежной геол. конф. ВСЕГЕИ. Л., 1977. С.150-156.
- 6. Мегеря В.М. Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли. М.: Локус Станди, 2009. 256 с.
- 7. Мозговая Н.Н. Минерализованные полости в скарнах Тетюхе // Записки Всероссийского минералогического общества. 1963, 92. С.645-663.
- 8. Петруха Л.М., Вершинин А.С. О генезисе силикатных руд в карстах // Докл. АН СССР. Сер. геол., 1983. Т. 268, № 5. С. 1195-1198.
- 9. Петров О.В., Лукьянова Л.И., Проскурнин В.Ф. Проблема поисков коренных источников алмазов в зонах сочленения платформ и складчатых областей // Региональная геология и металлогения. СПб.: ВСЕГЕИ, № 50, 2012.
- 10. Трофимов В.С. Крупнейшая мировая алмазоносная площадь Бакванга в республике Конго. М.: ВИЭМС, 1969. 326 с.
- 11. Фогельман Н.А. Рудоносные эксплозивные брекчии криптовулканических аппаратов // ДАН СССР. 1969. Т. 188, № 6. С.1357–1359.
- 12. Цыкин Р.А. Отложения и полезные ископаемые карста. Новосибирск: Наука, 1985. 166 с.
- 13. Шарпёнок Л.Н., Голубева И.И., Лукьянова Л.Н., Махлаев Л.В. Флюидолиты как новый тип эндогенных горных пород // Происхождение магматических пород: Материалы Междунар. петрограф. совещ. Т. 2. Апатиты, 2005. С. 281–282.
- 14. Якобсон К.Э., Казак А.П., Копылова Н.Н., Проскурнин В.Ф., Толмачёва Е.В. Атлас структур и текстур флюидно-эксплозивных пород / Под ред. К.Э. Якобсона. СПб.: Государственное геологическое унитарное предприятие СП МИНЕРАЛ, 2011. 79 с.
- 15. Sass-Gustkewicz M. Zinc and lead mineralization in collapse breccias the Olkusz mine (Cracow Silesian Region, Poland) // Rocznik Polskiego towarzystwa geologicznego (Annales de la Societe Geologique de Polone). Krakow, 1975. P. 303–326.

УДК 550.4

ВЛИЯНИЕ КАРСТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, РФ; nmax54@gmail.com, olgam.psu@gmail.com

Аннотация: Разработка угольных шахт обычно связана с целым рядом экологических проблем, которые в районах развития карста имеют ряд специфических особенностей. Так, например, на территории Кизеловского угольного бассейна, в том числе из-за высокой закарстованности, сложилась ситуация экологического бедствия.

Ключевые слова: карст, изливы кислых вод, Кизеловский угольный бассейн

THE KARST INFLUENCE ON THE FORMATION OF THE ECOLOGICAL SITUATION ON THE TERRITORY OF THE KIZEL COAL BASIN

Maksimovich N.G., Meshcheriakova O.Yu.

Perm State University, Perm, Russia; nmax54@gmail.com, olgam.psu@gmail.com

Ahhomauus: The development of coal mines is usually associated with a number of environmental problems, which in the karst areas have a number of specific features. So, for example, on the territory of the Kizel coal basin, including due to the high karst activity, a situation of ecological disaster has developed.

Ключевые слова: karst, acid water discharges, Kizel coal basin

Техногенное воздействие на закарстованные территории имеет специфические особенности. Одним из ярких примеров является Кизеловский угольный бассейн (КУБ), расположенный в восточной части Пермского края. КУБ, общей площадью 1500 км², расположен в восточной части Пермского края и входит в состав Западноуральского угольного бассейна [3]. Добыча угля велась здесь с 1796 г. Бассейн характеризуется значительной обводненностью угленосной толщи, а также высоким содержанием серы (более 4%) в составе угля. До начала 30-х годов XX в. в бассейне не наблюдалось значительных водопритоков в шахтах, выработки располагались в дренированной зоне, при этом выемка угля осуществлялась с обрушением кровли. С 1930-х годов стали закладываться выработки на большой глубине – более 1 км.

В горных выработках природные воды взаимодействовали с богатыми сульфидной серой горными породами (до 10%) и преобразовывались в кислые (рН 2–3) сульфатные железо-алюминиевые натриево-кальциевые воды с

высоким содержанием микроэлементов. Водопритоки в шахты из-за высокой закарстованности достигали $2000 \, \text{m}^3/\text{ч}$. За год в поверхностные водотоки, практически без очистки, сбрасывалось более $100 \, \text{млн M}^3$ кислых (pH 1-3) сточных вод. Химический состав вод в малых реках бассейна зачастую приближается к составу шахтных вод.

В начале 2000-х годов шахты были ликвидированы, но после восстановления уровня подземных вод начались изливы кислых шахтных вод с высоким содержанием железа, алюминия, марганца, бериллия и др., в сотни и тысячи раз превышающее ПДКхп при рН 2–3. Как следствие, в естественных водотоках происходит увеличение рН и выпадение техногенного осадка из гидроокислов железа и алюминия с высоким содержанием микроэлементов, являясь источником вторичного загрязнения [8].

Территория бассейна относится к Кизеловскому и Чусовскому карстовым районам карбонатного карста Западно-Уральской складчатой зоны (рис. 1) [4] и отличается интенсивной закарстованностью. Карстующиеся породы занимают более 75% площади района [7] и представлены известняками, доломитами, а также мергелями и образуют значительные по мощности (200–600 м) толщи, в которых активно развиваются карстовые процессы. Наличие в угленосной толще сульфидов железа играет важнейшую роль в формировании кислотно-агрессивных свойств вод, просачивающихся через нее.

Карбонатные отложения визейского и серпуховского ярусов на территории Кизеловского бассейна отличаются наиболее высокой закарстованностью (средний объемный коэффициент закарстованности этих отложений составляет 4,67%, достигая в отдельных случаях 20% и более) [1].

Карст региона относится к голому и покрытому типам, что является одним из факторов зависимости режима карстовых вод зоны активной циркуляции от режима атмосферной циркуляции осадков [4]. Территория исследования характеризуется наибольшим количеством атмосферных осадков на Урале, высокой влажностью и малым испарением. Около 30% всех выпадающих осадков проникает на глубину благодаря инфильтрации, питая подземные воды. Источником питания карстовых вод, наряду с выпадающими осадками, являются поверхностные водотоки, теряющие полностью или частично свой расход на благоприятных для водопоглощения участках своего течения [5].

Распространенными поверхностными формами являются воронки, котловины, карстовые суходолы. Здесь зарегистрировано около 1500 карстовых воронок [9], диаметром от 2–3 до 30–40 м и более [6] при средней плотности — 3,8 форм/км², для визейских известняков она достигает 6 форм/км².

Значительная закарстованность территории обусловливает понижение уровня подземных вод по отношению к руслам мелких боковых притоков, что привело к поглощению поверхностного стока и образованию суходолов на реках.

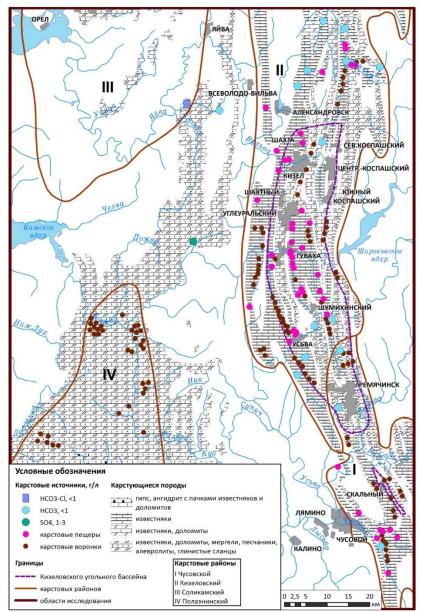


Рисунок 1 – Карст Кизеловского угольного бассейна [4].

Подземный карст здесь представлен крупными полостями, кавернами и порами, а также пещерами (около 30) [1, 9]. Здесь находятся одни из самых глубоких и протяженных пещер Пермского края — Кизеловская (Виашерская) протяженностью 7600 м, Геологов-2 — 4000 м, Российская — 1450 м, Темная — глубиной 132 м. Наиболее известными являются пещеры Сухого Лога. Уникальный карстовый комплекс располагается между поселками

Шумихинский и Юбилейный. На участке находится девять пещер: Новогодняя, Геологов-1, 2, 3, Печка, Ледяная, Ребристая, Безгодовская, Придорожная и два грота — Стрелы и Треугольный. Площадь памятника природы — 0.4 км^2 [2].

Влияние шахтных вод на карстовые процессы можно наблюдать непосредственно в пещерах. Так, в ряде пещер Кизеловского района (например, Желтый Понор) глыбы, лежащие в русле подземного потока, интенсивно корродированы, покрыты следами-микроформами кислотного выщелачивания. В то же время русла пещерных ручьев, как и на поверхности, зачастую покрыты слоем отложений красноватых оттенков. Многие пещеры и подземные полости, поглощавшие шахтные воды, заполнились железистым осадком и прекратили свое существование как таковые (например, пещера Золотой Каньон).

После закрытия и затопления шахт сформировалась мощная природнотехногенная водоносная система с кислыми шахтными водами, разгружающимися на поверхность и коренным образом меняющими экологическую обстановку. В формировании этой системы значительную роль играет высокая закарстованность региона.

Сложившаяся на данной территории негативная экологическая ситуация, усугубляющаяся высокой степенью проницаемости массива в виду высокой закарстованности и тем самым повышенной техногенной нагрузкой на гидросферу района, оказывает отрицательный социальный и экономический эффект.

Выполненные комплексные исследования, включающие математическое геофильтрационное моделирование [10], позволили разработать мероприятия, снижающие на 40% объемы изливов, в том числе за счет перехвата части поверхностного стока, попадающего в выработанное пространство шахт по закарстованным зонам.

Таким образом, при ведении или проектировании деятельности на закарстованных территориях необходимо учитывать эти особенности и проводить превентивные меры.

Литература

- 1. Бунина М. В. Карстовые явления в отложениях визейского яруса в пределах полей шахт 6 и 15 КУБа // Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции. Пермь, 1947.
- 2. Геологические памятники Пермского края: энциклопедия / под общ. ред. И.И. Чайковского. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2009. 619 с.
- 3. Геология СССР Т. XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч. І. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ. Кн. 2. М.: Недра, 1969. 304 с.
- 4. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н. Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, 1992. 200 с.

- 5. Гульденбальк В. П. Особенности режима карстовых вод в условиях их дренирования в Кизеловском каменноугольном районе // Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции. Пермь, 1947.
- 6. Ежов Ю.А. Закарстованность карбонатных толщ Кизеловского каменноугольного бассейна // Тр. Ин-та геологии УФАН СССР. Свердловск, 1962. Вып. 62.
- 7. Кузнецова Л. С. Роль некоторых факторов карстообразования на примерах Кизеловского района // Тезисы докладов на совещании по изучению карста (30 янв. 3 фев. 1956 г.). Региональная секция, подсекция Урала. 1956. Вып. 13. С. 9–11.
- 8. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения: монография. Пермь, Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018. 288 с.
- 9. Родионов Н.В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа М.: Госгеолтехиздат, 1963. 176 с.
- 10. Рыбников П.А., Рыбникова Л.С., Максимович Н.Г., Деменев А.Д. Исследование гидрогеологических условий угольных месторождений на постэксплуатационным этапе с использованием гидродинамического моделирования (на примере Кизеловского угольного бассейна, Западный Урал, Россия) // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. (3-1). С. 475-487.

УДК: 551.44

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЙ-ПЕТРИНСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ ПАВОДКА В ФЕВРАЛЕ 2018 г.)

Токарев С.В.¹, Амеличев Г.Н.¹, Токарев И.В.²

- 1 Учебно-методический научный центр «Институт спелеологии и карстологии» Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия; lks0324@yandex.ru
- 2 Ресурсный центр рентгенодифракционных методов исследования Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург; Россия.

Аннотация: Наблюдения на ключевых водопунктах Скельского гидрогеологического узла во время паводка, произошедшего в феврале 2018 г., выявили различную динамику показателей температуры, общей минерализации и изотопного состава (δ^{18} O и δ^2 H) вод. Близкие значения этих показателей, наблюдавшиеся во время паводка на Скельском источнике, в пещерах Энтузиастов и Огненный грифон, а также в восточной части Скельской пещеры, с относительно пониженными температурой и содержанием тяжелых изотопов, позволили определить основную область их питания на Центральном плато Ай-Петри. Иная динамика этих показателей в пещере Кирилловской и в западной части пещеры Скельская, с относительно повышенными температурой и содержанием тяжелых изотопов, указывает на преимущественное поступление питания к ним с западной части Ай-Петринского массива. Таким образом делается вывод о том, что пещера Скельская

заложена на пересечении двух карстовых водоносных систем с разновысотными областями питания.

Ключевые слова: карстовые воды, пещера Скельская, Горный Крым, стабильные изотопы, паводок, гидрохимические параметры.

NEW DATA ON HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE WESTERN PART OF AI-PETRI KARST MASSIF (FROM THE RESULTS OF FLOOD OBSERVATIONS IN FEBRUARY 2018)

Tokarev S.V.¹, Amelichev G.N.¹, Tokarev I.V.²

- 1 Scientific Centre «Institute of Speleology and Karstology» of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; lks0324@yandex.ru
- 2 Centre for X-ray Diffraction Studies of Research Park of Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

Abstract: Observations at the key water points of the Skelsky hydrogeological unit during the flood that occurred in February 2018 revealed different dynamic of temperature, total dissolved solids and isotopic composition (δ 180 and δ 2H) of waters. The close values of these indicators, observed during the flood at the Skelsky spring, in the Entuziastov and Ogneny gryfon caves, as well as in the eastern part of the Skelskaya cave, with relatively low temperatures and value of δ 18O and δ 2H, suggest the main area of their recharge situated on the Central Ai-Petri plateau. A different dynamic of these parameters in Kirillovskaya cave and in the western part of Skelskaya cave, with relatively high temperatures and value of δ 18O and δ 2H, indicates the predominant recharge from the western part of the Ai-Petri massif. Thus, it is concluded that the Skelskaya cave is located at the intersection of two karst flow systems with different-altitude recharge areas.

Keywords: karst waters, Skelskaya cave, Mountainous Crimea, stable isotopes, flood, hydrochemical parameters.

В настоящее время изучение динамики гидрологических параметров Скельской пещеры и источников р. Черной является чрезвычайно актуальной задачей. Указанные объекты являются элементами основного гидрологического узла, питающего Чернореченское водохранилище, которое в свою очередь является ключевым источником водоснабжения г. Севастополь. Все объекты указанного узла имеют карстовую природу. До настоящего времени остаются до конца невыясненными многие важные гидрологические параметры этих объектов, например, границы их областей питания и пути и скорости движения карстовых вод к ним как фокусам разгрузки региональной водоносной системы. Мониторинг гидрофизических и гидрохимических параметров этих объектов в условиях резких паводков может существенно уточнить представления о гидрогеологических условиях всего Ай-Петринского карстового района.

Пещера Скельская расположена у западного подножья Ай-Петринского массива в устьевой части долины Карадагского леса. Нижняя часть пещеры заполнена карстовыми водами фреатической гидродинамической зоны, до-

ступ к которым есть в нескольких местах, в том числе, известных как Старое и Новое озеро (рис. 1). Разведанная спелеоподводниками глубина озер превышает 60 м. Геофизическими методами выявлены обводненные каналы, уходящие почти на 400 м к северо-востоку под Скельскую котловину в сторону пещ. Энтузиастов [2]. Уровень вод в пещере колеблется в течение года в связи с гидрометеорологическими событиями. Максимальный подъем воды во время паводков может достигать 45-50 м с ее излиянием из входа. Такие события случается в среднем раз в 1-2 десятилетия при наложении сильных ливней на таяние снега в области питания пещеры. В окрестностях пещеры находятся несколько крупных карстовых источников, являющихся истоками р. Черной, в том числе источник Скельский (среднемноголетний расход 1,4 м³/с, максимальный 40 м³/с) и источник пещеры Огненный грифон, работающий временно только во время значительного подъема уровня карстовых вод.

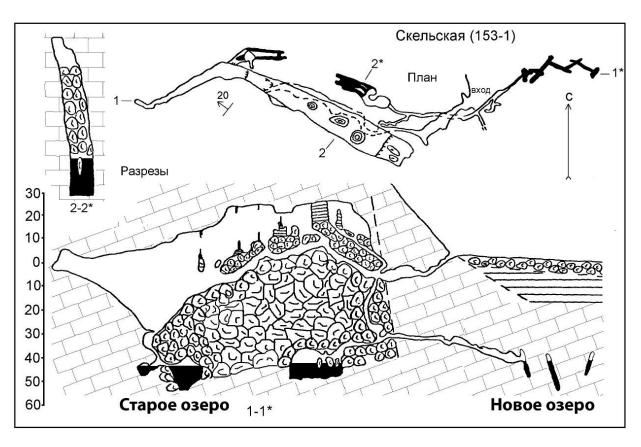


Рисунок 1 - План и разрезы Скельской пещеры [4].

В работах карстологов и гидрогеологов существует устойчивое убеждение о принадлежности Скельской пещеры к единой водоносной системе, что отражалось в планировании и интерпретации индикаторных экспериментов и мониторинговых наблюдений за карстовыми водами района, водоба-

лансовых расчетах, гидрогеологическом районировании и моделировании [3, 6, 7]. В.Н. Дублянский относил Скельскую пещеру к одной водоносной системе с пещерой Кристальной (им. Г.А. Максимовича), которая заложена вдоль Карадагского разлома и дренирует одноименный гидрогеологический блок. Также на основании индикаторных опытов, микроклиматических и биоспелеологических и других данных выводилось заключение об отсутствии гидравлической связи Скельской пещеры с одноименным источником, который разгружает соседний гидрогеологический блок с основной областью питания на центральном плато Ай-Петри [1, 5]. В то же время, современные биоспелеологические исследования отмечают очень близкий видовой состав стигобионтной фауны из Скельской пещеры и дающей начало Скельскому источнику пещеры Черной (личное сообщение И.С. Турбанова), что наводит на мысль об их связи.

Рассматриваемое в работе паводковое событие произошло с 2 по 8 февраля 2018 г. в результате потепления, приведшего к таянию накопившихся запасов снега на плато Ай-Петринского массива, на которое наложились шедшие в течение 3-х дней дожди, ускорившие стаивание снега. По данным метеостанции Ай-Петри (абсолютная отметка 1160 м н.у.м.) в течение суток 4 февраля выпало около 50 мм дождевых осадков при температуре +3...+5 °C и произошло стаивание 20 см снега. В результате в Скельской пещере к 4 февраля произошел подъем уровня вод на 28 м, а расход р. Черной увеличился до 40 м³/сек.

Наблюдения велись на 6-и объектах, показанных на рис. 2, с разной периодичностью. Наиболее регулярно (2-3 раза в сутки) наблюдения проводились на источнике Скельский (пещера Черная), пещере Огненный грифон, поверхностном водотоке р. Узунджи, подземных озерах Скельской пещеры. В пещере Энтузиастов наблюдения проводились всего 2 раза, в пещере Кирилловской – 1 раз. Фиксировались уровни и расходы воды, температура, рН, удельная электропроводимость, по которой рассчитывалась общая минерализация (TDS). Температура и гидрохимические показатели измерялись при помощи портативного анализатора Sanxin SX723.

Параллельно с измерениями проводился отбор проб воды на анализ содержания изотопов δ^{18} О и δ^{2} Н. Также на изотопный состав отбирались осадки в двух точках: возле пещеры Скельской (абсолютная высота 320 м н.у.м.) и выше по склону в районе озер Чуваш-Голь (абсолютная высота 868 м н.у.м.). Всего было отобрано 58 проб воды. Измерения изотопного состава воды выполнялось в РЦ РДМИ Научного парка Санкт-Петербургского университета на лазерном изотопном анализаторе Picarro L2120-і с использованием стандартов МАГАТЭ и Американского геологического общества V-SMOW-2, USGS45 и USGS46. Погрешность измерений составляет $\pm 0.13~\%$

по δ^{18} O и ± 1.5 % по δ^{2} H. Результаты измерений приводятся в промилле относительно стандарта океанической воды V-SMOW.

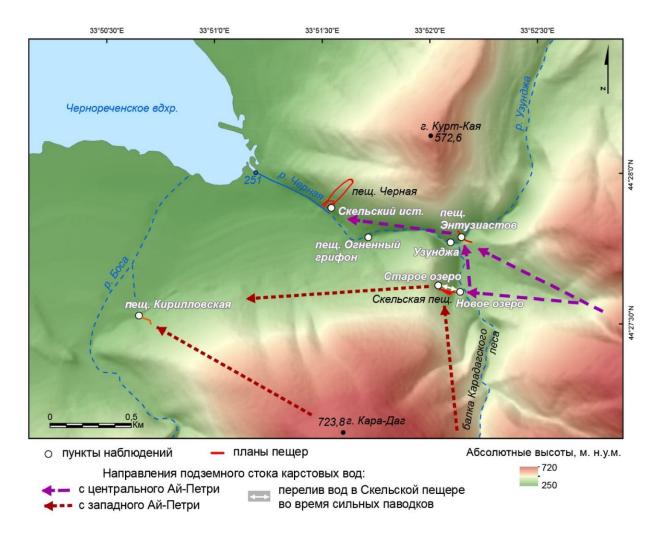


Рисунок 2 - Ситуационный план мониторинга карстовых вод во время паводка в феврале 2018 г. и предполагаемые направления подземного карстового стока в районе пещеры Скельской.

Выявленная динамика основных параметров карстовых вод показана на рис. 3. По итогам полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Во время наблюдаемого паводка карстовые воды в противоположных частях Скельской пещеры демонстрируют существенные различия в гидрофизических (температура) и изотопно-гидрохимических (общая минерализация, содержание тяжелых изотопов) показателях. Это указывает на то, что Скельская пещера соединяет две карстовые водоносные системы (КВС) с разными условиями питания. Озёра в западной части пещеры (Старое озеро) имеют существенно более высокие температуру и содержание тяжелых изо-

топов, чем озёра в восточной части (Новое озеро). Скорее всего, это обусловлено различными высотными отметками областей питания названных КВС.

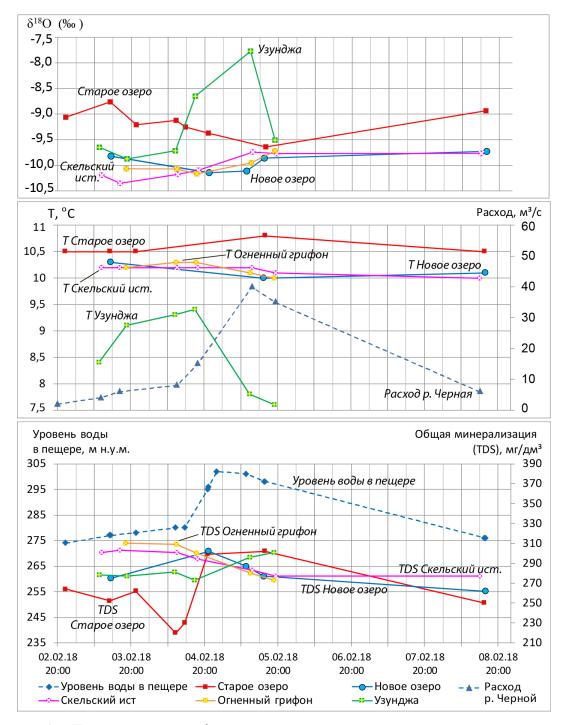


Рисунок 3 - Динамика гидрофизических и гидрохимических параметров карстовых вод в пещере Скельской и на источниках р. Черной во время паводка.

Область питания КВС Старого озера, очевидно, находится в пределах Западно-Айпетринского карстового подрайона с максимальными высотными

отметками 900-1000 м, а область питания КВС Нового озера (к которой, очевидно, также относится и Скельский источник) — на центральном карстовом плато Ай-Петри с отметками выше 1050 м. Новое озеро Скельской пещеры и подземный водоток пещеры Энтузиастов, судя по всему, выполняют функцию транзитных звеньев Центрально-Айпетринской КВС на пути к фокусу разгрузки в Скельском источнике (фиолетовые стрелки на рис. 2). При большом подъеме воды происходит излияние вод этой КВС также и из пещеры Огненный грифон.

Пещера Кирилловская, очевидно, относится к КВС, также расположенной в пределах Западно-Айпетринского карстового подрайона. Это может быть та же КВС, к которой относится и Старое озеро Скельской пещеры, либо другая, смежная КВС со схожей областью питания (красные стрелки на рис. 2 показывают движение вод к пещере Кирилловской). При одновременном подъеме воды в противоположных частях Скельской пещеры до 15 м и выше происходит слияние двух КВС и параметры их вод в течение короткого времени (до сработки паводка) могут иметь близкие значения. Сформулированные выводы согласуются с известными данными о гидрохимическом составе вод из разных озер пещеры Скельская [1].

Полученные сведения позволяют пересмотреть и уточнить представления о гидрогеологических условиях рассматриваемого района, что позволит в дальнейшем более эффективно осуществлять исследование, использование и охрану карстовых вод Ай-Петринского массива. Для уточнения сделанных выводов необходимо продолжение мониторинга карстовых вод в пещере Скельской, в том числе синхронное наблюдение обозначенных параметров в ее противоположных частях с высоким временным разрешением посредством автономных регистраторов.

Литература

- 1. Амеличев Г.Н. Скельская пещера: состояние изученности, проблемы охраны и использования // Спелеология и карстология. 2008. № 1. С. 94-99.
- 2. Головцын В.Н., Смольников Б.М., Дублянский В.Н., Иванов Б.Н. Применение геоэлектрических исследований к решению основных проблем карста Горного Крыма. Киев: Наукова думка, 1966. 150 с.
- 3. Дублянский В.Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л.: Наука, 1977. 180 с.
- 4. Дублянский В.Н., Вахрушев Б.А., Климчук А.Б., Киселев В.Э. Крупные карстовые полости СССР. Т.ІІ. Крымская спелеологическая провинция. Деп. в ВИНИТИ 06.01.1987, №1111-B87. К., 1987.65 с.
- 5. Дублянский В.Н., Ломаев А.А. Карстовые пещеры Украины. Киев: Наукова думка, 1980. 180 с.
- 6. Приблуда В.Д., Коджаспиров А.А., Дублянский В.Н. Баланс подземных вод югозападной части Горного Крыма // Геологический журнал. 1979. Т. 39, № 2. С. 38-46.

- 7. Шестопалов В.М., Богуславский А.С., Климчук А.Б., Фесенко А.В., Годенко Г.Е. Моделирование ресурсов подземных вод юго-западной части Горного Крыма // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2008. № 4. С. 5-28.
- 8. Dublyansky Yu.V., Klimchouk A.B., Tokarev S.V., Amelichev G.N., Langhamer L., Spötl C. Stable isotopic composition of atmospheric precipitation on the Crimean Peninsula and its controlling factors // Journal of Hydrology. 2018. V.565. P. 61-73.

УДК 550.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕЩЕРЫ ТАВРИДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

Фаге А.Н. 1 , Санчаа А.М. 1 , Самохин Г.В. 2

- 1 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия; faguetan@ipgg.sbras.ru, sanchaaam@ipgg.sbras.ru
- 2 ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» Симферополь, Россия; gen-samokhin@yandex.ru

Аннотация: В 2019 г. над пещерой Таврида выполнены геофизические исследования с использованием метода электротомографии. В результате установлено геологическое строение участка, локализованы зоны известных ходов пещеры и выявлены предполагаемые продолжения карстовой полости.

Ключевые слова: пещера Таврида, геофизические методы, электротомография, карст, аномалия.

RESEARCH OF THE TAVRIDA CAVE BY THE METHOD OF ELECTROTOMOGRAPHY

Fage A.N.¹, Sanchaa A.M.¹, Samokhin G.V.²

- 1 Federal State Budgetary Institution of Science "A.A. Trofimuk Institute of Oil and Gas Geology and Geophysics" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; faguetan@ipgg.sbras.ru, sanchaaam@ipgg.sbras.ru
- 2 V.I. Vernadsky Crimean Federal University named, Simferopol, Russia; gensamokhin@yandex.ru

Abstract: In 2019, geophysical studies were carried out over the Tavrida cave using the method of electrotomography. As a result, the geological structure of the site was established, the zones of the known passages of the cave were localized, and the supposed extensions of the karst cavity were revealed.

Keywords: Tavrida cave, geophysical methods, electrotomography, karst, anomaly.

Введение

Надежная методика поиска карстовых полостей в известняковых массивах полуострова Крым является актуальной задачей, поскольку, как по-

казала практика строительства федеральной трассы «Таврида», внезапно обнаруживаемые подземные пространства способны существенно повлиять на сроки и стоимость работ, а ненайденные полости снижают безопасность объектов инфраструктуры и ставят под угрозу жизни людей. Найденная в 2018 г пещера «Таврида» представляет собой не только уникальный геологический объект, который требует скрупулёзного научного исследования, но и прекрасный полигон для апробации геофизических методик, в частности, электротомографии.

Целью работы является повышение надежности электротомографии при поиске небольших подземных пространств в сильно закарстованных массивах известняка на относительно небольших глубинах (8-12 метров), а также сопутствующее обнаружение новых, ранее неизвестных, ходов пещеры «Таврида». В ходе исследования решались следующие задачи: 1) Изучить особенности геологического строения территории вокруг пещеры «Таврида» и выполнить численное моделирование электротомографии для поиска оптимальных параметров полевого эксперимента; 2) Опираясь на данные моделирования выполнить полевые работы, осуществить сбор, обработку и инверсию данных натурных измерений; 3) Построить геоэлектрические разрезы, и дать их интерпретацию, наилучшим образом сопоставляющую реальное геоэлектрическое строение исследуемой среды и полученные данные исследования; 4) Выделить зоны аномального распределения УЭС, вероятно приуроченные к известным и еще не открытым ходам пещеры «Таврида».

Результаты

Для поиска возможных неизвестных ходов пещеры Таврида было принято решение использовать электротомографию. Стоит отметить, что метод достаточно активно используется для решения задач поиска подземных пространств [2, 3, 6], в частности шахтных ходов, карстовых полостей, техногенных сооружений и т.д. Электротомография — современный инструмент для изучения строения сложных геологических объектов, позволяющий проводить мобильные исследования в труднодоступных районах. Его высокая разрешающая способность [1] даёт возможность выявить тонкую внутреннюю структуру геологических тел, часто «невидимую» для других геофизических методов. Дополнительным преимуществом электротомографии является ее хорошая универсальность: использование постоянного тока позволяет работать в разнообразных геологических условиях и при этом получать качественные данные (при условии глубокого понимания особенностей метода и связанных с ними «подводных камней»).

Традиционными способами решения задачи поиска небольших подземных пространств на малых глубинах являются георадар и малоглубинная сейсмика. Однако, особенностью карстового массива, вмещающего пещеру «Таврида», является мелкоячеистое (пористое) строение верхней части разреза. Каверны овальной формы имеют размеры порядка 30-80 см в высоту и 10-40 см в ширину, расположены очень плотно, в разрезе напоминают губку. При этом часть из них представляет собой пустоты, другая часть заполнена глиной. Это приводит к тому, что сигналы георадара или сейсмического источника быстро рассеиваются и затухают в геологической среде. Еще одной проблемой для сейсмического исследования является находящаяся рядом федеральная трасса

«Таврида»: постоянный фоновый шум от проезжающих транспортных средств перекрывает полезный сигнал от сейсмического источника. Таким образом, электротомография имеет неоспоримое преимущество применительно к исследованию пещеры «Таврида», вытекающее из предыдущего абзаца: работа на постоянном токе. Это позволяет игнорировать «тонкую» структуру верхней части разреза и получать интегральную картину строения всей толщи на глубину исследования.

Геофизические работы методом электротомографии на пещере «Таврида» были проведены в два этапа: 1) планирование и проектирование полевых работ; 2) полевая геофизическая съемка с использованием новейшей электроразведочной станции «Скала-64 К15», обработка данных, инверсия и интерпретация.

Первый этап включал в себя изучение имеющейся геологической информации, а также образцов, отобранных на месте работ, численное моделирование с использованием известной информации о строении пещеры (на основе данных топосъемки в пещере) для определения оптимальной конфигурации электроразведочной установки и получения предварительной информации о перспективных геоэлектрических разрезах. Во время выполнения первого этапа нами активно использовалась ГИС Global Маррег в которую были добавлены следующие картографические основы и геопространственные данные:

- цифровые модели рельефа, загруженные с сайта https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm, проект ALOS World 3D - 30m (AW3D30);
- картографические основы листы геологических карт L-36-XXIX, L-36-XXVIII и L-36-XXXIV-XXXV масштаба 1:200 000 с сайта http://webmapget.vsegei.ru/index.html;
- спутниковый снимок изучаемого района с разрешением 40 см на пиксель (Yandex Карты);
- план пещеры, полученный в результате топосъемки (растровое изображение с геопривязкой).

Результатом работ по первому этапу стало определение следующих параметров геофизического исследования:

- оптимальный шаг электроразведочной линии 5 метров для определения общего строения участка и 2 метра для уточнения возможных аномальных зон;
- конфигурация геофизических профилей серия параллельных линий на расстоянии 25 метров друг от друга для шага электроразведочной линии 5 м и 8 метров для шага 2 м;
- схема исследования Шлюмберже;
- длина электроразведочных линий 640 м для шага 5 м (одна полная расстановка и две нагоняющие линии) и 192 м для шага 2 м (одна полная расстановка и одна нагоняющая линия).

Второй этап включал в себя непосредственную организацию геофизического исследования на территории карстового массива, вмещающего известные ходы пещеры, а также возможные неизвестные подземные пространства различного объема. В рамках второго этапа спроектированные геофизические профили были вынесены на местность при помощи портатив**устройств** геопозиционирования (карманные ных навигаторы GPS/ГЛОНАСС), а также при помощи рулеток установлены реперные точки (для электроразведочных линий с шагом 2 м). Была произведена геофизическая съемка с контролем качества данных (ПО Xeris для работы с данными аппаратуры «Скала-64 К15»), построением двумерных и трёхмерных геоэлектрических моделей в программах Res2DInv, Res3DInv [5] и ZondRes3D [4] и последующей визуализацией результатов в программах Golden Software Surfer и Golden Software Voxler.

Кратко приведем результаты численного моделирования.

Моделирование выполнено в программе ZOND Software (Каминский А.Е.) для установок Шлюмберже.

Модель 1: в полупространстве с УЭС 400 Ом·м (известняк) на глубине 13 м помещен прямоугольный объект с УЭС 4000 Ом·м (карстовая полость) и размерами 4 м×60 м (рис. 1). Результаты моделирования показывают, что данный объект достаточно хорошо может быть выделен на разрезе сопротивлений как высокоомный объект.

Модель 2: в полупространстве с УЭС 400 Ом·м(известняк) на глубине 13 м помещен прямоугольный объект с УЭС 4000 Ом·м (карстовая полость) и размерами 4 м×60 м (рис. 1). Ниже этот объект подстилается низкоомным объектом с УЭС 10 Ом·м мощностью 2 м (глинистый слой). Результаты моделирования показывают, что данный объект также достаточно хорошо может быть выделен на разрезе сопротивлений как высокоомный объект.

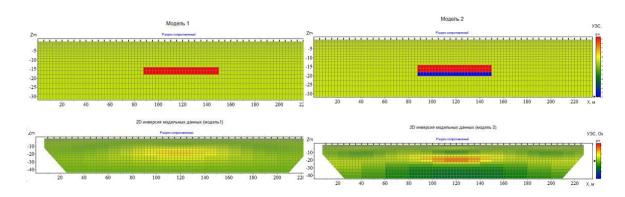


Рисунок 1 - Геоэлектрические модели (вверху) среды с непроводящим (слева) объектом и непроводящим объектом, подстилаемым проводящим слоем (справа) и результаты двумерной инверсии данных моделирования (внизу).

Результаты моделирования показывают, что при использовании электроразведочной линии с шагом 5 м по схеме Шлюмберже, карстовая полость надежно выделяется. Стоит помнить, однако, что заданные в моделях вертикальные размеры полости (12 м) являются максимальными для пещеры «Таврида». Большая часть ходов значительно меньше — в пределах 3-5 м во вертикали. Таким образом, электроразведочную линию с шагом 5 м следует использовать для быстрого картирования большой территории вокруг пещеры, а также для привязки данных электротомографии к известным крупным галереям пещеры. После этого необходимо детализировать выявленные высокоомные аномалии при помощи электроразведочных линий с шагом 2 м.

В результате выполнения второго этапа работ (полевого эксперимента) были получены данные хорошего качества — количество некондиционных точек измерения не превышает 2%. Это объясняется благоприятными условиями заземления — в период проведения работ периодически шли дожди, таким образом грунт был увлажнен, сопротивления заземления не превышали 8 кОм между парами электродов. Средние значения 1-2 кОм. Случаев заземления в обнаженную скальную породу не было.

Для начала нами было выполнено общее картирование объекта исследования при помощи электроразведочных линий с шагом 5 метров. При таком шаге, имеющееся в нашем распоряжении оборудование, позволяет получить максимальную длину питающей линии AB-340 метров. Это соответствует максимальной теоретической глубине исследования 65 метров. В имеющихся условиях (характер геологического разреза, условия заземления) мы ожидаем, что реальная и теоретическая глубины исследования совпадут.

На рисунке 2 приведена схема расположения электроразведочных профилей. Профили серии **АБ** выполнены с шагом между электродами 5 м,

профили серии $\mathbf{B}\Gamma$ – с шагом 2 м. Порядок нумерации профилей серии $\mathbf{B}\Gamma$ на рисунке 2 обозначен стрелочками.

Результаты инверсии данных по профилю **A1-Б1** показаны на рисунке 3. Общее строение разреза (по данным геологии и полученным геоэлектрическим разрезам) — трехслойное: почвенно-растительный слой различной мощности перекрывает массив известняка разной степени закарстованности, подстилаемый водоносными песками. Как следует из схемы расположения профилей (рисунок 3), профиль **A1-Б1** пересекает известный ход пещеры, причем его объемы достаточно велики, поэтому ход отчетливо прослеживается на геоэлектрическом разрезе - фиолетовая область в интервале 325-375 м по профилю исследования, соответствующая относительно высоким значениям УЭС 1000- 1500 Ом·м.

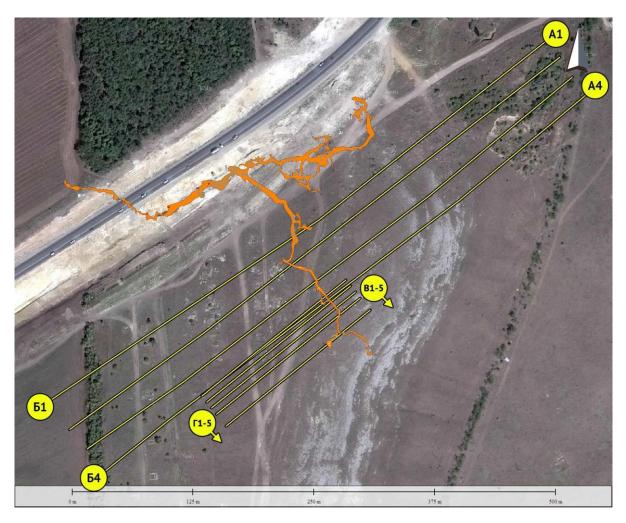


Рисунок 2 - Спутниковый снимок с нанесенными электроразведочными профилями (желтые линии), а также планом пещеры (оранжевая фигура).

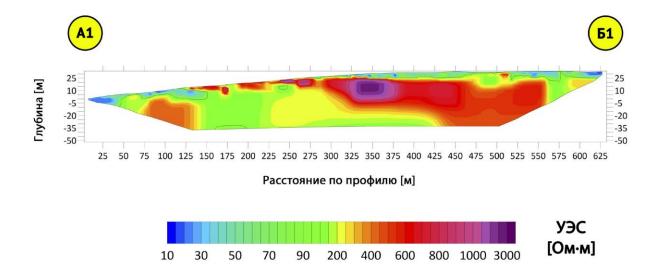


Рисунок 3 - Геоэлектрический разрез по профилю A1-Б1.

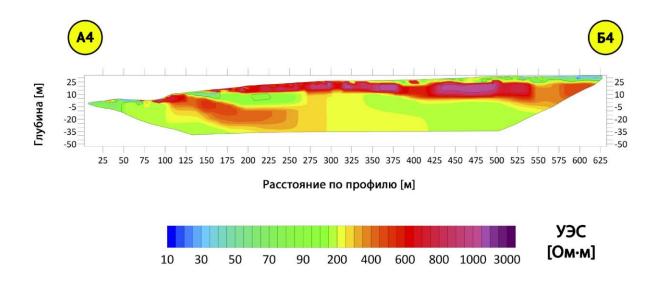


Рисунок 4 - Геоэлектрический разрез по профилю **А4-Б4**.

Результаты инверсии данных по профилю A4-Б4 (рисунок 4) также позволяют выделить известный ход пещеры - фиолетовая область в интервале 350-375 м по профилю исследования, соответствующая относительно высоким значениям УЭС 800-1100 Ом·м. Менее высокие значения УЭС, по сравнению с профилем A1-Б1, вероятно, связаны с меньшим объемом пересекаемых ходов.

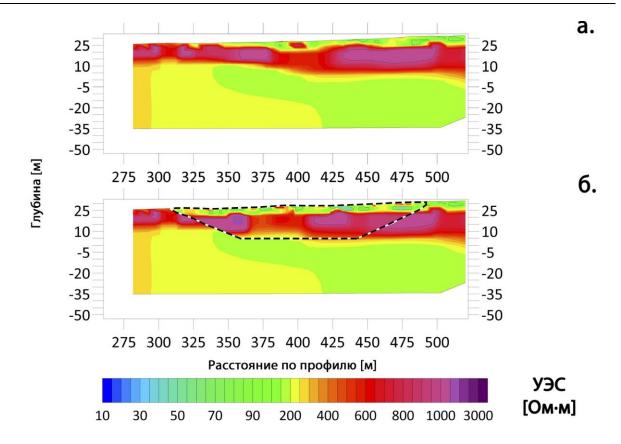


Рисунок 5 - Фрагменты геоэлектрических разрезов по профилю **A4-Б4**. Рисунок 5а — инверсия данных по профилю **A4-Б4**, полученных установкой с шагом 5 м, 5б — наложение данных инверсии (очерчены пунктирной линией) профиля **B1-Г1** (шаг электроразведочной линии 2 м) на данные инверсии профиля **A4-Б4**.

На рисунке 5 представлены геоэлектрические разрезы, наглядно демонстрирующие положительный эффект от применения меньшего шага — известный ход пещеры локализуется более четко (рисунок 5б., интервал 350-360 м по профилю исследования). Кроме того, зона повышенного УЭС (фиолетовая область в интервале 425-500 м на рисунке 5а.), выделенная по профилю **А4-Б4** как единая аномалия, на геоэлектрическом разрезе по профилю **В1-Г1** разделяется на отдельные подобласти, что лучше соответствует характеру искомых объектов — неизвестных ходов пещеры, имеющих, вероятно, преимущественно широтное простирание на данном участке.

Заключение

Использование метода электротомографии в комплексе с численным моделированием позволило определить общее геологическое строение исследуемого участка, а также локализовать зоны, вероятно приуроченные к известным и еще не открытым ходам пещеры «Таврида»

Литература

- 1. Бобачев, А.А., Горбунов, А.А., Модин, И.Н., Шевнин, В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации //Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. Т. 2. С. 14-17
- 2. Иванов В.В. Рациональное использование минеральных ресурсов при открытой разработке сложно-структурных месторождений известняка // Концепт. 2014. №6 (июнь). ART 14156. 0,3 п. л. URL: http://e-koncept. ru/2014/14156. htm. Гос. рег. Эл № ФС 77-49965.
- 3. Косинова И.И. Литотипы пород полезной толщи Сокольско-Ситовского месторождения известняков (Липецкая область) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2014. № 2.
 - 4. Kaminskii A.E. Zond Software: [сайт]. URL: http://www.zond-geo.com
- 5. Loke M.H. Tutorial: 2D and 3D electrical imaging surveys. 1996-2002. [сайт]. URL: http://www.geotomosoft.com, 2019.
- 6. Zhou W., Beck B.F., Stephenson J.B. Reliability of dipole-dipole electrical resistivity tomography for defining depth to bedrock in covered karst terranes //Environmental geology. 2000. T. 39. № 7. P. 760-766.

УДК 551.442

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОБРУШЕНИЯ ПРИВХОДОВОЙ ЗОНЫ ПЕЩЕРЫ ГОЛУБИНСКИЙ ПРОВАЛ

Шаврина Е.В.

ФГБУ «Государственный заповедник «Пинежский», пос. Пинега, Архангельская область, Россия; elenashavrina@mail.ru

Аннотация: Длительное время пещера Голубинский Провал существовала в режиме относительной стабильности. В 2020 году произошла крупнейшая за время наблюдений гравитационно-карстовая перепланировка привходового участка пещеры. Её подготовка связана с высокими уровнями паводкового подъема воды, таянием многолетней наледи и льдов-цементов, ростом температуры воздуха на поверхности и в пещере.

Ключевые слова: карст, пещеры, экзогенные геологические процессы, паводки в пещерах, лед-цемент.

MAIN FACTORS OF THE DEVELOPMENT OF THE COLLAPSE AT THE ENTRANCE OF THE GOLUBINSKY PROVAL CAVE

E.V. Shavrina

Federal State Budgetary Institution «Pinezhsky Nature Reserve», Pinega, Arkhangelsk Region, Russia; elenashavrina@mail.ru

Abstract: The Golubinsky Proval Cave had a relatively stable regime for a long time. In 2020, there was the most significant karst-gravitational restructuring of the entrance area of the cave

over the whole period of observations. The restructuring was caused by high levels of flood waters, thawing of perennial aufeis (naled) and ice-cement and increasing air temperatures both at the surface and in the cave.

Key words: karst, caves, exogenous geological processes, flooding in caves, ice-cement.

Пещера Голубинский Провал была известна местным жителям, а с 1967 года она изучалась экспедициями Ленинградской спелеосекции. С момента её открытия пещера существовала в режиме относительной стабильности. Происходили небольшие активизации экзогенных геологических процессов (ЭГП), их размеры составляли до первых десятков кубических метров. Колебания сезонного прироста льда на многолетней наледи, отделяющей зал Снежный от зала Провал были незначительными.

Пещера Голубинский Провал в Архангельской области на правобережье р. Пинеги в 16,5 км к югу от пос. Пинега Вход в пещеру субвертикальный, провально-гротового типа (рис. 1, слева). Он расположен в устье, в левом борту лога Тараканья Щелья, на высоте 14 м над линией тальвега. Размеры входа в сечении 25,0×7,5м, глубина 11 м. Общая высота от верхней кромки гипсового обнажения до дна входного провального колодца составляет около 35 м. Он образован последовательным обрушением начальных залов пещеры, примыкающей к борту лога [1, с. 170]. Входная площадка перед колодцем находилась на вершине глыбового навала, отделяющего колодец от лога, на двух огромных заклиненных в подвешенном состоянии глыбах, под которыми был распложен зал Снежный (рис. 1).



Рисунок 1 — Привходовая зона пещеры Голубинский Провал до и после обрушения, слева — 2006 год, фото Е. Шавриной; справа — сентябрь 2020 года, фото Т. Трофименко.

Основные факторы изменчивости подвижных компонентов пещер являются внешними по отношению к ней: температура воздуха на поверхности, дебит, скорость и температура вод, поступающих в карстовые массивы. Важ-

ным фактором является также состояние подземных вод и пещерных льдов.

Климатический фактор. С начала XXI века, особенно в последнее десятилетие отмечаются более контрастные и нестабильные погодные явления: неравномерное внутригодовое распределение осадков, участилось их выпадение в виде ливневых дождей.

Происходит значительное повышение среднегодовой температуры, по сравнению с концом прошлого века; по данным Пинежской ГМС среднегодовая температура возросла с 0,1°C (1978-1998 гг.) до 1,3°C (1999-2020). При этом среднемноголетнее количество осадков изменилось незначительно и составило для указанных периодов 558 мм и 590,5 мм соответственно [4].

За период с 2006 года отмечается рост температуры воздуха во входном зале пещеры, рост амплитуды паводко-меженных уровней воды, активности ЭГП и таяния многолетних льдов (табл. 1).

Таблица 1 Основные параметры состояния пещеры Голубинский Провал с метеорологическими факторами, 2006-2020 годы

	Темпе	ратура	Среднегодовая			Объем проявлений экзо-
Годы	воздуха в зале		температура	Сумма	Паводковый	генной геодинамики, м ³ /
	Провал,°С		воздуха на по-	осадков,	подъем воды,	изменение объема много-
	min	max	верхности, °С	MM	зал Провал, м	летней наледи (N) , M^3
2006	-5,4	0	0,7	541,2	2,5	5,9
2007	-16	0	2,2	661,8	3	37,6
2008	-9,5	1,6	1,8	692,5	3,5	33,5
2009	-2	2	0,5	621,7	4	46,1
2010	-9	1,5	0,2	476,3	4,5	$22,5 / \text{ рост N 3 м}^3$
2011	-5,5	0,4	1,8	575,4	2,2	9,5
2012	-2	1	0,5	673,9	2,5	104,5
2013	-9,6	1	1,9	521,7	3.5	22,3
2014	-10	2,8	1,5	582,7	4,5	157,2
2015	-3,8	2	2.1	572	2,5	35
2016	-3,5	2	2.2	514,1	2,3	28,9 / рост N слабый
2017	-8	4	2,1	654,6	2,3	74,8 / таяние N 2 м ³
2018	-12,5	2	1,8	554,2	5,5	11,6/ таяние N 30 м ³
2019	-7	4,5	1,7	758,2	7,5	124,6/ таяние N 40 м ³
2020	-3	2,5	3	566,5	7,5	5062,6 / остаток N 10 м ³

Гидрологический фактор. Колебания уровня воды в период снегового паводка составляют от 2 до 3м, при этом подъем уровня воды связан со скоростью таяния снега на поверхности и с пропускной способностью поглощающего понора в зале Снежном. В годы высоких паводков подъем воды в зале Провал достигает 5-7 м и более. Это связано с поглощением мощного потока из соседнего лога Голубинский через нижний вход пещеры Китеж с его перетоком через северный сифон, соединяющий пещеры Китеж и Голубинский

Провал. Избыток воды сбрасывается к входу, где поглощается в поноре на дне зала Снежный [3]. Минерализация воды понижается до 400-600 мг/л, максимальный уровень подъема воды во входном колодце в весенний паводок от 2-3 до 7 м.

Связано это, в первую очередь, с периодически развивавшимися высокими уровнями подъема воды в весенние паводки. При этом происходило разрушение многолетней наледи, отделявшей зал Провал от зала Снежный и наледи на своде зала Снежный.

Криогенный фактор. В образовании и сохранении пещерных льдов значительную роль играют аэродинамические свойства пещер: наличие воздушных потоков, их направление и скорость движения. Большинство пещер имеет один вход, при этом высокая трещиноватость карстующихся пород и развитие органных труб, связанных с поверхностью, создают условия для движения воздушных потоков [4]. С момента открытия пещеры Голубинский Провал существуют многолетние льды: жильные, натечные, покровные фирновые. В последнее десятилетие значительно сократился объем многолетней наледи в зале Провал и в своде зала Снежный [3].

В большинстве случаев в период весенних снеговых паводков подъем уровня воды не превышал 2-4 м, при низких уровнях паводка вода проходила под глыбовым навалом на дне зала Провал. Поэтому успевала происходить частичная компенсация разрушений многолетней наледи свежим льдом. В 2018 году впервые не происходило весеннего прироста льда, в период паводка во входном колодце отмечались положительные температуры и капель с наледи.

Последний толчок к нарушению гомеостаза привходовой зоны пещеры Голубинский Провал дали 2 года высоких уровней подъема воды (до 7,5 м) в период снеговых паводков в 2019 и 2020 годах. Они привели к практически полному таянию многолетней наледи и льдов-цементов в борту зала Провал (рис. 2). Объем льда в августе составлял лишь 15 м³, при максимальном развитии в 90-е годы XX века в 120-150 м³ [2]. Были разрушены многолетние льды-цементы, консолидировавшие трещиноватые породы привходовой зоны пещеры.

За период наблюдений активизаций ЭГП с 1993 по 2019 год в пещере Голубинский Провал было выявлено 156 проявлений активности, суммарным объемом около 900 м³ (рис.3, слева). Большая часть нарушений имела гравитационный генезис и развивалась в зале Провал и в привходовой зоне пещеры. Крупнейшим из них было обрушение вертикальной стенки входного обнажения в июле 2012 года, вызванное переувлажнением прибортовой зоны при ливневом дожде (месячная норма осадков за сутки). Объем обрушившейся породы составил 54 м³ или около 120 тонн. Были разрушены и деформированы все лестницы.



Рисунок 2 — Состояние многолетней наледи, зал Провал: слева — прирост сезонного льда к концу весеннего паводка 2017 года; справа — фрагментарные остатки наледи после паводка 2020 года. Фото Е. Шавриной.

В 2020 году зафиксировано 33 активизации с объемом 5062,6 54 м³ (рис. 1, справа), 29 из них развивались во входном колодце и привходовой зоне. Суммарный объем обрушений свода зала Снежный свыше 2500 м³, оно проходила в 3 этапа и закончилось в начале сентября. Процесс сопровождался оползанием около 950 м³ делювиально-коллювиальных отложений, обломочный и рыхлый материал на ½ засыпал дно зала, туда же рухнули лестницы на входе в пещеру (рис. 1, справа). В средине декабря был обнаружен крупный фронтальный оползень делювиально-коллювиальных отложений, который произошел в осенний период вдоль всего входа. Его объем достигал 450 м³, вскрылись щели в остаточную камеру зала Снежный.

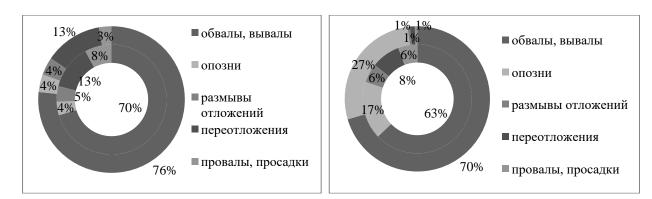


Рисунок 3 — Распределение активизаций по генезису. Слева — 1993-2019 г.г., справа 2020 г. Внутреннее кольцо — количество проявлений, внешнее — объем.

В результате перепланировки входа самая доступная для массового туризма пещера Архангельской области закрыта для посещения на период ста-

билизации входа. В 2021 году паводок в пещерах территории проходил на низких уровнях, пещера Голубинский Провал не подтоплялась и ожидаемых изменений входа не произошло. Вероятно, со временем вход пещеры будет иметь наклонно-нисходящее строение, стабилизация привходовой зоны займет не менее 2-5 лет.

Литература

- 1. Голод М.П., Голод В.М. Голубинский Провал // Пещеры Пинего-Северодвинской карстовой области. Л.: 1974. С. 170-174.
- 2. Малков В.Н., Гуркало Е.И., Монахова Л.Б. Кадастр пещер Архангельской области. Архангельск, 1998. 100 с.
- 3. Шаврина Е.В. Пещера Голубинский Провал // Атлас пещер России. М.: 2019. С. 157-161.
- 4. Шаврина Е.В., Лускань Е.М. Современные изменения привходовых зон пещер Беломорско-Кулойского плато // Спелеология и спелестология, №1. Набережные Челны, 2021. С. 19-30.

УДК: 551.1/.4 (477.75)

ПРОБЛЕМЫ ОСНОВАНИЯ АЙ-ПЕТРИНСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

Юдин В.В.

МОО Крымская Академия наук, Симферополь, Россия

Аннотация: Для правильного понимания объема и стока вод с крупнейшего карстового массива Горного Крыма рассмотрены его латеральные и подстилающие границы. По оригинальной методике составлена структурная карта основания Ай-Петринского олистоплака и окружающих его олистолитов.

Ключевые слова: Крым, тектоника, олистостромы, карст.

PROBLEMS OF THE BASE AY-PETRINSKY KARST MASSIF IN THE CRIMEA

Yudin V.V.

Crimean Academy of Sciences, Simferopol, Russia

Annotation: For the correct understanding of volume of karst missives their lateral and laying borders are considered. On original methodology the structural map of founding of Upper Jurassic carbonate complex is made.

Keywords: Crimea, tectonics, olistostrome, karst.

Правильное понимание формы и объема закарстованных районов в Крыму имеет важное научное и практическое значение. Крупнейший, (55х5-15 км) Ай-Петринский массив верхнеюрских известняков четко выражен по

литологии и в рельефе. Выделение в нем по чисто географическим признакам шести яйл (Бабуганской, Никитско-Гурзуфской, Ялтинской, Ай-Петринской, Варнаутско-Байдарской и Балаклавской) геологического обоснования не имеют. Интерпретация яйл как отдельных одноименных блоков, ограниченных «разломами» — некорректна.

На геологических картах разных авторов и лет составления, контур Ай-Петринского массива и типы его контактов существенно отличаются. Так, на карте 1910 г. под редакцией К.К. Фохта подстилающий известняки контакт повсеместно считался стратиграфическим, а на карте А.С. Моисеева 1937 г. – в основном тектоническим. В последующих работах разных авторов под редакцией М.В. Муратова (1967-1984 гг.) контуры выхода известняков были нарисованы на основе концепции фиксизма и по-разному произвольно разбиты субвертикальными «разломами» на противоречивые блоки [1]. Такие структурно несбалансированные модели строения показаны на последних российских государственных геологических картах. Сравнение формы выхода известнякового массива и его внутренней структуры показывает отсутствие единого понимания геологического строения. То же касается интерпретации массива как останца «Шарьяжа Яйлы», надвинутого с юга по Ю.В. Казанцеву или с севера по В.С. Милееву и др., что рассмотрено ранее в монографии [2].

Нашими 30-летними исследованиями обосновано, что Ай-Петринский массив представляет собой крупное плоское оползневое тело (олистоплак) в составе раннемеловой Горнокрымской олистостромы [2, 3, 5 и др.]. Его границы в плане извилистые по рельефу. Кроме гравигенных сбросов, олистоплак нарушен продольными эндогенными надвигами и ретронадвигом северо-восточного простирания [2, 4, 6]. Контуры главного массива и прилегающих олистолитов были приняты по последней опубликованной сбалансированной геологической карте и разрезам [6].

Верхнее ограничение Ай-Петринского массива четко определяется по рельефу на топографической карте. Отдельной проблемой остается древний рельеф кровли карстовой поверхности, который существовал на начальных этапах поднятия Крымских гор и ныне срезан денудацией.

Морфология нижней границы известняковых массивов, а также литология и возраст подстилающих водонепроницаемых пород T_3 - J_{1-2} и K_1 [2] имеет наиболее важное научное и практическое значение. От правильности понимания строения и морфологии подошвы зависит прогноз и рациональное использование карстовых вод крупного региона Крыма.

Форма подошвы массива до настоящего времени остается объектом дискуссий, основанных на противоречивых теоретических представлениях. Это усложняется отсутствием на яйлах данных сейсморазведки и глубоких параметрических скважин до предполагаемого глубокого его основания.

На форму подошвы карбонатного комплекса существенно влияет внутренняя структура самих известняков. Она интерпретируется очень поразному в вертикально-блоковой, шарьяжной и геодинамической моделях строения [2, 3]. Как следствие, основание известняков на схематических разрезах противоречиво показывалось на глубинах от нескольких сотен метров до трех км [1 и др.].

Детальное полевое и дистанционное изучение позволило выявить сложное чешуйчато-надвиговое строение Ай-Петринского массива [2, 4]. Следует отметить, что по данным бурения севернее олистоплака, в предгорьях Крыма верхнеюрские известняки под нижнемеловыми толщами отсутствуют. Доказательством тому — строение бассейнов рек Салгир, Альма, Бодрак, Кача и Бельбек, где под нижнемеловым комплексом повсеместно вскрыты породы таврической флишевой формации [2, 3]. Породы K_1 там залегают с размывом и угловым несогласием на терригенных толщах T_3 - J_{1-2} . Локально под самими J_3 известняками массива доказаны породы нижнего мела [2, 6 и др.]. То есть, обрывистые выходы массивов на поверхность достоверно определяют их латеральные границы (рис. 1).

Методика определения формы основания карстовых массивов была впервые разработана нами на примерах Карабийского и Чатырдагского олистоплаков [5]. При построении структурной карты подошвы Ай-Петринского массива в файле многослойной программы CorelDRAW X7 с геологической карты [6] был вынесен контур выходов верхнеюрских известняков и конгломератов. По масштабу он был совмещен с подложенной под него топоосновой. В других отдельных слоях файла были также совмещены космоснимки, положение разрывов и др. информация

Абсолютные отметки подошвы верхнеюрских отложений в метрах определялись по точкам пересечения изогипс рельефа с линией выхода подошвы верхнеюрского комплекса и выносились на карту по всему контуру Ай-Петринского массива. Всего было измерено более 360 точек абсолютных отметок подошвы верхнеюрских известняков (рис. 1). В современном рельефе подошва массива хорошо выражена основанием скальных обрывов, к которым приурочены зоны субгоризонтального брекчирования, связанные с гравигенным смещением, а также многочисленные источники, обильная растительность и другие признаки.

Точки с одинаковыми отметками соединялись изолиниями глубин залегания подошвы верхнеюрского комплекса. При интерпретации учитывалась морфология и кинематика приповерхностных разрывов, элементы залегания известняков и выходы на поверхность подстилающих пород, а также ранее опубликованные данные о движении подземных вод по трассерам.

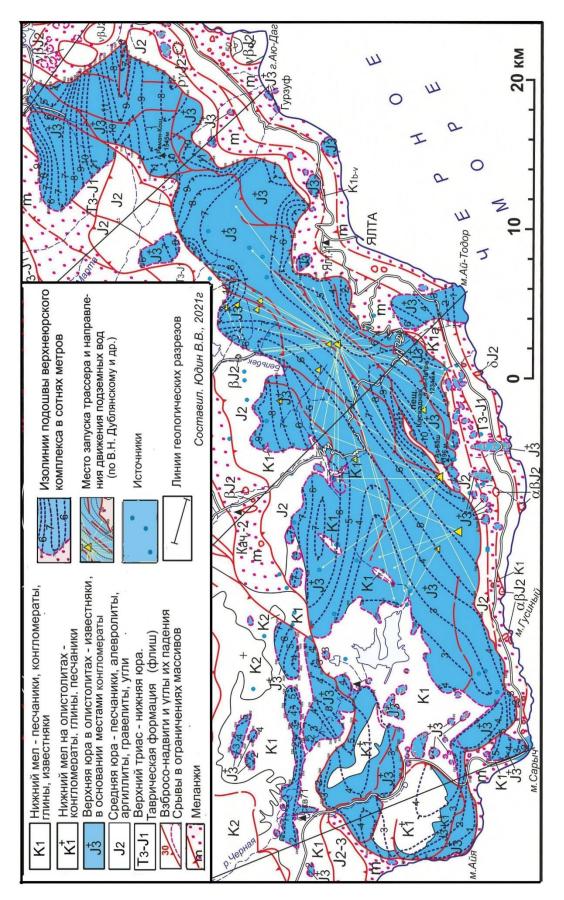


Рисунок 1 - Структурная карта подошвы верхнеюрских известняков Ай-Петринского массива.

В результате была создана первая структурная карта подошвы верхнеюрских отложений Ай-Петринского массива (рис. 1). Во внутренних его частях она уточнялась по наиболее глубоким карстовым шахтам и по скважинам. Так, самой глубокой (400 м) является шахта-пещера Каскадная, вскрывшая разрез до зоны полного насыщения вод близ водоупора (рис. 1).

При составлении структурной карты были сделаны следующие допущения. Во-первых, определение высот подошвы известняков на геологической карте при пересечении изолиниями рельефа на топографической карте было не всегда точное по причине искажений при контрастном горном рельефе. В каждом конкретном участке топооснову приходилось локально приводить в соответствие с геологической картой по линиям рек и контуру берега моря.

Во-вторых, соединение точек с одинаковыми абсолютными отметками подошвы известняков иногда возможно в разных вариантах. В таком случае за более вероятный принимался вариант, согласующийся с общей геологической обстановкой и с бесспорными интерпретациями в других массивах, как, например, в Чатырдагском [5, рис. 1].

Нельзя не отметить и некоторые парадоксы. Они заключаются в том, что изолинии подошвы нередко не соответствуют структурам, выявленным у поверхности. Особенно это выражено в северо-восточной части массива на Бабуган-яйле и на юго-западе, где по 25 скважинам выявлено сложное надвиговое строение [6, 2, рис. 5.1.1 и др.]. Несоответствие рельефа подошвы и приповерхностной структуры массива свидетельствует об аллохтонном залегании карбонатного комплекса, а также об его не только эндогенной, но и гравигенной дислоцированности при оползании [2]. Из вышеизложенного следует, что приповерхностные структуры в олистоплаке бескорневые и не прослеживаются ниже подстилающего контакта. Неглубокое залегание подошвы известняков в средней части массива подтверждает выход полосы 0,5Х6 км среднеюрских вулканогенно-терригенных пород севернее г. Ат-Баш в долине Беш-Текне (рис. 1). Эти породы выходят в аллохтоне надвига северозападного падения, который северо-западнее осложнен такого же размера и наклона надвигом [2, 6].

Выводы. На основе оригинальной методики впервые создана структурная карта подошвы крупнейшего в Крыму Ай-Петринского массива закарстованных известняков. Намечены основные проблемы и пути уточнения интерпретации строения отдельных участков олистоплака. Для их решения необходимо проведение сейсморазведки, бурения и более детальное инструментальное определение абсолютных отметок подошвы известняков. Толщина карбонатного комплекса в каждой точке массива может быть вычислена разницей между отметкой высоты поверхности и глубины залегания подошвы по построенной структурной карте.

Литература

- 1. Геология СССР. Т. 8. Крым. Часть 1. Геологическое описание / Ред. М.В. Муратов. М. Недра, 1969. 575 с.
 - 2. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь, ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
- 3. Юдин В.В. Тектоника карстового массива Чатырдаг в Крыму // Спелеология и карстология, № 8, Симферополь, 2012. С. 5-17.
 - 4. Юдин В.В. Геология Крыма. Фотоатлас. Симферополь. ИТ «Ариал», 2017. 160 с.
- 5. Юдин В.В. Проблемы основания Чатырдагского и Караби-Долгоруковского карстовых массивов в Крыму. М-лы Всеросс. научно-практич. конф. II Крымские карстологические чтения. «Изучение и использование естественных и искусственных подземных пространств и закарстованных территорий». Симферополь, 25-28 сент. 2018 г. С. 14-19.
- 6. Юдин В.В. Геологическая карта и разрезы Горного, Предгорного Крыма. Масштаб 1:200000. Изд. второе, дополненное. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕ-ГЕИ, 2018.

КОМПЛЕКСНЫЕ СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКИЕ И СПЕЛЕСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК: 551.435.84

ОСОБЕННОСТИ ДОННЫХ ЧАСТЕЙ ПЕЩЕРЫ ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ВЕРЁВКИНА

Барашков А. С., Барашкова А. С., Каменев И. В.

Спелеоклуб «ПЕРОВО», Москва, Россия; a.barashkov@list.ru

Аннотация: Пещера им. Александра Верёвкина заняла первое место в рейтинге глубины естественных пещер в 2017 году. Пещера обладает уникальной для района морфологией, отражающей периоды формирования полости. Верхние части пещеры до отметки 170 м н. у. м. соответствуют морфологии пещеры альпийского типа, ниже указанной отметки пещера приобретает характер лабиринта. Наличие донного лабиринта в пещере позволяет сделать вывод о значительной изменчивости внешних условий в период формирования карста массива Арабика. Продолжение исследований необходимо для получения новых сведений о геологии глубинных частей массива.

Ключевые слова: карст, морфология пещер, пещера им. А. Верёвкина.

FEATURES OF THE ALEXANDER VEREVKIN CAVE BOTTOM PARTS

Barashkov A.S., Barashkova A.S., Kamenev I. V.

«PEROVO» speleo club, Moscow, Russia; a.barashkov@list.ru

Annotation: The Alexander Verevkin cave became the deepest of the natural caves at 2017. The cave has a unique morphology for the cave region, which reflects the periods of cavity formation. The upper parts of the cave to the point of 170 above sea correspond to the morphology of the cave of alpine type, below the point mentioned the cave becomes a labyrinth. The presence of the bottom labyrinth in the cave allows us to conclude that there is variability in external conditions during the formation of the karst of the Arabica massif. Further research is necessary to obtain new information about the geology of the deep parts of the massif.

Key words: karst, cave morphology, cave of Alexander Verevkin.

Основной спелеологической новостью 2017 года, а также одной из самых громких за последние годы, стала корректировка рейтинга глубочайших пещер мира. На его первую строчку переместилась пещера им. А. Верёвкина, приобретя тем самым мировую известность. Так же, одновременно с этим пещера стала второй в мире с глубиной более 2000 м, что так же является знаменательным событием и мощным информационным поводом.

Несколько менее понятным для массовой аудитории, но по мнению авторов даже более важным, стал факт обнаружения в пещере на глубине порядка 2100 м входа в протяжённую субгоризонтальную сеть ходов (рис. 1). Именно на этом факте далее хотелось бы остановиться подробнее.

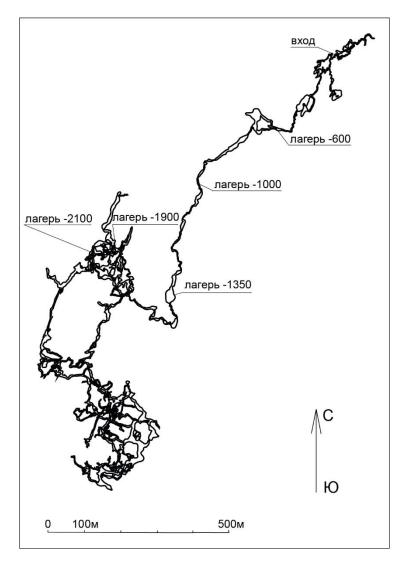


Рисунок 1 - План пещеры им. А. Верёвкина.

Вход в пещеру имени Верёвкина расположен на массиве Арабика (Гагрский хребет, Западный Кавказ), на высоте 2285 м н.у.м., в зоне высокогорных лугов. На протяжении всей своей вертикальной части пещера представляет собой типичную вертикальную пещеру альпийского типа — исследованная часть в плане развита слабо, как по протяжённости, так и структурно. Характерны глубокие вертикальные колодцы (до 175 м) и относительно небольшие

меандрирующие переходы между ними (рис. 2). На глубине около 600 м в пещере появляется уверенный постоянный водоток.

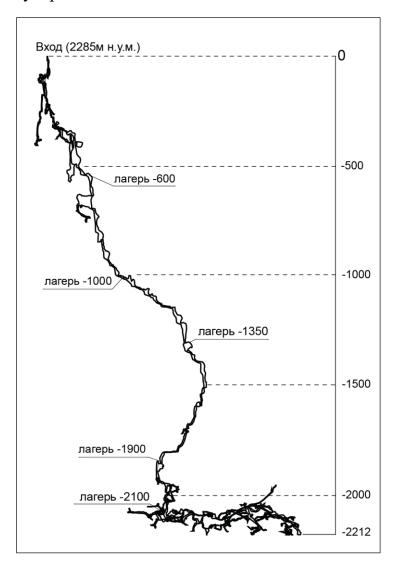


Рисунок 2 — Проекция пещеры им. А. Верёвкина на вертикальную плоскость с азимутом 0.

Совершенно нетипичным для массива и неожиданным для исследователей стало существование в нижних частях пещеры компактного многоуровневого лабиринта субгоризонтальных ходов. Вход в него расположен на высоте около 170 м (здесь и далее используются высоты над уровнем моря, данные приводятся по состоянию изученности на май 2020 года, по данным топографической съёмки спелеоклуба "Перово"). Указанная высотная отметка близка к средней для данной части пещеры, а диапазон высот для неё составляет от 87 м до 315 м в необводнённой части. Подводные же исследования не производились и особенности затопленной части пока неизвестны.

Габариты в направлении запад-восток составляют 330 м, север-юг — около 800 м. Типичными азимутами заложения ходов являются 25-30° и 120-130° Суммарная протяжённость ходов превышает 10 км. Все приведённые геометрические параметры имеют значительный потенциал для корректировки в большую сторону, исследования полости продолжают носить характер первичного осмотра и картирования.

Кроме яркого контраста топологии горизонтальной и вертикальной частей пещеры, аналогичная ситуация наблюдается и с генезисом полости. Развитие горизонтальной части происходило в период её нахождения во фреатической зоне. Как следствие, часто округлое поперечное сечение ходов, достаточно плотная их сеть, широкое разнообразие габаритов. Условный диаметр ходов достигает 14 м для отдельных магистралей. Объём наносов незначительный, протяжённые участки полностью свободны от них, размер фракции обычно пропорционален габаритам хода. Глинистые отложения присутствуют только на отдельных участках вблизи современной фреатической зоны.

Современный водоток вертикальной части пещеры, по всей видимости, либо не участвовал в формировании донного лабиринта, либо его вклад был незначителен.

Потенциал исследования донной части пещеры на данный момент огромный, обозначить какие-либо ограничения для него сейчас довольно трудно. Существует ряд не пройденных направлений, обследованию которых не препятствует ничего, кроме их значительной удалённости от входа и неизбежного маршрута исследователей через всю вертикальную часть пещеры. В каждом из них возможно обнаружение прохода в новый обширный район. Наиболее вероятными и интересными выглядят направления развития по характерному азимуту 25-30°, как в сторону моря, так и под центральную часть массива. Крайне заманчиво восточное направление - примерно в километре находятся нижние части пещеры Сарма. В случае развития исследованной части в этом направлении возможно объединение двух сверхглубоких пещер в единую пещерную систему.

Кроме исследовательских географических возможностей, донные лабиринты пещеры им. Верёвкина дают возможность широкого спектра сопутствующих исследований. Уникальная возможность отбора проб, непосредственного наблюдения, анализа топографической съёмки реликтовой водоносной (в настоящее время паводковой) сети, может пролить свет на многие аспекты геологии и гидрогеологии массива в современности и прошлом.

Само существование столь обширной горизонтальной сети ходов выше зоны полного обводнения на массиве Арабика является нераскрытой загад-

кой. Например, в пещере Крубера, находящейся на том же массиве, имеющей близкую амплитуду ходов и удалённость от берега моря, ничего подобного найдено не было. Это говорит о неоднородности условий в толще массива в диапазоне высот 100-300 м и подчёркивает недостаточную спелеологическую изученность массива в целом.

Существующая теория карста массива базируется в основном на данных из пещеры Крубера, поскольку других данных непосредственных наблюдений глубоко заложенных частей массива просто не было. К сожалению, она не даёт понимания природы донных частей пещеры имени Верёвкина. В частности, открытым остаётся вопрос, в какой период происходило развитие донных лабиринтов, какой в этот период был базис дренирования массива и где происходила разгрузка карстовых вод. Очевидно, что существующие теории требуют дополнения и расширения, в соответствии с последними данными исследований.

Выводы:

- 1. Донные части пещеры имени Александра Верёвина представляют значительный интерес для исследований самого широкого спектра.
- 2. Исследование других пещер массива Арабика в свете последних событий приобретает ещё большую актуальность. Обследование большего их числа до границы фреатической зоны необходимо для лучшего понимания массива в целом.
- 3. Новая информация о карсте массива Арабика в диапазоне высот 100-300 м даёт возможность уточнения и дополнения существующей теории образования пещер массива.

Литература

- 1. Атлас пещер России / Гл. ред. А.Л. Шелепин. Русское географическое общество, Российский союз спелеологов. М., 2019. 768 с.
 - 2. Кикнадзе Т.З. Карст массива Арабика. Тбилиси: Мецниереба, 1972. 248 с.
- 3. Климчук А. Б. Развитие глубочайших карстовых систем и субмаринная разгрузка массива Арабика (Западный Кавказ): Роль позднемиоценовой регрессии Восточного Паратетиса // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2018. № 1. С. 58-81.

УДК 551.44

К ВОПРОСУ О СПЕЛЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ

Вахрушев Б.А., Самохин Г.В.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия; vakhb@inbox.ru

Аннотация: В работе рассматриваются основные проблемы спелеологического районирования: использование типологического или индивидуального подходов в спелеологическом районировании; соотношение спелеологического и карстологического районирования; соподчинённость пространственных единиц спелеологического районирования, их размерность и принципы выделения; объединение нескольких пространственно разобщенных единиц районирования в единый более высокий выдел (или, наоборот, разъединение более высоких в более низкие); проблемы районирования искусственных (антропогенных) полостей.

Ключевые слова: районирование, карст, спелеология, страна, провинция, область, район.

ON THE ISSUE OF SPELEOLOGICAL ZONING

Vakhrushev B.A., Samokhin G.V.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; vakhb@inbox.ru

Abstract: The paper deals with the main problems of speleological zoning: the use of typological or individual approaches in speleological zoning; ratio of speleological and karstological zoning; subordination of spatial units of speleological zoning, their dimension and principles of delineation; unification of several spatially separated zoning units into a single higher division (or, conversely, separation of higher ones into lower ones); problems of zoning of artificial (anthropogenic) caves.

Keywords: zoning, karst, speleology, country, province, region, district.

Районирование является важным инструментом в познании спелеологического разнообразия отдельных регионов, что создаёт благоприятные условия для разработки мероприятий по их изучению, использованию и охране. Спелеорайонирование как пространственная матрица лежит в основе кадастрового учёта полостей различного генезиса. Оно также дает прочное основание для создания логичной спелеологической номенклатуры, обозначающей уже известные объекты и те, которые будут открыты в будущем.

В целом спелеологическое районирование — это деление территории на объективно существующие геолого-геоморфологические спелеокомплексы различного ранга, отличающиеся друг от друга индивидуальными чертами развития естественных и искусственных полостей.

Районированию территорий распространения пещер посвящена достаточно обширная литература [1-4, 6-13 и др.]. Однако до сих пор имеется ряд проблем, от решения которых зависит не только пространственная структура

учёта полостей, но и как главная цель — логичность, доступность и возможность научно-обоснованного управления спелеопространством, в пределах которого и ведется учёт естественных и искусственных полостей.

1. Использование типологического или индивидуального подходов в спелеологическом районировании

Сущность метода районирования заключается в том, что это один из способов классификации (упорядочения) территорий путём выделения и картографирования объективно существующих однородностей (административных, экономических, природных и др.), отличающихся друг от друга внутренней индивидуальностью.

В связи с этим, при районировании нельзя смешивать индивидуальный подход с типологическим, так как последний предполагает выделение единиц по сходству находящихся в их пределах явлений. Если при типологическом подходе выделяется голый, покрытый, бронированный или полярный, умеренный, средиземноморский, тропический (т.е. тип, класс, род, вид и др.) карст, то иерархическая система единиц районирования определяется как спелеологическая страна, провинция, область, район. Каждая область, каждый район имеет единственное и неповторимое состояние и характеристику условий образования, распространения и морфологии полостей.

Если при выделении высших таксонов карстологического районирования имеется определённая ясность и согласие большинства исследователей, то вопрос о выделении низших рангов нуждается в дальнейшей разработке. Например, Н. А. Гвоздецкий при детальном районировании допускает существование таких индивидуальных единиц, у которых «...контуры <...> целесообразнее заполнять типологическими единицами» [2].

Не отрицая конвергентного схождения на нижних классификационных ступенях типологических схем и схем районирования, следует признать, что и на данном уровне необходимо также дальнейшее деление территории на индивидуальные единицы районирования. Здесь главным критерием могут выступать численные показатели (морфометрические признаки) — плотность и густота распределения поверхностных и подземных карстовых и некарстовых форм, коэффициент площадной закарстованности, статистические данные, на основе которых после определения принадлежности анализируемых выборок к единой генеральной совокупности проводятся границы выделов и др.

При описании спелеорегионов можно характеризовать типы карста в их пределах, но вводить эти понятия в названия единиц районирования неправомерно. Как показывает практика, учитывая специфику кадастрового учёта, их наименования целесообразно строить по географическому признаку, который чётко определяет пространственную привязанность объектов спе-

леорайонирования: Восточно-Европейская спелеострана, спелеопровинция Горного Крыма и др.

2. Соотношение спелеологического и карстологического районирования

Эта проблема была поставлена еще Г.А. Максимовичем [11]. Теоретической основой спелеологического районирования является соотношение между объектом и предметом карстологии и спелеологии. В связи с этим спелеорайонирование действительно должно рассматриваться не как раздел специального карстологического районирования, а как самостоятельное направление, учитывающее распространение не только карстовых, но и полостей другого генезиса, в том числе и антропогенного происхождения. Однако подавляющее большинство естественных пещер представлено полостями карстогенного типа (около 90%). Карстующиеся породы присутствуют практически во всех крупных тектонических структурах России и сопредельных территорий. Карстовые, некарстовые и искусственные полости объединены главным общим критерием — это объекты геологического пространства, развитые в недрах земной коры.

Геодинамика крупной геологической структуры, лежащей в основании спелеостраны, во многом определяет особенности седиментогенеза (осадкообразования) и последующего формирования горных пород. При этом карстующиеся и нерастворимые горные породы генетически связаны фациальными закономерностями своего происхождения и пространственного положения. В такой же взаимосвязи находятся приуроченные к ним карстогенные, некарстогенные и даже искусственные полости данной геоструктуры.

Таким образом, распространение и генезис полостей обусловлен в первую очередь геолого-структурными, литологическими и геоморфологическими особенностями той или иной территории, а затем уже географическими факторами. Это справедливо и для искусственных выработок, образование которых в основном связано с наличием полезных ископаемых, литологией и петрографией горных пород, приуроченных, как правило, к скальным породам (известняки, доломиты, гипсы, кварциты, конгломераты, магматические породы и др.), подчиняющимся в своём развитии геологическим закономерностям. Такой подход объясняет генетическое единство карстовых, некарстовых и искусственных полостей и позволяет объединять их в пределах отдельных единиц районирования.

Специфика карстологического районирования заключается в дискретности (прерывистости) развития карстующихся пород в отличие от спелеорайонирования, привязанного к геологической непрерывности (континуальности) литосферы.

Единство карстологического и спелеологического районирования обеспечивается прерывисто-непрерывными естественно-историческими (а для

искусственных пещер и цивилизационными) процессами развития той или иной территории. Исходя из вышесказанного, по правилу географического районирования, дискретные выделы карстующихся отложений объединяются общими контурами, в пределы которых входят и территории, сложенные нерастворимыми горными породами с находящимися в них пещерами. Антропогенные полости могут находиться как в карстующихся, так и в некарстующихся породах. Таким образом, создаётся единая схема спелеорайонирования России, не имеющая «белых пятен» на всей её территории. Это своего рода спелеологическая «периодическая система Менделеева». Например, в пределах Западно-Сибирской спелеостраны мы выделили по геологоструктурному и морфоструктурному признакам несколько спелеопровинций, для которых в настоящее время неизвестны естественные или антропогенные полости, но впоследствии при их обнаружении или создании (искусственные полости) они будут иметь своё чёткое прописанное в номенклатуре спелеорайонирования России место.

3. Соподчинённость пространственных единиц спелеологического районирования, их размерность и принципы выделения

Цель общего спелеологического районирования — выявление спелеорегионов (обобщённое название любой таксономической единицы) как части спелеосферы Земли, отличающихся от других совокупностью показателей распространения и условий образования полостей. При спелеологическом районировании необходимо учитывать, что спелеогенез — геологогеоморфологический процесс, протекающий в литосфере, но имеющий причинно-следственные связи с географическими явлениями. В связи с этим на высших уровнях районирования — страна, провинция — основными критериями их выделения служат геологические и геоморфологические особенности геотектур (платформы — равнины, подвижные пояса — горы для стран или их крупные морфоструктуры для провинций). На более низких уровнях — геоморфологические, климатические, гидрологические, карстологические, спелеологические, ландшафтные, антропологические и другие условия спелеогенеза определяют выделение областей и районов. Эти принципы особенно хорошо «работают» для карстогенных полостей, т.к. площадь карстующихся пород увеличивается от высших единиц к низшим, покрывая иногда всю территорию карстовой области или района.

Таким образом, при выделении высших таксономических единиц районирования используется структурно-тектонический признак.

Спелеологическая страна — наиболее крупная единица районирования территории России, охватывающая отдельные геотектуры — континентальные платформы (Восточно-Европейская, Западно-Сибирская, Сибирская) или крупные части складчатых поясов — складчатые обрамления древних платформ (окраинно-континентальные, межконтинентальные, внутриконтинен-

тальные — Крымско-Кавказская, Уральская, Алтае-Саянская, Байкало-Становая, Верхоянско-Чукотская (Северо-Восточной Сибири), Дальневосточная и Курило-Камчатская).

Геоструктура спелеостраны, обладая собственным тектоническим режимом, обусловливает историю развития территории и контролирует распространение магматических, метаморфических и осадочных пород, определяя тем самым геологические условия спелеогенеза в её пределах.

Для выделения стран используются геотектонические или структурнотектонические карты. Границы стран проводятся, как правило, по линиям глубинных разломов древних или современных субдукционных зон, границам древней складчатости с учётом истории развития и эволюции всей геотектуры.

Спелеологическая провинция — это часть спелеологической страны с прямым соответствием геологического строения и рельефа. Они соответствуют плитам и щитам платформ, и прилегающим к ним более молодым платформенным образованиям или орогенным областям складчатых поясов. Это, как правило, крупные морфоструктуры 1-го порядка с единой направленностью и интенсивностью современной геодинамики, оказывающей влияние на особенности спелеогенеза в их пределах. При выделении спелеопровинций также используется геоструктурный принцип, но уже в границах спелеостраны. Эта последняя единица районирования, которая в определённой мере может оказывать влияние на распространение и зональность геологолитологических комплексов, а через них — и на типы спелеогенеза.

Для выделения низших единиц спелеорайонирования применяются морфоструктурные, геоморфологические, гидрологические и спелеологические критерии.

Спелеологическая область — морфоструктура 2-го порядка, как часть платформы, плиты, щита (антеклиза, синеклиза и др.) или горно-складчатого сооружения, связанная единством геолого-геоморфологического строения, рельефа, географическими условиями (климат, гидрология, ландшафты и др.) и другими факторами развития полостей, которые определяют и соответствующий тип карстового или другого рельефа и особенности расположенных здесь пещер.

Спелеологический район (основная единица районирования) — морфоструктура 3-го порядка с определённым типом рельефа, гидрогеологическими и спелеологическими особенностями развития полостей. Он отличается индивидуальными чертами спелеогенеза, которые определяются соответствующими типами карста и морфогенетическими чертами поверхностных и подземных карстовых и некарстовых форм, связанных пространственными парагенезами, гидролого-гидрогеологическими условиями питания, транзита и разгрузки карстовых вод. Границы района проводят, как правило,

по орографическим линиям, обусловленным геолого-геоморфологическим строением территории, литологическими границами основных карстующихся пород с учётом гидрогеологических и гидрологических особенностей участка.

Таким образом, при разработке кадастрового учёта полостей целесообразно использовать схему ранжирования единиц районирования, состоящую из четырёх основных таксонов: страна, провинция, область, район. Однако реальная природа не всегда подчиняется нашему абстрактному суждению. В связи с этим, в некоторых регионах, когда в таксоне имеется большая внутренняя гетерогенность, возникает необходимость введения дополнительных единиц районирования: подпровинция, подобласть, подрайон.

Имеется также проблема несоразмерности площадей одинаковых таксономических уровней горных и равнинных стран. Подобное различие объективно, т.к. в орогенных подвижных поясах существующая высокая контрастность и быстрая пространственная изменчивость геологогеоморфологических, литологических, гидролого-гидрогеологических и других условий спелеогенеза обусловливает и меньшую площадь соответствующих единиц районирования по отношению к платформенным (равнинным) странам.

Однако нельзя просто дробить таксоны, руководствуясь только внешними признаками (площадь, количество пещер и др.). Например, для Дурипшского плато Гагро-Бзыбской области провинции Южного склона Большого Кавказа системообразующим свойством района является яркое проявление спелеогенеза в карбонатных пролювиальноаллювиальных конгломератах, слагающих древний конус выноса и террасу р. Хипста. Для горного массива Чатыр-Даг эмерджентным свойством, придающим ему статус спелеорайона, является такое сочетание природных факторов, которое привело к высочайшей плотности подземного закарстования. И если по единству своих геологогеоморфологических факторов, особенностям спелеогенеза, морфологии и гидрологии развитых здесь полостей они соответствуют разряду района, то его площадь, большая или маленькая, уже не имеет значения (рис. 1).

Кроме того, в карстологической литературе часто встречается понятие «карстовый массив». Большинство авторов понимает под этим термином горный или платформенный массив карстующихся пород, имеющий геоморфологически выраженную орографическую обособленность, как правило, долинами крупных рек. Им свойственна специфика рельефа, карстовой гидрогеологии и спелеогенеза. В связи с этим, карстовые массивы чаще всего пространственно и генетически соответствуют спелеорайонам, но ни в коем случае не должны подменять последние в спелеологической номенклатуре районирования. Понятие «карстовый массив» лучше всего применять как термин общего пользования.

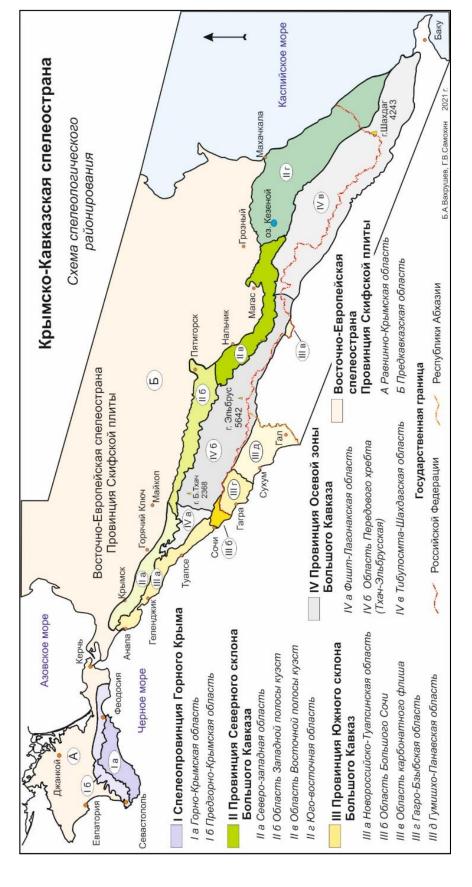


Рисунок 1 - Схема спелеологического районирования Крымско-Кавказской спелеостраны.

4. Объединение нескольких пространственно разобщенных единиц районирования в единый более высокий выдел (или, наоборот, разъединение более высоких в более низкие)

Например, объединять Горный Крым и Большой Кавказ в единую Крымско-Кавказскую спелеострану [2] или, наоборот, разделять карстовую страну «Горы Южной Сибири» на две — «Алтае-Саянскую» и «Байкальскую» [12]. Для решения подобных проблем необходимо использовать естественно-исторический подход. Если говорить о Крыме и Кавказе, то они связаны общностью эволюционного развития как единая геоструктурная зона субдукционных коллизий, сформированная в области сопряжения Африканско-Аравийской платформы и докембрийской Восточно-Европейской платформы и обрамляющей её с юга Скифской эпигерцинской плиты. В результате процессов субдукции осевая часть Горного Крыма, в отличие от Кавказа, к настоящему времени уничтожена. Однако сохранившийся северный макросклон крымских гор в структурно-фациальном, литологическом и геоморфологическом (куэстовый рельеф) отношении идентичен современному северному макросклону Кавказа. Крым и Кавказ отделяются от Скифской плиты единым Индоло-Кубанским предгорным прогибом. В связи с этим Крым получает в рамках спелеорайонирования данной спелеостраны статус спелеопровинции, наряду со спелеопровинциями Северного склона, Южного склона и Осевой зоны Большого Кавказа (рис. 1). Таким образом, единство геоструктурной позиции, литолого-фациальных зон, общность исторического развития Крыма и Кавказа являются основой, объединяющей их в одну спелеострану. Естественноисторический и генетический подходы являются важнейшими критериями объединения или разделения единиц районирования в системе спелеологической иерархии.

Однако, несмотря на всё вышесказанное, остаётся главная задача — создание по единой методике современной схемы спелеологического районирования, охватывающей всю территорию России. Для территорий, где имеется детальный и обоснованный фактический материал, районирование необходимо доводить до выделения областей и районов.

5. Проблемы районирования искусственных (антропогенных) полостей

Существуют два подхода к решению этой проблемы: использовать матрицу природного спелеологического районирования или создавать отдельную сетку районирования искусственных полостей [5].

Первая проблема, которая возникает при отдельном районировании для природных и искусственных пещер — это практически несопоставимость двух сеток районирования, особенно на высших таксономических уровнях. Это приводит к определенному хаосу и разобщенности при их чтении, за-

трудняет нахождение общих закономерностей и различий данных спелеообъектов.

Авторы считают, что природа (окружающая среда) является доминирующей не только в распределении естественных объектов (пещер), но и определяет цивилизационные особенности тех или иных территорий, влияет на хозяйственную деятельность человека, определяет не только тип поселения, его размеры, но и строительные потребности в освоении подземных пространств: селетибные, гражданские, коммуникационные, промышленные, в т.ч. горные, ирригационные, гидротехнические, военные и др. Природа создает физико-географическую рубежность в развитии цивилизаций, к которым тяготеют в том числе и оборонительные комплексы и др.

Распространение горных пород на планете азонально и подчиняется геолого-геоморфологической провинциальности, связанной с дифференциацией геолого-структурных зон континентов, платформенных и горно-складчатых морфоструктур. Они же контролируют процесс седиментогенеза, литогенеза и рудогенеза (распределение различных типов горных пород и месторождений полезных ископаемых). В связи с этим в процессе антропоспелеогенеза (введем такое понятие для искусственных пещер в отличие от геоспелеогенеза для естественных полостей) геологическая среда является важнейшей в развитии тех или иных типов горных разработок (исходя из потребностей человека) и связанных с ними сооружений в подземном пространстве.

Но если есть подземные искусственные сооружения, которые не контролируются в явном виде природными факторами, то они также азональны и требуют установления факторов их образования, не выхватывая из общей совокупности естественных и искусственных пещер данной единицы спелеорайонирования.

Есть также проблемы идентификации объектов антропоспелеогенеза. Нам представляется, что искусственными пещерами могут считаться те сооружения, которые создавались как подземные явления: горно-технические (шахты, штреки, штольни, залы и др.), гидротехнические (подземные водозаборные галереи, цистерны, гидротоннели и др.), коммуникационные (метро, подземные ходы различного назначения, транспортные туннели, и др.), военные (потерны, казематы, подземные крепости, убежища и др.), гражданские (специальные убежища, культовые сооружения и др.) и др.

Мы не относим к искусственным полостям сооружения, которые строились как конструктивная часть наземного здания, без которого оно не может существовать (подвалы жилых и других домов, комнаты в цоколе или в фундаменте и др.). Иначе понятие «искусственная пещера» будет размыто бесчисленными объектами, не имеющими прямого отношения к подземному пространству. Исключением могут быть части наземных зданий, которые на поверхности уже разрушены и сохранены в виде свои подземных элементов.

В заключение отметим, что районирование, как и любая другая классификация, отсутствует в природе и является идеалистической конструкцией исследователя, который, абстрагируясь от деталей (а в них вы сами знаете кто видится), выделяет главное и общее, а также отличия одной единицы спелеорайонирования от другой. Этот процесс зависит от накопленных знаний, уровня развития науки, опыта исследователя, его предпочтений и др. В связи с этим, истина является в дискуссии и требует определенного времени. Но и истины не вечны в этом быстро меняющемся Мире.

Литература

- 1. Атлас пещер России / Гл. ред. А.Л. Шелепин. Русское географическое общество, Российский союз спелеологов. М., 2019. 768 с.
- 2. Вахрушев Б.А. Карстовый геоморфогенез Крымско-Кавказского горно-карстового региона: автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Киев, 2004. 38 с.
- 3. Вахрушев Б.А. Районирование карста Крымского полуострова // Спелеология и карстология. 2009. № 3. С. 39–46.
 - 4. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: Мысль, 1972. 391 с.
- 5. Долотов Ю.А. Типология спелестологических объектов // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов международной научнопрактической конференции. Набережные Челны: НГПИ, 2010.С. 236-250.
- 6. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстоведение. Ч. 2. Региональное карстоведение. Пермь: ПГУ, 2008. 267 с.
- 7. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. Новосибирск, 1992. 144 с.
- 8. Дублянский В.Н., Клименко В.И., Вахрушев Б.А., Резван В.Д. Комплексные карстолого-спелеологические исследования и охрана геологической среды Западного Кавказа (методические рекомендации). Сочи, 1987. 123 с.
- 9. Картографирование и районирование карста в связи с освоением территорий. Тезисы докл. IV Всесоюз. карстово-спелеологического совещания (Владивосток, 15–16 апреля 1986 г.). Владивосток, 1986. 180 с.
- 10. Максимович Г.А. Тектонические закономерности распределения карста на территории СССР // Общие вопросы карстоведения. М.: АН СССР, 1962. С. 40–54.
- 11. Максимович Г.А. Районирование карста СССР // Докл. четвертого Всеуральского совещания по физико-географическому и экономико-географическому районированию. Пермь, 1958. С. 18.
 - 12. Цыкин Р.А. Карст Сибири. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1990. 154 с.
 - 13. Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. М.: Наука, 1978. 190 с.

УДК: 551.442.04:551.8(470.57-751)

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАПОВОЙ ПЕЩЕРЫ (ШУЛЬГАН-ТАШ)

Ляхницкий Ю.С.

ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, Россия; uravita123@mail.ru

Аннотация. Капова пещера является одной из крупнейших пещер Урала, памятником природы федерального ранга и памятником истории мирового значения. В статье впервые делается попытка описать генезис этой древней и очень сложной в генетическом плане, пещеры. Показано, что она развивалась около 6 миллионов лет, прошла не менее 7 этапов развития в различных гидродинамических, климатических и ландшафтных условиях. Эти исследования полезны для реставрации условий создания древних рисунков и их сохранения.

Ключевые слова: Капова пещера (Шульган-Таш), генезис, мезоскульптура карстовых полостей и их возраст.

MORPHOGENETIC STUDIES OF THE KAPOVA CAVE (SHULGAN-TASH)

Lyakhnitsky Yu.S.

Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russia; uravita123@mail.ru

Abstract. The Kapova cave is one of the largest caves in the Urals, a federal nature monument and a historical monument of world importance. This paper is the first attempt to describe the genesis of this ancient and very genetically complex cave. It is shown that it evolved for about 6 million years, passed at least 7 stages of evolution under various hydrodynamic climatic and landscape environments. These studies are helpful for restoring conditions of the creation and preservation of ancient drawings.

Key words: Kapova cave (Shulgan-Tash), genesis, mesosculpture of karst cavities and their age.

Исследование генезиса Каповой пещеры — одной из крупнейших пещер Урала, содержащей палеолитическую живопись, является очень важным теоретическим и практическим вопросом, способствующим сохранению древних рисунков. Наши генетические построения основаны на анализе морфологии, особенно мезоскульптуры полостей, особенностей отложений, истории развития и геологического строения региона [4, 5].

На первом этапе формирования самой пещеры образовывались фреатические трубообразные каналы, до нескольких метров в поперечнике (табл. 1). Это: Ближний колодец, ход Мост, участок овального потолка в Акустическом зале и др. (рис. 1). Они составляли разветвленную систему крупных труб, которая прослеживается по сохранившимся реликтам. Эти фреатические трубы срезаются более поздними вадозными галереями. Областью питания системы

являлись дрены в известняках на контакте девона с рифейскими породами на Башкирском антиклинории более 6 миллионов лет назад.

Таблица 1 Схема эволюции Каповой пещеры

Номер этапа	Время	Геоморфологический, геологический этап	Явления, полости	Гидрологический режим	Изображения полостей
Первый	Миоцен. Более 6 млн. лет.	Раннепонтийский бас- сейн, мощная трансгрес- сия, подтопление района пещеры	Крупные трубообраз- ные полости и трубы	Фреатический режим Область питания на контакте девона с рифейскими породами на Башкирском антиклинории к северу	
Второй	5 млн. лет	Бабаджанская макси- мальная регрессия Кас- пия, Кинельский врез, об- разование каньонов рек бассейна Каспия в том числе и Белой	Врез вадозных галерей и залов, развитие системы полостей по вертикали	Вадозный режим	
Третий	Ранний плиоцен 2,3 млн. лет	Акчагыльская макси- мальная трансгрессия Каспия, подтопление до- лины р. Белой и участка пещеры	Расширение вадозных галерей в фреатических условиях, развитие крупных залов, полости коррозии смешивания и последующая кольматация полостей пещеры, парагенетическая скулытура	Фреатический режим	
Четвертый	Верхи среднего плейстоцена 1,6 млн. лет	Регрессия	Частичный размыв за- полнителя, врезы в сте- нах, покровные коры, бороздчатые кары, рост натеков	Вадозный режим	
Пятый	Поздний плейстоцен 1,1 млн. лет	Апшеронская трансгрессия,	Активизация гидросети, усиление обводненно- сти полостей, покров- ные коры (верхние уровни), рост натеков	Вадозный режим	
Шестой	Поздний плейстоцен 0,8 млн. лет	Регрессия	Размыв заполнителя ва- дозными потоками, эро- зионные врезы частичное периодиче- ское оледенение пеще- ры	Вадозный режим	
Седьмой	Голоцегн – современность Около 11,2. тыс. лет	Мелкие движения разных знаков	Активна только фреатическая зона, оживление всей гидросети только в паводки, рост натеков, чередование похолоданий и потеплений	Вадозный режим	

На втором этапе благодаря максимальной Бабаджанской регрессии Каспия происходит смена гидродинамического режима на вадозный и начинается «врезание» полостей до нового базиса карстования. Это обеспечивается обра-

зованием глубоких (более 100 м) каньонов рек бассейна в том числе и Белой. В результате первичные трубы прорезаются снизу с формированием структур «замочных скважин» таких, как в Акустическом зале. При этом синусоида потолка системы полостей сохранилась, а ее пол был выровнен до равновесной линии потоков. Сформировались еще не крупные, вытянутые по вертикали, галереи и залы. Переход от первого ко второму этапу доказывается пропилом труб вадозными полостями снизу. Наиболее яркий пример - арка на участке трубы – Мост, которая могла сформироваться только при врезе полости вниз.

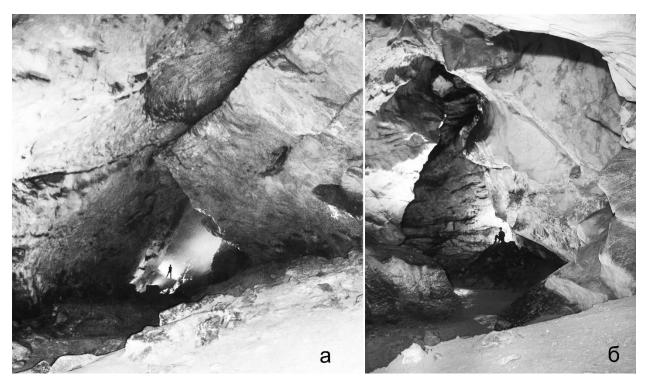


Рисунок 1 - Реликтовые трубообразные полости первого фреатического этапа развития пещеры и образованные ниже вадозные полости второго этапа: Труба Мост под потолком Первой Галереи диаметром около 3,5 м (а), зал Акустический (б).

На третьем этапе в раннем плиоцене 2,3 млн. лет наступает период фреатического режима, вызванный максимальной Акчагыльской трансгрессией, и осуществлялось преобразование вадозных полостей с формированием крупных, иногда разветвленных полостей больших размеров и объемов. Фреатический характер полостей доказывается присутствием на их стенах многочисленных разномасштабных овальных раковин (scallops) и килевидных эрозионных выступов на потолке, парагенетических полутрубок в потолках полостей (рис. 2). На этом этапе, в основном, были сформированы крупные залы и галереи пещеры и начинается существенное заполнение пещеры рых-

лым карстогенным материалом, образуются ниши, полуканалы, раковины и фасетки, связанные с прорывом струй между стенами полостей и заполнителем.

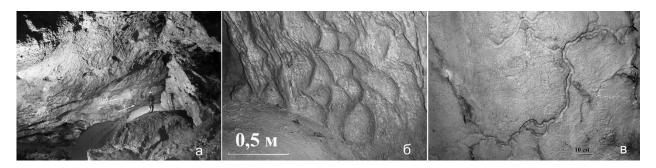


Рисунок 2 - Элементы морфологии поверхностей полостей, образованные во фреатических условиях и при кольматации: Западная стена зала Рисунков (а), стена Брильянтового зала (б), с раковинами («scallops») и парагенетические полутрубки в потолке долины Овальной (в).

В период длительного фреатического развития системы образовались крупные полости — отстойники и происходило осаждение тонкодисперсного глинистого осадка, что привело к формированию мощных слабослоистых глинистых отложений. В этот период достигает максимума процесс кольматации пещеры. Реликты этих глинистых отложений сохранились наиболее хорошо в виде глинистых террас в залах Рисунков и Радужном. Происходила полная кольматация части или всех полостей. Она была проявлена неоднократно в разных полостях в разной мере.

На четвертом этапе в конце среднего плейстоцена 1,6 млн. лет, в связи с очередной регрессией, происходит смена фреатического режима на вадозный и частичный размыв заполнителя. Образуются покровные коры, от которых остались реликты на стенках с остатками глинисто-галечно-щебенистого палеозаполнителя и субгоризонтальные врезки-желоба на стенах, фиксирующие уровень потока над заполнителем. Образуются бороздчатые вертикальные кары, на которые накладываются более поздние натечные коры (рис. 3).

В пещере встречены участки гигантских крупноглыбовых обвалов. Они находятся в зале Хаоса, в зале Преисподняя и др. Возможно, они возникли на четвертом этапе эволюции пещеры, связаны с этапом интенсивной тектонической активности и сменой гидродинамической обстановки с напорной на вадозную. В зале Хаоса видно, что глинистые отложения сохранились только вдоль стен, где они не перекрыты обвалами, то есть глины были отложены до обвалов на третьем этапе, а обвал произошел на четвертом.

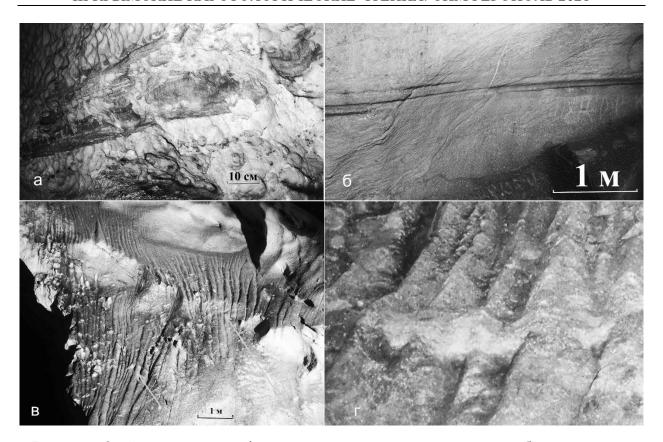


Рисунок 3 - Элементы морфологии поверхностей полостей, образованные в вадозных условиях: а - реликты кальцитовых покровных кор (РПК) на западной стене Первой галереи, указывающие на разные уровни заполнения полости в древности; б - горизонтальные желоба-врезки в северной стене Овальной долины, фиксирующие уровни заполнения полости; в - бороздчатые линейные карры на стене зала Перекресток, образованные инфильтрационными водами; г – карры, перекрытые РПК на стене Первой галереи.

На пятом этапе формирования пещеры в позднем плейстоцене 1,1 млн. лет в условиях крупной Апшеронской трансгрессии происходит усиление обводненности системы, но полностью на фреатический режим она, видимо, не перешла (табл. 1). Возникли более высокие уровни натечных напольных кор (остались их реликты) и врезы на стенах.

На шестом этапе в позднем плейстоцене 0,8 млн. лет во время регрессии образованы многочисленные формы, связанные с действием свободных инфильтрационных и инфлюационных потоков. Образуются эрозионные желоба - «пропилы» нижней части галерей (рис. 4), эворзионные котлы, русла подземных ручьев, вертикальные бороздчатые кары, происходит размыв заполнителя.



Рисунок 4 - Эрозионный «пропил» нижней части Второй Галереи и Малое Верхнее озеро, образованное как водобойный котел.

Установлено частичное периодическое оледенение пещеры и рост натеков в межледниковьях [3]. В этот же период, возможно, начался рост многослойных натечных кор в Западном тупике, мощностью в несколько метров, имеющих крупнокристаллическую структуру.

На седьмом современном этапе, начавшемся около 11,2 тыс. лет, в голоцене в постледниковое время происходило образование каскадных кальцитовых натеков, сталагмитов и тонких трубчатых сталактитов при инфильтрации вод из каньона и с поверхности массива по многочисленным понорам.

Датировка ранних этапов развития пещеры (особенно второго и третьего) обоснованно связана с этапами эволюции рельефа и гидросети региона бассейна Каспия [1, 2]. Крупнейшая Бабажданская регрессия (рис. 5, а) и мощная Акчагыльская трансгрессии Каспия (рис. 5, б) являются временными реперами всей системы хронологии, но и более поздние этапы эволюции Каспия логично увязываются с явлениями, которые оставили многочисленные следы в морфологии пещеры (рис. 6) [6, 7].

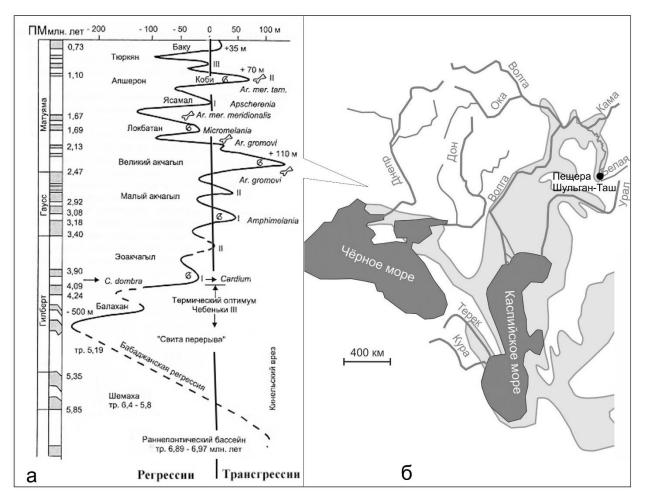


Рисунок 5 — Колебания уровня (в метрах) Каспийского бассейна (а) и Черноморско-Каспийский бассейн (б) в максимальную фазу Акчагыльской трансгрессии (по [1]). Точкой показано положение Каповой пещеры.

Таким образом, история развития Каповой пещеры весьма сложна. Восстановить абсолютную геохронологию ее развития на данном этапе исследования вряд ли возможно, но построения, сделанные нами, имеют системный характер, увязывают особенности морфологии пещеры с историей развития рельефа района, имеющей надежную датировку (табл.1).

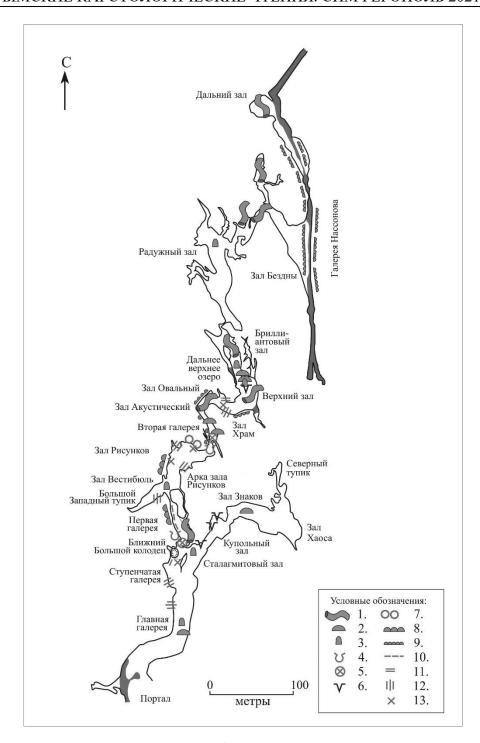


Рисунок 6 - Схема расположения морфологических элементов полостей пещеры: 1 — крупные первичные фреатические каналы, 2 — полости коррозии смешивания, 3 — напорные купола, 4 — эрозионные русловые врезы, 5 — эворзионные котлы, 6 — эрозионные «кили», 7- настенные фреатические ниши, 8 — раковины (крупные scallops), 9 — фасетки (мелкие scallops), 10 — реликты покровных натечных кор (РПК), 11 — реликтовые горизонтальные желоба врезки на стенах (notch), 12 — линейные бороздчатые карры, 13 — парагенетические полутрубки.

Литература

- 1. Зубаков В.А. Глобальные климатические события неогена. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 223 с.
- 2. Клиге Р.К., Данилов И.Д., Конищев В.Н. История гидросферы. М.: МГУ Научный мир, 1998. 368 с.
- 3. Дублянский Ю.В., Мосли Дж., Ляхницкий Ю.С. и др. Уран-ториевое датирование палеолитических рисунков пещеры Шульган-Таш (Капова) // Проблемы сохранения, консервации палеолитической живописи пещеры Шульган-Таш и развитие туристической инфраструктуры достопримечательного места «Земля Урал-Батыра». Уфа, 2016. С.117-141.
- 4. Ляхницкий Ю.С., Трофимова Е.В., Червяцова О.Я. Морфогенетические особенности карстовой системы Шульган-Таш // Геоморфология. 2010. № 3. С. 59-66.
- 5. Ляхницкий Ю.С., Чуйко М.А. Комплексные естественно-научные исследования Каповой пещеры (Шульган-Таш) как основа спасения ее палеолитической живописи // Проблемы первобытной культуры. Уфа: Гилем, 2001. С. 190-212.
- 6. Farrant A.R., Smart P.L. Role of sediment in speleogenesis: sedimentation and paragenesis // Geomorphology. 2011. 134(1–2). P.79-93.
- 7. Lauritzen S.E., Lundberg J. Meso- and micromorphology of caves: solutional and erosional morphology // Speleogenesis: evolution of karst aquifers. / Klimchouk, A.B., Ford, D.C., Palmer, A.N., Dreybrodt, W. (Eds.). National Speleological Society, Huntsville, Alabama, 2000. P.408–426.

УДК: 556.551.5

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ОН-ЛАЙН МОНИТОРИНГА НА ПОДЗЕМНЫХ МАРШРУТАХ

Минников О.А.

Комиссия карстоведения и спелеологии Санкт-Петербургского городского отделения Русского географического общества, Санкт-Петербург

Аннотация: в статье рассказывается об уникальном опыте создания и эксплуатации системы комплексного мониторинга подземных пространств с возможностью гибкой визуализации происходящих геологических, термодинамических, гидрологических и других процессов. На основе многолетнего опыта эксплуатации системы в субарктичекой зоне (пещера Кулогорская - Троя, Архангельская область) автор и разработчик обосновывает необходимость создания подобного комплекса на спелеомарируте «Подземная Рускеала» (Сортавальский район, Республика Карелия).

Ключевые слова: спелеомаршрут, микроклимат, комплексный мониторинг, фотометеопост, безопасность спелеомаршрутов, визуализация процессов, подземная лаборатория, спелеология, спелеологи, логгер, timelapse.

EXPERIENCE IN DEVELOPING A SYSTEM FOR INTEGRATED ON-LINE MONITORING ON UNDERGROUND ROUTES

Minnikov O.A.

Commission of Karstology and Speleology of the St. Petersburg City Department Russian Geographical Society, St. Petersburg

Abstract: the article describes the unique experience of creating and operating a system for integrated monitoring of underground spaces with the possibility of flexible visualization of geological, thermodynamic, hydrological and other processes. Based on many years of experience in operating the system in the subarctic zone (Kulogorskaya - Troya cave, Arkhangelsk Region), the author and developer substantiates the need to create such a complex on the Underground Ruskeala speleological route (Sortavalsky district, Republic of Karelia).

Keywords: speleological route, microclimate, integrated monitoring, photo-meteorological post, safety of speleological routes, visualization of processes, underground laboratory, speleology, speleologists, logger, timelapse.

Разработчики туристических спелеомаршрутов сталкиваются с острой необходимостью комплексного мониторинга различных подземных процессов с использованием современных цифровых технологий. Это важно для обеспечения безопасности туристического процесса и повышения качества интеллектуальной составляющей туристических продуктов.

Автор был участником исследовательской группы спелеологов Русского географического общества, которая создавала проект спелеомаршрута «Подземная Рускеала». В соавторстве с коллегой по Спелеокомиссии РГО Юшко А.А. был создан и развивается творческий проект «Рускеала: тайна глубины». Сотрудничество с администрацией парка продолжается и в настоящее время. Автор регулярно бывает на подземном маршруте в качестве эксперта по всей широте проблематики качественной эксплуатации первого спелеомаршрута Республики Карелия. Кроме этого, автор принимал активное участие в исследованиях заброшенного рудника «Рогосельга» (Пряжинский район, Республика Карелия). Автор принимал активное участие в серии экспедиций в пещеру Шульган-Таш (Капову). Во всех этих проектах особое внимание уделялось наблюдениям за микроклиматом подземного пространства. Мониторинг проводился в ручном режиме и требовал значительных временных и материальных ресурсов. При этом массив данных формировался лишь в моменты присутствия исследователей в зоне исследований. Необходимость организации непрерывных, более точных, исследований заставила автора взяться за разработку принципиально новой системы для комплексного мониторинга подземного пространства.

Разработанный комплекс предназначен для автоматизированного получения телеметрической и визуально-графической информации. Телеметрическая информация в текущий момент включает в себя показания от цифровых

термометров, барометрических датчиков, ультразвуковых сенсоров. Возможна установка практически любых цифровых и аналоговых датчиков, в зависимости от задач. Визуально-графическая информация представлена фотографиями, выполняемыми специальной фотокамерой с широким динамическим диапазоном, а также графиками, формируемыми на основе отчетов датчиков.

Основными особенностями комплекса являются его высокая защищенность от воздействия неблагоприятных условий окружающей среды, точность получаемых телеметрических данных, возможность расположения на расстоянии до нескольких километров от точки стационарного электропитания или солнечных батарей, буферная структура хранилищ данных, возможность использования специализированной подсветки и очистки оптики камеры как путём механической очистки, так и подогрева. Также предусмотрена система продувки в целях удаления конденсата.

Кроме того, важно отметить, что присутствие человека при проведении измерений, значительно снижает их точность.

Первые попытки создать системы длительного автономного мониторинга подземных пространств, в которых акцент делался на периоды прохождения паводка, были предприняты нашей группой на территории Пинежского района Архангельской области.

Кулогорский спелеомассив находятся на юго-восточной окраине Беломоро-Кулойского плато. Комплексные исследования пещер массива в настоящее время проводятся на общественных началах под руководством АСА «Лабиринт» спелеологами Архангельска, Санкт-Петербурга, Москвы, Твери и других городов.

Для мониторинговых исследований, помимо использования различных датчиков (температур, влажности и пр.), применяется технология длительной интервальной фотографической съемки в пещерах. В результате были получены уникальные данные, переводящие мониторинговые исследования в Кулогорских пещерах на новый качественный уровень. Первая длительная интервальная съемка была проведена в пещере К-4 во время весеннего паводка 2008 года.

Первый фотопост такого типа был установлен в пещере К-4 в конце марта 2009 года спелеологом-исследователем С. Сорокиным, и позволил снять прохождение весеннего паводка, на максимуме которого камера в течение 7 дней находилась под водой. Фотопост успешно проработал до его демонтажа в середине августа 2009 года.

Автономные фотопосты успешно проработали в Кулогорских пещерах около десяти лет. Однако опыт их эксплуатации выявил некоторые недостатки.

В итоге появилась необходимость в создании стационарных фотопостов, получающих электропитание от поселковой сети и обеспечивающих доступ к данным через системы связи и сеть Интернет. Для решения этой задачи потребовалось определить необходимые точки мониторинга. В результате, было принято решение остановиться на шести ключевых точках.

Основную сложность в поиске технического решения представляло то, что отсутствовал какой-либо опыт в построение систем с высоким уровнем дефицита электропитания, обусловленного большой длиной проводных линий и электрическими потерями на их сопротивлении. Кроме того, требовалось организовать надёжные каналы связи между всеми элементами оборудования, резервного управления, команд сброса и сервиса системы. Из-за того, что значительная часть оборудования должна располагаться под землёй, а вокруг пещер рельеф достаточно сложен, для решения данной проблемы не подходил радиомост, как самое простое и эффективное решение.

В результате анализа, было решено использовать проводные системы связи.

Ключевыми факторами при выборе платформ являлось низкое энергопотребление и возможность работы платформ под управлением операционной системы Linux, что обеспечивает максимальную гибкость при удалённом управлении и обновлении программного кода.

Все получаемые данные должны были быть доступны исследователям Кулогорских пещер. Для реализации этой возможности, все данные было решено выгружать на мощный сервер хранения и обработки данных, который реализует доступ к ним по средством непубличного веб-сайта. Сам же сервер было решено расположить в одном из дата-центров Санкт-Петербурга. Обработка данных — достаточно ресурсоёмкая процедура. Одним из важнейших её элементов является создание timelapse видео файлов на основе фотографий, получаемых с фотопостов. Также в процессе обработки на видеоряд могут накладываться автоматически генерируемые субтитры с наиболее важными параметрами, что значительно облегчает анализ динамики изменений в пещерах и около них.

Работа комплекса организуется следующим образом:

- каждые 5 минут происходит снятие информации с датчиков и её занесение в источник данных для построения графиков;
- каждые 15 минут или реже, в зависимости от поставленных задач выполняется фотографирование с сохранением отчётов от всех датчиков в специальное хранилище;
- в случае необходимости, предусмотрена возможность прямой трансляции видеопотока с выбранного фото-метеопоста и его записи. Также предусмотрена возможность выполнения административных сервисных операций, очисти оптики камеры.

После определения схемы работы онлайн-системы мониторинга, её составных частей и точек мониторинга, начался процесс разработки. Этот процесс длился около года. Его особенностью стала необходимость проектировать «с нуля» главную плату приёма-передачи команд и управления питанием. В итоге проделанной работы первая очередь системы, включающая в себя три фотопоста и все необходимые сервисные системы, была введена в эксплуатацию 25 марта 2019 года. Её первым результатом стал ценнейший массив интервальных фотографий и показаний датчиков с точной временной привязкой, наглядно иллюстрирующий процесс прохождения паводка.

Онлайн-система мониторинга успешно выполнила возложенные на неё задачи, и в итоге было принято решение о начале работ над второй очередью, включающей в себя прокладку двух линий в пещеру К4 Водная и в сторону колодца пещеры К13 Кулогорская-Троя и установки соответствующих ведомых фотопостов.

Не обошлось и без происшествий. Как оказалось, атмосферное электричество способно выводить из строя некоторые элементы комплекса. Но даже после попадания молнии система продолжила функционировать, выполняя основные задачи, хотя и в несколько усеченном режиме. В марте 2020 года на территории размещения системы произошло непредвиденное событие: «нашествие» мышей. Некоторая часть кабельных коммуникаций была значительно повреждена грызунами, как на поверхности, так и в привходовых частях пещер. По этой причине было принято решение модернизировать систему — создать её второе поколение. В итоге были проложены бронированные оптические кабели, невосприимчивые к повреждению грызунами, вся электронная составляющая заменена на разработанную заново, высоко защищенную от атмосферного электричества электронику с применением микроконтроллеров в цепях управления, совместимую с оптическими линиями связи. В августе 2020 года все кабели были проложены, блоки первого поколения заменены и одновременно была развёрнута вторая очередь системы.

В марте 2021 года был завершен очередной этап модернизации. Он был связан с заменой части температурных датчиков первого поколения на прецизионные температурные датчики на основе платиновых сенсоров РТ1000 класса А с погрешностью не более 0,1 градуса Цельсия. Кроме того, были модернизированы ультразвуковые датчики расстояния, предназначенные для измерения с высокой точностью уровня воды в пещерах.

По итогу работы в период с августа 2020 года по март 2021 года благодаря системе мониторинга были обнаружены явления, о существовании которых ранее было весьма туманное представление, или оно отсутствовало вовсе. Первое такое явление — морозное пучение грунтов, которое удалось зафиксировать как визуально, так и измерить инструментально. Это также позволило измерить и мощность осадочных отложений на дне хода пещеры

Кулогорская-Троя в районе фото-метеопоста на Первом Перевале. Второе явление, которое пока не имеет однозначного объяснения — цикличное колебание уровней воды в некоторых частях пещеры, которое пока не удалось связать как с макроклиматическими событиями, так и астрономическими процессами.

По состоянию на 1 мая 2021 система работала в штатном режиме. Два раза в сутки на центральный сервер системы подгружались данные из пещеры. Данные содержали интервальную фотосъёмку, замеры с 25-ти термодатчиков, двух датчиков давления, трёх ультразвуковых датчиков уровня воды. Сервер формировал timelapse видео из кадров интервальной съёмки, сопровождая его субтитрами с временными метками и данными ключевых датчиков. Также существует возможность температурной аналитики. На сервере организован архив данных системы за весь период наблюдения, включая и предыдущие годы. Кроме того, ведутся работы по созданию системы гидродинамической аналитики, которая будет включать в себя, в том числе, и данные с поста гидрологического мониторинга на реке Пинега в деревне Кулогоры. Постоянно идут процессы модернизации программного обеспечения как самих фото-метеопостов, так и серверной части системы мониторинга

Отдельное новое направление работы — каскады контроллеров датчиков, которые можно разместить на расстояниях до километра от стационарного блока фото-метеопоста. Кроме того, начались работы над созданием фото-метеопостов третьего поколения. По плану новая аппаратура будет строиться на более новых, компактных и энергоэффективных микрокомпьютерах. Специально спроектированные корпуса будут включать негерметичную часть для компактного монтажа и коммутации оптоволоконных элементов, фотовольтаических преобразователей, различных кабельных портов и массы других ноу-хау, появившихся за последние годы работы над проектом.

Автор считает, что логичным продолжением проекта станет создание аналога системы мониторинга в условиях Горного Парка «Рускеала». Одна из главных задач на новом этапе — разработка методики работы системы для крупномасштабного туристического объекта, которая позволила бы не упустить ключевые моменты динамики подземного пространства и вписать такую систему в инфраструктуру Парка. Одна из наиболее необходимых функций этой системы в Горном парке — точечный мониторинг параметров температур внутри стен штолен и на их поверхности в местах тектонических нарушений. Назначение такого мониторинга — назвать точное время наступления «температурных качелей», которые приводят к многократному промерзанию и прогреву сводов в таких местах. Это позволит выявить время и дату мероприятий по проведению проверки безопасности таких зон, неизбежно встречающихся на туристическом маршруте в штольнях.

В ближайшей перспективе возможно рассмотреть подключение к системе мониторинга аппаратуры контроля сейсмических событий, фиксации пролёта летучих мышей, привязки к статическим маякам трещин скального массива... Полученный опыт открывает возможность разработки таких систем для других подземных экскурсионных объектов. А визуализация процесса мониторинга позволяет поднять медийную составляющую на новый качественный уровень.

В мае 2021 года прототип и уникальные возможности системы были представлены руководству Карельского НЦ РАН в Петрозаводске. В финале презентации было принято решение о старте сотрудничества в этом направлении. В июле 2021 года состоялась ключевая рабочая встреча в Горном парке «Рускеала». Стороны обсудили порядок и этапы работ. Начата подготовка проектной технической и административной документации. Результатом сотрудничества может стать превращение спелеомаршрута «Подземная Рускеала» в современную подземную научную лабораторию, эталонный объект познавательного спелеотуризма.

Литература

- 1. Юшко А.А., Минников О.А. Выявление эстетического потенциала подземных объектов // Спелеология и спелестология. Сборник материалов III Межд.науч.заоч.конференции. Набережные Челны: НИСПТР, 2012. С. 268-269, ISBN|ISSN: 978-5-98452-097-3, 2012.
- 2. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Комплексное развитие Горного парка «Рускеала» // Спелеология и спелестология. Сборник материалов III Межд.науч.заоч.конференции. Набережные Челны: НИСПТР, 2012. С. 263-265. ISBN|ISSN: 978-5-98452-097-3.
- 3. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Новый спелеологический экомаршрут «Подземная Рускеала» // Пещеры: сб. науч. тр. Пермь, 2017. Вып. 40. С. 103–114, ISBN 978–5–7944–1556–8, ISBN 978–5–7944–3003–5.
- 4. Артемьев А.Б., Юшко А.А. Новый спелеологический маршрут «Подземная Рускеала»: особенности эксплуатации и перспективы развития. // Изучение и использование естественных и искусственных подземных пространств и закарстованных территорий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции II Крымские карстологические чтения, Симферополь, 25-28 сентября 2018 г. Симферополь, 2018. С. 174 180.
- 5. Юшко А.А. К тайнам рускеальских глубин. // Геокультурное пространство Карелии: традиции, современность, перспективы. Материалы международной конференции (научно-деловой программы XIII Международного этнофестиваля «Земля Калевалы-2019»). 2019. С. 6–7.
- 6. Юшко А.А. Горный парк «Рускеала»: опыт научно-делового партнёрства. // Круглый стол «Республика Карелия: история, духовное и материальное наследие, этнокультурные традиции»; ред.-сост.: В.С. Головачёв, Л.В. Софян. М.: МДН, 2021. С. 8-18. ISBN 978-5-9247-0135-6.
- 7. Минников О.А. Опыт комплексного онлайн-мониторинга на спелеомаршрутах Карелии и Архангельской области // Круглый стол «Республика Карелия: история, духовное и материальное наследие, этнокультурные традиции»; ред.-сост.: В.С. Головачёв, Л.В. Софян. М.: МДН, 2021. С. 58-66. ISBN 978-5-9247-0135-6.

УДК 551.44

«АТЛАС ПЕЩЕР РОССИИ» - БЕСЦЕННАЯ КЛАДОВАЯ ФАКТИЧЕСКОГО НАУЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ПОЛОСТЕЙ

Натальин Н.А.

ЛООО «Сохранение природы и культурного наследия», г. Санкт-Петербург; kolpnigrik@mail.ru

Аннотация: В статье отмечена высокая научная значимость приведенного в «Атласе пещер России» добротного фактического материала. Показана возможность использования данных для усовершенствования генетической классификации естественных подземных полостей.

Ключевые слова: пещеры, генетическая классификация подземных полостей, гидросферные катастрофы, прорывы подпрудных озер, эворзия, кавитация, спиллвеи.

«ATLAS OF CAVES OF RUSSIA» IS AN INVALUABLE STOREHOUSE OF FACTUAL SCIENTIFIC MATERIAL FOR FURTHER IMPROVEMENT OF THE GENETIC CLASSIFICATION OF UNDERGROUND CAVITIES

Natalin N.A.

LOOO «Sohranenie prirodi i kulturnogo naslediya», Saint Petersburg; kolpnigrik@mail.ru

Annotation: The article notes the high scientific significance of the good factual material presented in the «Atlas of caves of Russia». The possibility of using the data to improve the genetic classification of natural underground cavities is shown.

Key words: caves, genetic classification of subterranean cavities, hydrospheric catastrophes, ruptures of dammed lakes, evorsia, cavitation, spillways.

В 2019 г. Русским географическим обществом издан «Атлас пещер России», подготовленный Российским союзом спелеологов. Это бесценная кладовая добротного авторского фактического материала по практически всем известным естественным полостям в Российской Федерации. Описания объектов авторы сопровождают очень качественными иллюстративными материалами - картами, схемами, графиками и фотографиями. Если достоверность текстового и графического материала полностью зависит от профессиональных навыков исполнителя, и несут его авторскую интерпретацию, то фотодокументация объектов позволяет читателю интерпретировать увиденное, по-своему, согласно его знаниям и опыту. А это, в свою очередь, позволит исследователям планировать полевые работы в те спелеопровинции, природные объекты которых, их заинтересовали. Поэтому обилие фотографического материала в Атласе, представляет собой большую научную цен-

ность, как в вопросах изучения подземных естественных полостей, так и в усовершенствовании принятой в Атласе генетической классификации пещер. Несмотря на принятую для авторов атласа генетическую классификацию естественных полостей, основной его объем все же занимает описание пещер по принципу географического районирования. Да и при описании пещер авторы часто не определяют для объекта генетическую принадлежность описываемой полости, возможно, оставляя это право искушенному читателю, способному произвести генетическую идентификацию по добротному фактическому авторскому материалу. Было бы понятней, если бы объекты описывались не по географическим спелеопровинциям, а по принадлежности к принятой в книге генетической классификации природных объектов.

Атлас начинается с генетической классификации подземных полостей, которые подразделяются на две группы - естественные и искусственные. В группе естественных полостей выделяются два класса - эндогенный и экзогенный. В классах выделены подклассы, которые в свою очередь делятся на типы. В экзогенном классе пещер выделено 8 подклассов, в которых выделено 15 типов подземных полостей. Самым распространенным на территории России считается карстогенный подкласс, включающий n x 10⁵ от общей численности естественных объектов. Стоило бы обратить особое внимание к выделенному в классификации флювиогенному подклассу. Представляется, что генетическая классификация этого подкласса разработана недостаточно полно. В этом, одном из важнейших флювиогенном подклассе выделено только два типа полостей - эрозионные и абразионные. Необходимо выделить самостоятельный эворзионный или эворзионно-кавитационный тип, как широко распространенный во многих спелеопровинциях, где происходили гидросферные катастрофы - прорывы подпрудных ледниковых озер покровных оледенений либо горных ледников. В результате гидросферных катастроф в "одночасье" сформировались грандиозные наземные полости - эворзионные чаши (исполиновы котлы) такие как озера Ая и Манжерок на Алтае и мн. др., а также величественные спилвеи – Тургайский, Босфор, Дарданеллы, Вуоксинский, Невский (Ивановский), "Иматранкоски", Гирвасский на р. Суна и мн. др. и конечно громадное количество подземных полостей - эворзионно-кавитационных пещер. Невозможно себе представить, что гидросферные катастрофы затронули только поверхностный рельеф. Конечно, должны были быть сформированы и подземные объекты этих масштабных и грандиозных событий.

В эворзионно-кавитационном типе полостей ведущую роль играют не химические процессы - коррозия, а механические - высверливание полостей обломочным материалом в сочетании с кавитационным разрушением скальных пород. Предполагаемое количество этих полостей – $n \times 10^3$, против $n \times 10^5$ коррозионного типа. Представляется, что часть объектов коррозионного

типа при доизучении объектов, войдут в эворзионно-кавитационный тип. Есть подземные полости в карбонатных породах без натечных образований, что свидетельствует об отсутствии химического растворения - коррозии, иначе, куда подевался растворенный карбонат кальция? А есть величественные пустоты со свисающими натечными формами. В этом случае происхождение полостей не обязательно коррозионное. Генезис полости может быть смешанным - эворзионно-кавитационным, связанным с гидросферной катастрофой на начальном этапе, и коррозионным, когда в механически сформированных полостях затем образуются натечные формы. Следовательно, в генетической классификации необходимо выделять и типы смешанного генезиса - например эворзионно-кавитационно-коррозионный. Если под слоем снятых натечных образований обнаруживается гладкая механически обработанная поверхность, возможно с кавитационными лунками, то это объект гибридного генезиса - эворзионно-кавитационно-коррозионный.

К пещерам эворзионно-кавитационного типа могут отойти природные объекты, несущие на стенах следы механической обработки (вращающиеся струи водных масс, содержащие обломочный материал различного гранулометрического состава) - сглаженные или полированные поверхности с кавитационными лунками. Поверхности полостей коррозионных объектов, сформировавшиеся за счет химического растворения, отличаются кавернозными поверхностями, прикрытыми зачастую натечными минералами. В «Атласе пещер России» описаны многочисленные объекты, стенки полостей которых несут следы механической обработки. Это система Култогорская, пещера Ломоносовская, пещера Голубинский провал Северо-Русской спелеопровинции, пещеры массива Соканлинна Балтийской спелеопровинции, пещера Баскунчакская Прикаспийской спелеопровинции, пещера Таврида спелеопровинции Горного Крыма, пещеры Сюрприз, Паряшая птица и Ледяной грот спелеопровинции Осевой зоны, пещера Шульган-Таш Западно-Уральской спелеопровинции, пещеры Фантазия и им. Королева Салаиро-Кузнецкой спелеопровинции, пещера Атгольская Западно-Саянской спелеообласти, система Кубинская-Гондурас Манско-Енисейской спелеообласти, система Ая-Рядовая Байкальской спелеопровинции, пещера Ботовская Ангаро-Ленской спелеопровинции, пещера Оннё Верхоянской спелеопровинции, пещера Стерегущее Копьё и Спасская Сихоте-Алиньской спелеопровинции. Изучение эворзионно-кавитационного типа подземных полостей значительно дополнит сведения об объектах, созданных масштабными послеледниковыми гидросферными катастрофами.

Литература

1. Атлас пещер России / Гл. ред. А.А. Шелепин. Русское географическое общ-во. Российский союз спелеологов. М., 2019. 768 с.

- 2. Натальин Н.А. "Исполиновы котлы" и "Мячи богов" образования одного генетического типа. В кн.: Геология в школе и вузе: Науки о Земле и цивилизация: Сб.докл. X Международной конференции/ Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. Спб.: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. С. 253 261.
- 3. Натальин Н.А. Эрозионные объекты карстового, суффозионного или кавитационно-эворзионного генезиса? В кн.: Геология в школе и вузе: Науки о Земле и цивилизация: Сб.докл. X Международной конференции / Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. Спб.: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. С. 67 71.

УДК 911.53[904::908:69.035](477.75)

ТИПОЛОГИЯ И КРАТКИЙ ОБЗОР ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Сохин М. Ю.

Русское общество спелестологических исследований (РОСИ), Москва, Россия E-mail: sokhinm@yandex.ru

Аннотация: В статье впервые сделана попытка типологии подземных выработок Керченского полуострова и районирования каменоломен, основанного на геологическом строении региона. Строительство большого количества подземных сооружений военного, культового и хозяйственного назначения производилось здесь с античности до настоящего времени.

Ключевые слова: искусственные подземелья, спелестологическая типология, спелестологическое районирование, Керченский полуостров.

TYPOLOGY AND BRIEF REVIEW OF UNDERGROUND MINES OF THE KERCHEN PENINSULA

Sokhin M. Yu.

Russian Society of Spelestological Research, Moscow, Russia

E-mail: sokhinm@yandex.ru

Abstract: An attempt to create the Kerch peninsula underground mine workings typology and quarries zoning, based on the region geological structure, is first published in this paper. A lot of underground structures of cult, military and utility purpose have been constructed here from antiquity till modern time.

Keywords: artificial underground cavities, spelestological typology, spelestological zoning, Kerch peninsula.

Начиная с античного времени и до современности люди, проживающие на Керченском полуострове, создавали искусственные подземные объемы или приспосабливали под текущие нужды более древние.

По своему функциональному назначению все подземные выработки можно разделить на 6 групп: подземные каменоломни; гидротехнические сооружения; погребальные сооружения (античные некрополи); фортификационные сооружения; хозяйственные сооружения и пещерные жилища. Кроме этих групп надо отметить полости неясного назначения и курьезные выработки.

Каменоломни представляют собой пильные горные выработки для добычи известняка-ракушечника. В начале XX в. здесь действовали десятки каменоломен, с общей протяженностью ходов в сотни километров.

Для понимания закономерностей в распространении каменоломен необходимо обратиться к геологическому строению Керченского полуострова. По геоструктурным особенностям его делят на три части: юго-западную, северную и юго-восточную, разделенные Парпачским гребнем. Северная часть осложнена многочисленными складками, образующими пять антиклинальных зон, чередующиеся с синклинальными прогибами. Наибольшее значение как строительный материал имеют ракушечные известняки меотического яруса, слагающие крылья синклиналей [9; 10]. Здесь производилась разработка известняка системами наклонных и горизонтальных штолен с оставлением целиков между ними. В результате образовались горные выработки, представляющие собой запутанные лабиринты штреков, расположенные в несколько ярусов, соединенные между собой шахтами и уклонами.

К северному крылу *Керченско-Салынской* синклинали приурочен ряд групп каменоломен:

Аджимушкайская группа каменоломен на территории пос. Аджимушкай. В настоящее время известно 10 горных выработок, 5 из которых превышают длину в 1 км. Большие (Центральные) Аджимушкайские каменоломни (8800 м); Малые Аджимушкайские (Еврейские) (около 12300 м); Быковские (10540 м); Вергопольские (11400 м); Дедушевы (более 1500 м) [4].

<u>Булганакская группа каменоломен</u> расположена в окрестностях с. Бондаренково. Известно 11 горных выработок, 5 из которых превышают в длину 1 км. *Каменоломня P-5* (1450 м); P-7 (13300 м); P-10 (более 1500 м); P-13 (2150 м); P-X (3350 м). Имеется еще несколько крупных выработок, часть из которых замыта, фрагментирована или не картирована [4].

Багеровская группа каменоломен. Наиболее протяженные из них приурочены к карьеру к северу от п. Багерово. *Каменоломня Багеровская-1* (более 18000 м) [4]; *Багеровская-2* (более 5000 м). Также в карьере и его окрестностях имеется еще несколько небольших выработок [6].

Караларские каменоломни расположены в 5 км севернее станции Чистополье, их протяженность 6300 м [4]. В округе есть и другие выработки. <u>Туркменские каменоломни</u> расположены в центральной части хребта Змеиный, к северу от бывшего аэропорта Керчь. *Туркменская-1* (Большая Гадючья) (2740 м); Туркменская-2 (Малая Гадючья) (55 м) [4].

На южном крыле *Керченско-Салынской синклинали* южнее с. Октябрьское, известна *Микояновская группа каменоломен*, включающая несколько выработок: *Октябрьская-1* (355 м); *Октябрьская-2* (170 м) [4], а также небольшие выработки *Восточно-Микояновских каменоломен*.

К северному крылу *Камыш-Бурунской синклинали* приурочены следующие каменоломни.

<u>Старокарантинская группа каменоломен</u> расположена на северной окраине микрорайона Аршинцево в г. Керчи. *Центральная Старокарантинская каменоломня* (37000 м); *Матроска* (6620 м) [4]; *Рабочка* (более 7 км). Также известно более десятка небольших, протяженностью до километра: Татарская (1000 м); Гаражная-1 (500 м), Придорожная (Малая Старокарантинская) (400 м) и др. Имеется ряд утерянных выработок.

<u>Оливинские каменоломни</u> расположены в 3-х км к северо-западу от Старокарантинских. *Каменоломня Оливинская-1* длиной около 3000 м.

<u>Ак-Бурунские каменоломни</u> находятся восточнее микрорайона Семь Ветров в Керчи. Имеют небольшие подземные выработки длиной до 120 м.

К южному крылу *Камыш-Бурунской синклинали* приурочены <u>Гурьевские (Ивановские) каменоломни</u> между пос. Приозерное и с. Ивановка. В настоящее время доступно около 10 фрагментов каменоломен, протяжённостью до 200 м.

К северному крылу *Кезинской синклинали* приурочены две группы каменоломен.

<u>Кезинские каменоломни</u> расположены на северо-западной оконечности Кезинского хребта. *Каменоломня Кезы-1* имеет длину 1025 м; известны еще две небольшие выработки [4].

На южном крыле *Кезинской синклинали* выходы известняка образуют хребет горы Граммофонной, в восточной части которого, находятся *Граммофоновские каменоломни*. Известны три выработки длиной 780, 530 и 350 м [4].

Осовинская синклиналь. В пос. Осовино на ул. Степной произошел провал грунта в каменоломню.

На восточном крыле *Опукской синклинали* расположены *Опукские ка-меноломни*. Протяженность выработки 790 м [4]. К юго-западу имеется еще одна небольшая каменоломня.

На северном крыле *Каменской синклинали* расположены *Ак-Монайские каменоломни*. Группа отдельных выработок протягивается примерно на 7,5 км между селами Каменское и Калиновка. Длина закартированных участков составляет около 19600 м [4], а общая может достигать 50 км [5].

Яковенковская синклиналь. <u>Яныш-Такильская группа каменоломен</u>, к юго-востоку от с. Заветное, представлена небольшими выработками, протяженностью до нескольких сотен метров.

<u>Петровская группа каменоломен</u> возле с. Ленинское, выпилена в сарматских известняках и не привязана к синклинальным структурам. Состоит из 9 отдельных выработок: Π -1 (1970 м); Π -3 (1120 м); Π -8 (около 1 км) и др. [4].

Гидротехнические сооружения в регионе сооружались с античного времени. В городах и сельских усадьбах рыли колодцы, обустраивали цистерны для сбора воды, каптировали природные источники. Примерами древних гидротехнических сооружений могут служить античные колодец в пос. Аджимушкай, иистерна на горе Митридат и, предположительно, водосборная галерея под Тиритакой. К более поздним относятся галерея у источника на западном склоне горы Хрони [1], водовод, снабжавший водой турецкую крепость Ени-Кале. Комплекс гидротехнических сооружений XIX-XX вв., расположенный на ул. Театральной в Керчи, включает в себя, кроме водосборных галерей и большого накопительного резервуара, случайно соединенные с ним подземные сооружения другого функционального назначения: двухуровневые подвальные помещения XIX в., белокаменный подвал XVIII-XIX вв. и фрагменты античных построек, перекрытые в XIX в. сводом. Общая протяженность ходов более 450 м [14]. В XIX вв. сооружаются водосборные Катерлезская галерея длиной 88 м в Керчи [8] и галерея у пос. Тасуново длиной 166 м.

Погребальные сооружения античных некрополей представлены грунтовыми склепами первых веков н. э. Самым обширным является некрополь Пантикапея, где на площади в 40 га расположено около 5000 склепов. Многие из них связаны между собой сбойками и грабительскими лазами и образуют сложные многоуровневые системы лабиринтов [11].

Фортификационные сооружения, относящиеся к XVIII-XX вв., по времени создания и принадлежности подразделяются на 3 подгруппы:

Система защиты и обеспечения крепостей.

Старая (Генуэзская) крепость Керчь (XV в.) стояла на территории современной площади Ленина в г. Керчи. Под площадью расположена сильно фрагментированная крупная потерна.

Новая (Ак-Бурунская) крепость Керчь (XIX в.) оборудована развитой сетью подземных и полуподземных сооружений: потернами, контрминными галереями, полуподземными и подземными казематами и капонирами, ка-

зармами, пороховыми погребами и т.д., общей протяженностью около 6 км. С северо-запада ее прикрывала *Малая крепость Керчь*, также с заглубленными подземными строениями и потернами, взорванными во время войны.

Комплекс искусственных подземных сооружений-казематов *передовых укреплений крепости Керчь* у микрорайона Семь Ветров. имеет протяженность 712 м [2].

<u>Подземные сооружения 2-й пол. XIX в.</u> – фортификационные сооружения, созданные военным инженером Цезарем Кюи.

<u>Подземные сооружения 1-й пол. XX в.</u> К ним относятся фортификационные сооружения, построенные в 1930–1940-х гг.

Батарея 29-БИС возле п. Челядиново состоит из 4-х артиллерийских блоков с подземными сооружениями, и командного пункта, соединенных между собой потерной [3].

Подземное сооружение «Штаб 51-й армии» на г. Митридат представляет собой систему бетонированных тоннелей, протяженностью более 80 м [13].

Подземный полевой госпиталь Эльтигенского десанта был вырыт во время боев в 1943 г.

Хозяйственные сооружения. В XIX в. в подпорных стенах оползневого склона горы Митридат, было заложено множество хозяйственных подваловмин, представляющих собой горизонтальные галереи длиной до 100 м и более, с полуциркульным сводом, высотой 2,0–2,5 м, шириной до 3,0 м, часто облицованные блоками ракушечника. В Керчи сохранился двухуровневый подвал, протяженность галерей которого составляет более 100 м [14].

Жилые помещения можно разделить на две группы: пильные выработки, пройденные в плотных известняках-ракушечниках, и рубленые выработки, пройденные в слабосцементированном известняке-ракушечнике. В свою очередь, выработки первой группы можно подразделить на *каменоломнижилища*, состоящие из одной или нескольких комнат и *ниши-спальни*, с имеющейся или отсутствующей фасадной стеной.

Пильные каменоломни-жилища представляют собой специально пройденные небольшие выработки, состоящие из нескольких забоев (комнат). Часто большие объемы камер разгораживались стенками из некондиционных блоков на более мелкие помещения. Рядом с крупными каменоломнями они порой образовывали целые «улицы», где рабочие каменоломен проживали многие годы с семьями.

Пильные ниши-спальни являются небольшими выработками, оснащенными лежанками и нишами для светильников. В карьере на мысе Ак-Бурун расположена ниша с монолитной фасадной стеной, в которой пропилены дверной и оконный проемы, сохранилось отверстие для дымохода.

К рубленым выработкам относится группа небольших помещений в обрыве у бывшего поселка Пятихатки, с выходами слабосцементированных ракушечных известняков. В них вырублены небольшие помещения весьма прихотливой формы. Протяженность каждой из них составляет 6–7 м.

Выработки неясного назначения представлены подземной полостью на горе Митридат, в виде грота размером 3×4 м и высотой около 2,5 м. Не исключено искусственное происхождение полости. Можно предположить, что в скале могло высечено культовое сооружение [12].

Курьезные выработки. В 2000 г. на горе Митридат в ходе археологических раскопок были вскрыт комплекс из 6 хозяйственных ям II—III вв., связанных между собой современными грабительскими лазами [7].

Литература

- 1. Белик Ю. Л. Крепости Керченского полуострова (XVII–XIX вв.) /Серия: Керченская старина. Вып. II/. Симферополь: Бизнес-Информ, 2018. 118 с.
- 2. Белик Ю.Л., Грек И.О., Климишина О.И. Передовые укрепления крепости Керчь. Подземные сооружения. // Спелеология и спелестология. Сборник материалов IV международной научной заочной конференции. Набережные Челны: НИСПТР, 2013. С. 211–215.
- 3. Белик Ю.Л., Симонов В.В. Фортификационные особенности 29-й артиллерийской батареи Керченского укрепленного сектора береговой обороны Черноморского флота СССР // Научный сборник Керченского заповедника. Вып. 1. К 180-летию Керченского музея древностей. Керчь: Фонд «Боспор», 2006. С. 357–378.
- 4. Грек И.О. Реестр каменоломен Керченского полуострова. Исследование каменоломен экспедициями клуба «Поиск» // Военно-исторические чтения. Вып. 4. Неизвестное становится известным. Симферополь: Бизнес-Информ, 2017. С. 85–96.
- 5. Грек И.О. Исследование искусственных пещер клубом «Поиск». Предварительные результаты. // Первая Всероссийская Спелестологическая Конференция. Город Старица, 20–22 июня 1997 г. Старица: РОСС, 1997. С. 7–10.
- 6. Долотов Ю.А., Сохин М.Ю., Грек И.О. Краткий обзор Багеровских каменоломен // Пещеры. Вып. 40. Пермь: ЕНИ ПГНИУ, 2017. С. 72–84.
- 7. Ермолин А.Л. Охранные исследования Керченского историко-культурного заповедника в 2000 г. (К вопросу о топографии античного Пантикапея) // 175 лет Керченскому музею древностей. Материалы международной конференции (27–29 июля 2001 г.). Керчь: БФ «Деметра», 2001. С. 83–87.
- 8. Кудрявцев Ф.Д. Опыт изучения водоснабжения и орошения в Феодосийском уезде Таврической губернии. Одесса: Славянская типография И. Хрисогелос, 1894. 48 с.
- 9. Муратов М.В. и др. /ред./ Геология СССР. Т. VIII. Крым. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1974. 208 с.
- 10. Муратов М.В. и др. /ред./ Геология СССР. Т. VIII. Крым. Часть 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1969. 576 с.
- 11. Сохин М.Ю. Изучение «новой системы» подземного некрополя Пантикапея // Древности Боспора. Вып. 5. М.: ИА РАН, 2002. С.241-259.
- 12. Сохин М.Ю. Пещера горы Митридат // Спелестологический Ежегодник РОСИ 1999. М.: РОСИ; РОСС, 1999. С. 58.

- 13. Сохин М.Ю. Подземное сооружение "Штаб 51-й армии" на горе Митридат // Спелеология и спелестология. Сборник материалов X международной научной заочной конференции. Набережные Челны: НГПУ, 2019.
- 14. Сохин М.Ю. Подземный комплекс старинных гидротехнических сооружений в г. Керчи // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества. Вып. 10. Краснодар: Платонов, 2018.
- 15. Сохин М.Ю., Парфенов А.А. Каменоломни горы Ташкалак // Ежегодник 2001. /Серия: Спелестологические исследования РОСИ. Вып.3. М.: РОСИ, 2002. С. 111–124.

УДК 622.016:81.373.21(1-924.71)

РЕВИЗИЯ НАЗВАНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Сохин М. Ю., Долотов Ю.А.

Русское общество спелестологических исследований, Москва, Россия; sokhinm@yandex.ru, dolotov@yandex.ru

Аннотация: Топонимика искусственных подземных полостей (спелестонимов) изучена слабо, поскольку названия объектов в основном являются микротопонимами, неизвестными за пределами местности. В этой статье были пересмотрены названия известных подземных карьеров Керченского полуострова, их внешний вид был очищен. Также было проверено, какие из существующих названий являются оптимальными для описываемых карьеров. Авторы попытались восстановить оригинальные названия или дать карьерам географически обоснованные исследовательские названия.

Ключевые слова: искусственные подземелья, подземные карьеры, катакомбы, Керченский полуостров, топонимы, спелеонимы.

REVISION OF THE NAMES OF UNDERGROUND MINING WORKS OF THE KERCHEN PENINSULA

Sokhin M. Yu, Dolotov Yu.A.

Russian Society of Spelestological Research, Moscow, Russia; sokhinm@yandex.ru, dolotov@yandex.ru

Abstract: The artificial underground cavities toponymy (spelestonyms) is poorly studied because the objects names are mostly microtoponyms, unknown abroad the locality. Known Kerch peninsula underground quarries names were revised in this paper, their appearance was cleared. It was also checked which of the existing names are optimal for the described quarries. The authors tried to restore original names or give the quarries geographically grounded research names.

Keywords: artificial undergrounds, underground quarries, catacombs, the Kerch peninsula, toponyms, speleonyms.

Подавляющее число названий спелестологических объектов (горных

выработок и подземных архитектурных сооружений) является микротопонимами и до сих пор почти не попадали в поле зрения ученых-топонимистов. По аналогии со спелеонимами, к их названиям можно применить термин «спелестоним».

Целью данной работы является ревизия известных названий подземных каменоломен Керченского полуострова, выявление их происхождения, и определение, какой из вариантов существующих названий для данной каменоломни является оптимальным.

В истории развития топонимии керченских каменоломен можно выделить три этапа.

Первый этап — период деятельности каменоломен как предприятий по добыче камня, которые получали рабочие названия (эргонимы). Названия крупных разработок (шахтных полей) являлись ойкотопонимами. На уровне отдельных выработок преобладали антропотопонимы, от имени владельца земли или арендатора. В советское время продолжали использовать старые наименования шахтных полей и каменоломен, и давали новые, основанные на реалиях и событиях этого времени. Для штолен и шахт использовалась техническая нумерация.

Второй этап приходится на время, когда каменоломни уже были заброшены и их рабочие названия стали забываться. Им на смену приходили местные названия (микротопонимы), даваемые бессистемно.

Спелестонимы этих двух этапов можно отнести к историческим. К сожалению, исторические названия отдельных каменоломен в начальный период разработки не выявлены. Сохранились и известны нам лишь более поздние топонимы.

Третий этап связан с периодом исследования каменоломен, начавшегося в 1970-е гг. С этого времени появляются *исследовательские названия*, данные при изучении выработок.

Исследования Керченских каменоломен начали члены одесского клуба «Поиск». Найденные ими каменоломни получали учетные индексы (буква Р с порядковым номером), а также условные и/или постоянные названия. По результатам работ спелеоклубом «Поиск» был составлен реестр каменоломен Керченского полуострова. К сожалению, одесситы иногда легкомысленно относились к наименованию обнаруженных ими объектов. Данные объектам имена часто не учитывали ни устоявшейся местной топонимии, ни исторических названий. Другие исследователи также не избежали ошибок в наименованиях выработок.

По нашему мнению, названия, данные без учета местной истории и топонимии, то есть вследствие ошибок, неполноты имевшейся информации или случайным образом, требуют уточнения и исправления.

Список выработок дан в соответствии с их расположением на крыльях

крупных структурно-геологических элементов — синклиналей и антиклиналей. При перечислении названий каменоломни в начале указывается оптимальное (правильное историческое или рекомендуемое исследовательское название), в скобках — неправильные или менее точные варианты названий.

Каменоломни Осовинской синклинали (Осовинские каменоломни) в с. Осовины являются исследовательским ойкотопонимом. Также в этом районе известны пещеры неясного происхождения *Куба* (Гайдамацкая, Юргаков Кут, Куль-Оба) и Панская Скеля.

Каменоломни Баксинской синклинали (*Баксинские каменоломни*) около с. Глазовка (бывш. д. Баксы), сохранили историческое рабочее название. Отдельные выработки нумеруются: *Баксинская-1 -2, -3, -4, -5*.

Каменоломни Кезенской синклинали.

Ташкалакские каменоломни на горе Ташкалак; это обобщающее название нескольких групп выработок. *Чокракская каменоломня* (*Ташкалак-1*, *Мама Русская*) — историческое рабочее название. *Бабчикские каменоломни* (*Ташкалак -2*, *-3*, *-4*, *-5*) — историческое рабочее название. Предлагается использовать исторический местный ойкотопоним с исследовательской нумерацией: *Бабчикская-1*, *-2*, *-3*, *-4*.

Кезенские (Кезанские; Кезинские; Кезы) каменоломни у бывш. д. Кезы – историческое рабочее название. Отдельные выработки нумеруются: например, *Кезы*-1.

Граммофоновские каменоломни расположены к северу от п. Багерово. Это историческое рабочее название – антропотопоним.

Собачья каменоломня находится к западу от горы Собачья. Это исследовательский оротопоним.

Каменоломни Керченско-Салынской синклинали.

Аджимушкайская группа каменоломен расположена на территории пос. Аджимушкай. Её особенность — уникальная сохранность топонимии. Практически все выработки сохранили свои исторические рабочие названия. Эти топонимы в старину были объединены общим понятием Аджимушкайские каменоломни. Здесь встречаются следующие эргонимы: Малые Аджимушкайские (Еврейские, Старожидовские), Центральные или Большие Аджимушкайские, Печечные (Печенские), Дедушевы (Дедушевские), Тубольцева, Быковские, Вергопольские, Церковные и Теплые, Негреевские (Негроевские), Наружные и Поддикарные у Царского кургана.

Булганакская группа каменоломен расположена в окрестностях с. Бондаренково (бывш. Булганак). Исторические названия выработок неизвестны. Исследовавшие их члены «Поиска» ограничились присвоением учетных индексов: *P-5*, *P-7*, *P-10*, *P-13* и т.д.

Катерлезская каменоломня в с. Войково (бывшая д. Катерлез) – исследовательский ойкотопоним.

Палопанские каменоломни (Гадючьи или Туркменские) на склоне горы Палопанской. Предлагается использовать оротопонимы *Палопанская-1* и *Палопанская-2*

Каменоломня Безымянная расположена на склоне горы Безымянной; название является исследовательским оротопонимом.

Багеровская группа каменоломен в пос. Багерово. Исторический топоним для группы выработок. Названия с порядковыми номерами даны исследователями: *Багеровская-1,-2, -3, -4, -5, -6, -7*.

Караларские (Каралавские, Каролавские, Кароларские) каменоломни — собирательное название для шахтных полей севернее с. Чистополье. Большая Караларская каменоломня — историческое рабочее название. Каменоломни, обозначенные в одесском реестре, как Krlr-3, -4, -5 — удобней было бы именовать Караларская-3, -4, -5. Для каменоломни Джейлавская (Саморуковская, Малая Караларская) — предлагается использовать исторический ойкотопоним.

Исторические *Новокарантинские каменоломни*, видимо, находились в районе Карантинного мыса.

Литвинские *(Митридатские) каменоломни* на горе Литвинская (Долгая Скала). Предлагается исследовательский урботопоним.

Бигельские каменоломни (Восточно-Микоянские) у с. Октябрьского. Предлагается называть две выработки по ущелью, в котором они расположены – *Бигельская-1* и -2.

Микоянские каменоломни (Октябрьские) у села Октябрьское. Предлагается использовать исторический местный ойкотопоним с исследовательской нумерацией: *Микоянская-1*, *-2*, *-3*.

Кушайресинские выработки — исследовательское название искусственных гротов в Кушайресинском ущелье.

Андреевская каменоломня у бывш. с. Андреевка — исследовательский ойкотопоним, но может оказаться и историческим.

Каменоломни Камыш-Бурунской синклинали.

 $A\kappa$ -Бурунская группа каменоломен в районе мыса $A\kappa$ -Бурун — исследовательское название. Отдельные выработки нумерованы, например: $A\kappa$ -Бурунская-1 (Маяк).

Старокарантинская группа каменоломен на северной окраине микрорайона Аршинцево. Включает в себя:

Городская и *Новогородские каменоломни* – исторические рабочие названия, известные по документам, но идентифицировать выработки не удается.

Центральная (Большая) Старокарантинская каменоломня. Название Старокарантинская является историческим, элемент *Центральная* – поздний

исследовательский.

Каменоломни Лисичка и *Фроськина* имеют местные исторические названия, однако последнее может быть и рабочим.

Небольшие каменоломни по Феодосийскому шоссе получали исследовательские названия вида *Феодосийское шоссе*, 48, по номерам владения.

Каменоломня на Улице Зябрева – условный исследовательский годотопоним.

Каменоломня Скала-1- исследовательский годотопоним.

Каменоломня Звездочка – местное историческое название.

Каменоломни Телецентр -1, -2 и т.д. – исследовательские названия.

Kаменоломни Γ аражная-1 и Γ аражная-2a — исследовательские названия.

Каменоломня Юз-Обинская (Старокарантинская-2; Малая Старокарантинская); предлагается исследовательский годотопоним.

Каменоломня Татарская – исследовательское название (этнотопоним).

Каменоломня Краснопартизанская или Партизанка (Оливенская; Оливецкая; Матроска) — предлагается использовать историческое местное название.

Каменоломня Рабочка (Троицкая; Штольни №10 и №11) — предлагается использовать устоявшееся местное историческое название.

Каменоломня Матроска – местное историческое название.

Каменоломня Жучка – местное историческое название.

Оливинские каменоломни (Оливенские; Александровские Скалы) западнее Старого Карантина. Является историческим антропотопонимом.

Александровские каменоломни (Александровские Скалы) севернее бывш с. Александровка. Название является историческим ойкотопонимом.

Гурьевские каменоломни (Гурьевские Скалы, Чурубашские) между с. Приозерное и с. Ивановка. Это историческое название группы выработок – антропотопоним. Отдельные выработки названий не имеют. Предлагается использовать исследовательскую нумерацию: *Гурьевская-1, -2, -3 и т.д.*

Гурьевские флюсовые штольни состоят из двух групп — Старых Шахт и Новых Шахт (местные названия).

Каменоломни Яковенковской синклинали в районе с. Заветное (бывш. Яныш-Такиль). *Яныш-Такильские (Заветнинские) каменоломни* — исследовательский ойкотопоним.

Каменоломни Опукской синклинали на горе Опук – *Опукская-1* и *-2*. Эти оротопонимы общеприняты.

Каменоломни Ленинской синклинали: Петровские каменоломни (Петровская Скала, Ленинская Скала) у с. Ленинское (бывш. Петровское) – историческое название. В одесском реестре используется исторический местный ойкотопоним с исследовательской нумерацией: Петровская -1, -2, -

3 и т.д. Чокульская каменоломня у с. Виноградное является исследовательским названием.

Каменоломни Каменской антинклинали: *Ак-Монайские каменоломни* у с. Каменское (бывшее с. Ак-Монай). Исторические названия отдельных каменоломен неизвестны. В одесском реестре, картированным выработкам присваивались учетные индексы и исследовательские названия Ак-Монайская с номером. В отчете 1894 г. раздельно упоминается добыча камня при д. Ак-Монай и при д. Огуз-Тепе. В таком случае, следовало бы назвать восточный фланг полосы разработок Огуз-Тепинскими каменоломнями,

Помимо перечисленных, на картах РККА обозначены подземные выработки на Эльтиген-Ортельской и Новониколаевской синклиналях, и а также на Парпачском хребте, о состоянии которых сейчас нет сведений.

В данной работе впервые предпринята попытка упорядочения вариантов названий каменоломен Керченского полуострова. Авторы постарались восстановить исторические названия или дать географически обоснованные исследовательские наименования каменоломен. Исторические географические названия, в том числе и каменоломен, являются памятниками истории и важным источником сведений о прошлом.

УДК: 551.44

РАДОН В ЭКСКУРСИОННЫХ ПЕЩЕРАХ КРАСНАЯ И СКЕЛЬСКАЯ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРСОНАЛА И ЭКСКУРСИОННЫХ ГРУПП

Федоров А. С.¹, Кочетков С. Н.², Мазина С. Е.^{1,3}

- 1 Российский университет дружбы народов, Москва, Россия; ant.fed.w@yandex.ru
- 2 Московский геологоразведочный институт имени С. Орджоникидзе, Москва, Россия; grotspeleo@gmail.com
- 3 МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; conophytum@mail.ru

Аннотация: В настоящее время не уделяется достаточного внимания радиационной безопасности экскурсионных карстовых пещер. Интерес прежде всего представляет радиоактивный газ радон, который может накапливаться в подземных полостях. В рамках исследования на примере двух экскурсионных пещер Крымского полуострова был произведён анализ активности радона и его дочерних продуктов. На основе полученных данных был произведён расчёт безопасного времени пребывания на объектах.

Ключевые слова: радон, пещеры, карст, радиоэкологическая безопасность.

RADON-222 IN THE EXCURSION CAVES KRASNAYA AND SKELSKAYA. SAFETY OF STAFF AND TOURISTIC GROUPS

Fedorov A. S.¹, Kochetkov S. N.², Mazina S. E.^{1,3}

- 1 RUDN, Moscow, Russia; ant.fed.w@yandex.ru
- 2 MGRI, Moscow, Russia; grotspeleo@gmail.com
- 3 MSU, Moscow, Russia; conophytum@mail.ru

Abstract: Currently there is a huge gap in the knowledge of radioecological safety in touristic karst caves. Radon is considered to be the main problem. Being an inert radioactive gas, it can accumulate in pure ventilated underground areas. As a part of a recent study activity of the radon and affiliated emitters was measured in two caves, which are evaluable for excursions. Based on the obtained data, the time of the harmless stay in each cave was calculated.

Keywords: radon, caves, karst, radioecological safety.

Введение

В последние годы значительно усилился интерес к посещению пещерных систем. Развитие туризма и возможностей снаряжения делает всё большее количество пещер доступными для посещения. Наибольшую нагрузку несут экскурсионные пещеры. Рост антропогенной нагрузки и отсутствие на сегодняшний день каких-либо документов, нормирующих посещение, формирует основу актуальности исследования данных объектов экологами.

Другим аспектом, обуславливающим интерес экологов к карстовым пещерам, является их потенциальная радиационная опасность для посетителей. Радон-222 — радиоактивный газ, являющийся одним из многочисленных продуктов распада элементов урановой группы. Радон является инертным газом, что обуславливает его высокую мобильность и возможность восхождения из недр Земной коры через пористые породы (известняк) и трещины к поверхности, и накопление в замкнутых помещениях и подземных полостях. Таким образом, карстовые пещеры, ввиду своей морфологии, могут представлять опасность для человека. Кроме того, радон является α-излучателем, что делает невозможным его анализ с помощью наиболее массовых бытовых дозиметров и требует особого подхода.

Опасность для человека может быть выражена в рамках индивидуального или коллективного риска. В качестве индивидуального риска берётся вероятность заболевания или гибели человека в единицу времени (стохастические эффекты) [2]. Коллективный риск применим для районов или групп населения и является вероятностью поражения определённого количества людей [1]. Для посетителей пещер целесообразнее использовать параметр индивидуального риска. Критерии уровней индивидуального риска указаны в таблице 1 [5].

Таблица 1

Критерии уровней риска

Критерий приемлемости	Величина риска
Неприемлемый риск	$\geq 1 \cdot 10^{-3}$
Приемлемый риск для профессиональных групп	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
Приемлемый риск для населения	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$
Пренебрежимый риск	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$

Большое количество радиоэкологических исследований пещер проведено в Китае. Например, в 11 карстовых пещерах, открытых для туристов в провинции Гуйчжоу обнаружена активность радона в диапазоне от 11,5 и 5076 Бк/м³ [11]. В обзорах, обобщающих сведения по пещерам разных регионов указаны и более высокие концентрации [8, 9].

В Российской Федерации радиоэкологические исследования как правило проводятся неаттестованными приборами и носят фрагментарный характер, однако в последние годы проведен ряд исследований пещер РФ [7].

Целью данного исследования была радиоэкологическая оценка экскурсионных маршрутов пещер Скельская и Кизил-Коба, расположенный на Крымском полуострове.

Объекты исследования

Пещера Скельская расположена на южном склоне отрога Ай-Петринского массива и имеет статус памятника природы с 1947 года. На объекте с 2003 года оборудован экскурсионный маршрут. Полость коррозионногравитационного типа, заложена по тектоническому нарушению. Пещера Красная или Кизил-Коба находится в Симферопольском районе. Пещера является источником, считается одной из самых крупных пещер в Крыму, заложена в верхнеюрских известняках. Первый экскурсионный маршрут был оборудован в 1990 году. Пещера имеет оборудованный маршрут и постоянно эксплуатируется в качестве экскурсионного объекта [1].

Методы исследования

В рамках исследования были произведены: оценка средней объемной активности (ОАР, Бк/м³) радона-222 с помощью пассивных детекторов комплекта аппаратуры ТРЕК-РЭИ-1м; оценка интегральных показателей гаммафона с использованием дозиметров с ТЛД (термолюминисцентный детектор); расчёт риска однократного посещения, расчёт оптимального времени нахождения сотрудников на объектах.

Параметром оценки опасности радона в нормативных документах служит эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА), которая вычисляется на основе ОАР, исходя из параметров объекта. В общем случае коэффициент (коэффициент равновесия) варьирует от 0,43 до 0,55. Так, согласно СанПиН 2.6.1.2800-10, среднегодовая эквивалентная равновесная объём-

ная активность изотопов в помещении не должна превышать 200 Бк/м³. В таком случае допускается неограниченное пребывание в помещении [6].

Дозиметры экспонировались на основных участках экскурсионных маршрутов в пещерах Кизил-Коба (Красная) и Скельская в 2019-20 годах. Для анализа гамма-фона использованы данные многолетних замеров в пещере Красная и данные замеров в сентябре 2019 года в пещере Скельская. Датчики были равномерно распределены по маршруту, всего выделено по пять точек наблюдений в каждой пещере.

Все детекторы имели соответствующие сертификаты и были допущены к использованию на территории Российской Федерации. Измерения, произведённые такими приборами, имеют юридическую силу.

В соответствии с рекомендацией международной комиссии по радиологической защите (International Commission on Radiological Protection, ICRP) для расчета эффективной дозы на единицу экспозиции радона и его дочерних продуктов [10], был использован коэффициент преобразования примерно 20 мЗвВт/мин, который рекомендуется для рабочих в туристических пещерах и для расчета WLM по формуле:

$$WLM = \frac{\sum (C_{Rn}Ft)}{3700Bqm^{-3}x170h}$$

где C_{Rn} - это уровень радона, измеренный в пещере, F - это равновесный фактор и t - время, проведенное в пещере, использованный коэффициент равновесия был 0,4.

Индивидуальный пожизненный риск возникновения стохастических эффектов определялся как:

$$r_{ic} = \int_{0}^{\infty} p_i(E) \times r_E \times E \times dE$$

где r_{ic} , - индивидуальный пожизненный риск, E - индивидуальная эффективная доза, $p_i(E)xdE$ - вероятность для i-го индивидуума получить годовую эффективную дозу от E до E+dE.

Результаты

В результате проведённого исследования были получены данные эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) на экскурсионном маршруте двух экскурсионных пещер: Кизил-Коба (Красная) пещера и Скельская. В обоих пещерах было выявлено превышение ЭРОА на экскурсионном маршруте (таблица 2). Это требует нормирования времени прибывания там экскурсоводов, однако для посетителей такие значения ЭРОА опасности не представляют, ввиду малого времени нахождения в пещере и разового характера посещений.

Таблица 2 Результаты статистической обработки данных. Средние значения для экскурсионных маршрутов пещер Красная и Скельская

	объемная а	я равновесная активность к/м ³ ЭРОА	Объёмная активность, ОАР, Бк/м ³ ОАР		
	Красная	Скельская	Красная	Скельская	
Среднее	397,4	475,6	795,4	951,6	
Стандартное отклонение	180,12	160,99	360,16	322,51	
Медиана	477	508	954	1061	

Применённый метод позволяет получать данные с ошибкой менее 10%. Такая точность достигнута за счёт продолжительности измерений, в то время как классический мониторинг чаще всего ограничивается разовыми периодическими измерениями.

Мощность эффективной дозы внешнего гамма-излучения в пещере Красная составила 0.19 ± 0.16 мкЗв/ч (n=114); в пещере Скельская 0.12 ± 0.04 мкЗв/ч (n=25). Предельно допустимая доза для рабочих помещений составляет 2.5 мкЗв/ч, таким образом превышения допустимого гамма-излучения не выявлено.

Для однократного посещения обоих пещер риск (r_{ic}) составляет менее $2\cdot10^{-5}$. Сохранение такого уровня риска соблюдается при условии однократного посещения продолжительностью менее 8 ч. Оптимальное время нахождение сотрудников в пещерах Красная и Скельская составляет 2,5 и 2,4 часов в сутки соответственно.

Благодарности: авторы благодарят Турбанова И.С., Науменко В.Г. и Токарева С.В. за помощь в организации исследований.

Литература

- 1. Булгару М.А, Киримов Б.Э., Исаенко О.В. История и эколого-технические особенности оборудования карстовых пещер Крыма для туристических целей // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь, 2014. С. 103–107.
- 2. Бурдаков Н.И., Кульба В.В., Назаренко В.М. Концепция стратегического управления техногенным и природным риском в регионе. М.: ВНИИТ, 1992.
- 3. Ковалев Е.Е. Контрольные уровни обеспечения радиоэкологической безопасности населения г. Москвы. М.: ГУП Мос НПО «Радон», 2008. С. 3-20.
- 4. Киселев С.М., Жуковский М.В. Современные подходы к обеспечению защиты населения от радона. Международный опыт регулирования // Радиационная гигиена. 2014. Т.7 (4). С. 48–52.

- 5. P2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. 2004. С. 143.
- 6. СанПиН 2.6.1.2800-10 Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. 2011.
- 7. Экологическое и гигиеническое обследование пещер / Кочетков С.Н., Бельских Ю.С., Спасенов А.Ю., Мазина С.Е. // Сборник трудов школы-конференции молодых учёных «Ильинские чтения», Москва, октябрь 2019. С. 32-33.
 - 8. Cigna A.A. Radon in caves // Int. J. Speleol, 2005. V. 34 (1-2). P. 1-18.
- 9. Hakl, J., et al. Radon transport phenomena studied in Karst caves-international experiences on radon levels and exposures // Radiat. Meas., 1997. V. 28 (1). P. 675–684.
- 10. Paquet F., Etherington G., Bailey M. et al. Occupational Intakes of Radionuclides // Annals of the ICRP, 2015. V.44. N.2.
- 11. Shen G. Radon concentration in scenic karstic caves in Guizhou Province // J. Guizhou Univ., 1988. V.5. N.4. P. 295–299.

УДК 549.905.1

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ЭОПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ КОСТЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕЩЕРЫ ТАВРИДА (ПРЕДГОРНЫЙ КРЫМ)

Червяцова $O.Я.^1$, Тищенко $A.И.^2$, Потапов $C.C.^3$, Касаткин $A.B.^4$, Токарев $C.B.^2$, Амеличев $\Gamma.H.^2$

 1 ФБГУ «Государственный природный биосферный заповедник «Шульган-Таш», д. Иргизлы, Башкортостан, Российская федерация; kittary@yandex.ru

²ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация

 3 Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс, Российская федерация; $s_almazov@74.ru$;

⁴Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, г. Москва; kasatkin@inbox.ru

Аннотация: Эоплейстоценовые отложения пещеры Таврида относятся к микститам, алевропелитам, алевритовым пескам. В них обильно развита аутигенная минерализация, связанная с диагенезом органического вещества, представленная минералами класса фосфатов, сульфатов, карбонатов, оксидов и галогенидов.

Ключевые слова: эоплейстоценовые отложения, фосфаты, сульфаты, гуано.

EPIGENETIC MINERALIZATION IN EOPLEISTOCENE BONE-RICH SEDIMENTS OF THE TAVRIDA CAVE (CRIMEAN PIEDMONT)

Chervyatsova O.Ya.¹, Tishchenko A.I.², Potapov S.S.³, Kasatkin A.V.⁴, To-karev S.V.², Amelichev G.N.²

Аннотация: Eopleistocene deposits of the Taurida Cave belong to mixites, aleuropelites, and silty sands. Authigenic mineralization is abundantly developed in them, associated with diagenesis of organic matter, represented by minerals of the class of phosphates, sulfates, carbonates, oxides and halides.

Ключевые слова: Eopleistocene deposits, phosphates, sulfates, guano.

Пещера Таврида, обнаруженная при строительстве одноимённой федеральной трассы в июне 2018 г, представляет собой объект крымского гипогенного карста, формировавшегося в палеоартезианских условиях, при восходящем перетоке напорных вод из нижнемеловых терригенных отложений (мазанская свита) в вышележащие эоценовые известняки [1, 11]. Она является одним из древнейших на территории РФ пещерных местонахождений ископаемой фауны, содержащим костные остатки эоплейстоценового возраста: поздний виллафранк, псекупский горизонт, зона MNQ 18, абсолютная датировка в диапазоне 1,5-1,8 млн. лет [3]. Помимо хищников, пещера использовалась крупными колониями летучих мышей. По опубликованным данным, рукокрылые заселились в пещеру раньше хищников, но находились в ней и на всех последующих этапах накопления тафоценоза [4].

Описание стратиграфии и литологии рыхлого заполнителя, выполненное по материалам изучения 8 разрезов, расположенных в разных частях пещеры, приводится в предыдущей публикации авторов [5]. Мощность костеносных эоплейстоценовых отложений в изученных разрезах составляет от 20 до 130 см. По гранулометрической классификации [2], они относятся к микститам, алевропелитам, алевритовым пескам. Отложения накапливались в суабэральных условиях. В их составе принимают участие гравитационно переотложенные карстогенно-флювиальные осадки активных стадий развития пещеры и аллогенный материал кор выветривания известняков на поверхности мас-

¹State Natural Biosphere Reserve "Shulgan-Tash", Irgizly, Bashkortostan, Russian Federation; kittary@yandex.ru

² V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

³Institute of Mineralogy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Miass, Russian Federation; s almazov@74.ru;

⁴ A.E. Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, kasatkin@inbox.ru:

сива, поставляемый в полости суффозионным путем через трещины и зоны кавернозности. Основными литогенными компонентами являются микроблоки аргиллитизированной глины (подверженные вторичным эпигенетическим изменениям в виде диффузной окраски соединениями марганца и железа, цементации и обрастанию апатитом, сидеритом и др.), зёрна кварца, калиевых полевых шпатов, глауконита (часто сцементированные апатитом в агломераты). В некоторых разрезах преобладает карбонатный обломочный материал, переотложенный из кор выветривая известняков. Для него наблюдается тенденция к замещению апатитом (апатитовый метасоматоз). Так же встречаются обломки распространенных во вмещающих породах пещерного массива железорудных проявлений [11].

Зоогенные компоненты представлены погребенным гуано летучих мышей, костным детритом и копролитами мелких и крупных животных. На участках распространения гуано наблюдается коррозия костного детрита и обрастание вторичным апатитом, в некоторых случаях — полное им замещение (рис. 1, а).

Среди вторичных минералов наиболее распространены фосфаты, среди которых преобладает апатит. Выявлено несколько текстурных типов фосфоритов — порошковато-землистые массы и «гнёзда» в толще отложений (рис. 1, б), одиночные кристаллы апатита (рис. 1, в), брекчиевидные фосфориты (рис. 1, г) и контактово-метасоматические каймы по глыбам известняков и коренным стенкам, а так же обособленные макроагрегаты апатита (рис. 1, д) и витлокита (рис. 1, е). Мощность брекчиевидных фосфоритов в некоторых разрезах может достигать 50 см. Изучение в петрографических шлифах показало, что они образованы путем замещения и цементации апатитом обломков известняка, при этом содержат в себе аллогенные зёрна кварца, полевого шпата, глауконита. Для обособленных макроагрегатов апатита (реже – витлокита) характерно микроглобулярное, микропластинчатое, кристаллическизернистое, колломорфное и реже - корковидное строение. Микроскопические наблюдения позволили выявить теневые структуры костной ткани позволяющее предположить, что эти агрегаты образованы по костному детриту.

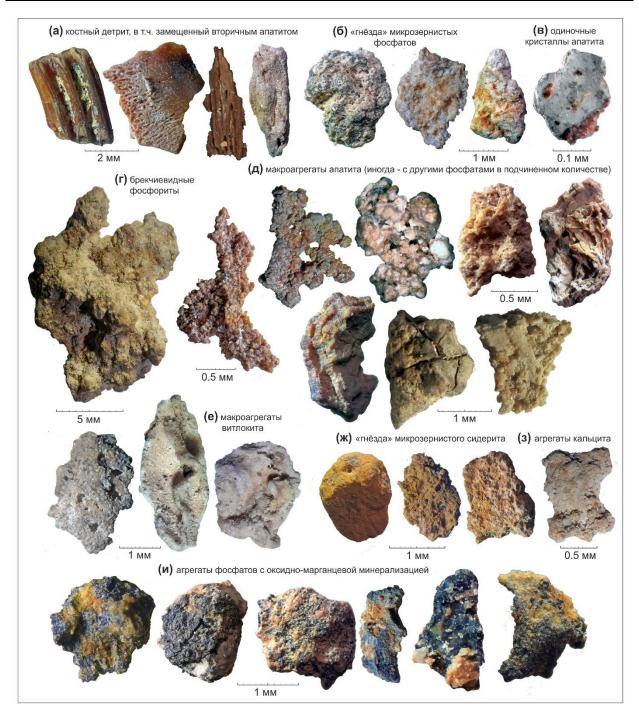


Рисунок 1 — Сохранность костного детрита и типичные проявления эпигенетической минерализации в костеностных отложениях эоплейстоценового возраста.

Типичная микроморфология фосфатных минералов показана на рис. 2. Наличие колломорфных (рис. 2, а) и окристаллизованных (рис. 2, б) типов апатита интерпретируется как результат первичного осаждения фосфата кальция из коллоидных растворов в виде аморфных гелей, являющихся источником вещества для устойчивых окристаллизованных форм [9]. Наиболее

распространен CO_3 -содержащий гидроксилапатит с изоморфными примесями Na~(0,06-0,13~ф.к.), C~(0,09-0,31~ф.к.), CI~(0,18-0,21~ф.к.). Эти примеси отражают изоморфные замещения, связанные с диагенезом — за счет обмена с карстовыми водами и окружающими субстратами. Менее распространен фторапатит, где источником F мог быть костный или дентальный материал.

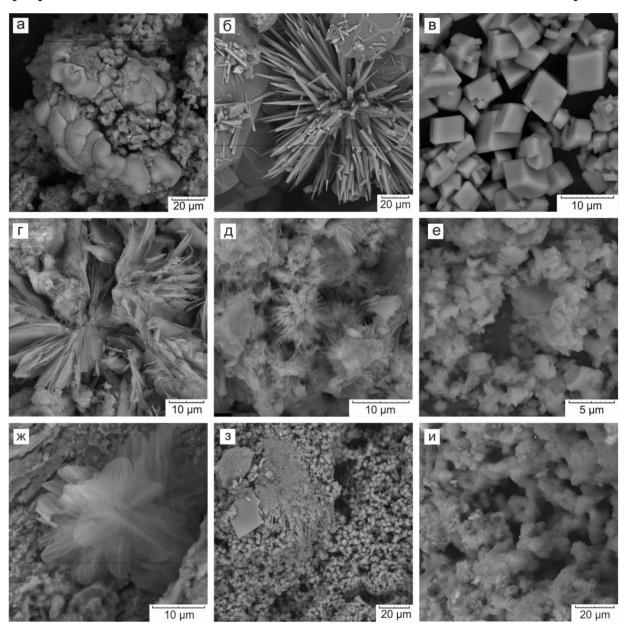


Рисунок 2 — Морфология фосфатов (сканирующая электронная микроскопия в режиме BSE): а) апатит, колломорфные выделения; б) апатит, игольчатые кристаллы; в) витлокит, ромбоэдрические кристаллы; г) монтгомериит, пластинчатые кристаллы; д) кальциоферрит, игольчатые кристаллы; е) крандаллит, хлопьевидные выделения; ж) робертсит, радиальные срастания пластинчатых кристаллов, з) кингсмаунтит, микросферолиты; и) гояцит, глобулярноколломорфная морфология.

Типичной формой витлокита являются мелкие (до 10 µm) плоскогранные ромбоэдрические кристаллы (рис. 3, в). Монтгомериит (рис. 3, г), кальциоферрит (рис. 3, д) и крандаллит (рис. 3, е) встречаются в виде гнёзд порошковатых масс, сложенных мелкими (до 50 µm) индивидами пластинчатой, игольчатой и хлопьевидной форм. Робертсит, выявленный в виде обрастаний костного детрита и макроагрегатов апатита, представлен радиальными агрегатами тонких пластинчатых кристаллов (рис. 3, ж). Кингсмаунтит, имеющий микросферолитовое строение (рис. 3, з), и гояцит с глобулярноколломорфной морфологией (рис. 3, и) также были обнаружены в обрастаниях на макроагрегатах апатита.

В некоторых разрезах в нижней части костеносного заполнителя выделяется горизонт, обогащенный тонкозернистым сидеритом (рис. 2, ж) с примесями витерита и доломита. К этим же горизонтам приурочено распространение Fe и Mn содержащих фосфатов. Наличие сидерита указывает на аноксичные восстановительные условия, существовавшие в толще отложений [13], а обогащение нижних горизонтов может трактоваться через действие сорбционного и щелочного геохимических барьеров, действующего на контакте с нижележащими песчанисто-алевритовыми отложениями [12]. Агрегаты кальцита (рис. 2, 3) встречаются крайне редко, и, возможно, имеют поздне-наложенный характер. Геохимическая обстановка на этапе диагенеза органики не способствовала кристаллизации кальцита, поскольку ионы PO₄³⁻являются для него ингибитором [8].

Развитие оксидно-марганцевой минерализации (рис. 1, 3), представленной хорошо окристаллизованными рансьеитом и тодорокитом, так же возрастает в нижних горизонтах отложений. Кроме того, она обильно развивалась на щелочном барьере, на контакте с карбонатными породами.

На некоторых участках пещеры костеносные отложения бронированы вторичными эвапорационными корами, сложенными гипсом с акцессорными включениями целестина, барита, арканита, аморфного кремнезёма и сильвина. Источник SO₄, судя по всему, имел биогенное происхождение, поскольку сера присутствует в составе мочевины, аминокислот и других органических соединений [14], а при диагенезе органического вещества легко окисляется серобактериями до H₂SO₄ [6]. Наличие арканита и сильвина маркирует интенсивные испарительные процессы в пещере.

Общий список эпигенетических минералов, выявленных в костеностных отложениях, с указанием характера их локализации приводится в Таблице.

Таблица Эпигенетические минералы эоплейстоценовых отложений

Класс	Минерал Идеальная формула	Формы нахождения*						
		БР	MA	ГН	МК	30	ЭК	
	Гидроксилапатит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	×	×	×	×	×	×
	Фторапатит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	×					
	Витлокит	Ca ₉ Mg(PO ₄) ₆ (PO ₃ OH)	×	×	×	×		
Фосфаты	Монтгомериит	Ca ₄ MgAl ₄ (PO ₄) ₆ (OH) ₄ ·12H ₂ O			×			
	Кальциоферрит	$Ca_2Fe^{3+}_2(PO_4)_3(OH)\times 7H_2O$					×	
	Крандаллит	CaAl ₃ (PO ₄)(PO ₃ OH)(OH) ₆			×			
	Робертсит	$Ca_2Mn^{3+}_3(PO_4)_3O_2 \cdot 3H_2O$					×	
	Кингсмаунтит	Ca ₃ MnFeAl ₄ (PO ₄) ₆ (OH) ₄ ·12H ₂ O					×	
	Гояцит	$Sr,Al_3(PO_4)(PO_3OH)(OH)_6$			×			
.PI	Гипс	Ca ₂ SO ₄ ·2H ₂ O						×
фат	Целестин	SrSO ₄						×
Сульфаты	Барит	BaSO ₄						×
ي.	Арканит	K_2SO_4						×
- #	Сидерит	FeCO ₃					×	
Карбона- ты	Витерит	BaCO ₃					×	
apc	Кальцит	CaCO ₃					?	
X	Доломит	CaMg(CO ₃) ₂					×	
	Кварц	SiO_2				×		
Igh	Аморфный кремне- зём	SiO_2						×
Оксиды	Тодорокит	(Na,Ca,K) ₂ (Mn ⁴⁺ ,Mn ³⁺) ₆ O ₁₂ ·3- 4.5H ₂ O		×		×	×	
	Рансеит	$(Ca,Mn^{2+})_{0.2}(Mn^{4+},Mn^{3+})O_2 \cdot 0.6H_2O$		×		×	×	
Галоге- ниды	Сильвин	KCl	×					×

^{*}Условные обозначения: FP — цемент брекчий и агломератов; MA — макроагрегаты $\mathit{\Gamma H}$ — землистые массы и гнёзда микрозернистых минералов; MK — контактовометасоматические каймы (на контакте со стенами и глыбами известняка); $\mathit{3O}$ — зоны общения в нижних горизонтах отложений; $\mathit{3K}$ — эвапорационные коры.

Появление Al-фосфатов (монтгомериит, кингсмаунтит, крандаллит) связывается с диагенезом фосфорсодержащего осадка в кислых условиях, характерных для обстановок с гуано [10]. Источником Al в них являются глинистые минералы, из которых он освобождается при кислотном гидролизе [6]. Тем самым, обильное развитие Al-фосфатов маркирует кислые условия, обусловленные участием гуано. Поскольку костный апатит стабилен только в щелочных условиях — при варьирующимся в зависимости от концентрации

 ${
m H_2PO_4^-}$ диапазоне pH от 7,6 до 8,1 [7], он так же активно растворялся, а ортофосфат мигрировал в пещерные отложения и осаждался в составе вторичной минерализации. По всей видимости, этот процесс привел к утрате части тафоноценоза в пещере.

Следует отметить, что некоторые фосфаты, обнаруженные в пещере Таврида, являются довольно редкими. В частности, находки робертсита и кингсмаунтита являются первыми на территории РФ.

Авторы выражают благодарность Б.А. Вахрушеву, Г.В. Самохину (Крымский федеральный университет, г. Симферополь) и Д.О. Гимранову (Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург) за помощь в проведении работ и консультации, аналитикам И.И. Мусабирову (Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа), Е.Д. Зенович (Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс) и Ф. Нестоле (Университет Падуи, г. Падуя, Италия) за проведение лабораторных исследований.

Литература

- 1. Амеличев Г.Н. Оценка ресурсного потенциала пещеры Таврида (Предгорный Крым) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). Вып. 2. С. 196-213.
- 2. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Росссийской федерации масштаба 1:200000. М: Изд-во Роскомнедра, 1995. 244 с
- 3. Лопатин А.В. Затерянный мир Тавриды: древнейшая ископаемая пещерная фауна в Крыму // Природа, 2019. № 6. С. 53-61.
- 4. Оксиненко П.В., Лавров А.В. История формирования пещеры Таврида памятника фауны позвоночных позднего виллафранка и ее палеонтологическое значение. Вестник Московского университета. Серия 5. География, (1), 2021. С. 27-42.
- 5. Червяцова О.Я., Потапов С.С., Кузьмина Л.Ю., Касаткин А.В., Токарев С.В., Амеличев Г.Н. Предварительные результаты исследования литологических особенностей и минерального состава рыхлого заполнителя пещеры Таврида // Минералогия техногенеза. 2021. № 22. С. 51-63.
- 6. Audra P., De Waele J., Bentaleb I., Chroňáková A., Krištůfek V., D'Angeli I.M., Carbone C., Madonia G., Vattano M., Scopelliti G., Cailhol D., Vanara N., Temovski M., Bigot J.Y., Nobécourt J.C., Galli E., Rull F., Sanz-Arranz A. Guano-related phosphates-rich minerals in European caves // International Journal of Speleology. 2019. 48(1). P. 75-105.
- 7. Berna F., Matthews A., Weiner S. Solubilities of bone mineral from archaeological sites: the recrystallization window // Journal of archaeological Science. 2004. 31(7). P.867-882.
- 8. Dobberschütz S., Nielsen M. R., Sand K. K., Civioc R., Bovet N., Stipp S. L. S., Andersson M. P. The mechanisms of crystal growth inhibition by organic and inorganic inhibitors // Nature communications. 2018. 9(1). P. 1-6.

- 9. Dumitraș D.G., Marincea Ş. Apatite-(CaOH) in the fossil bat guano deposit from the «dry» Cioclovina Cave, Sureanu Mountains, Romania // The Canadian Mineralogist. 2008. Vol. 46. P. 463-477
- 10. Karkanas P., Goldberg P. Micromorphology of cave sediments / Shröder (Ed-in-chief) // Treatise on Geomorphology. 6. Karst Geomorphology. Academic Press, San Diego, 2013. P. 286-297.
- 11. Klimchouk A.B., Amelichev G.N., Chervyatsova O.Y., Tokarev S.V., Kiseleva D.V., Potapov S.S. Ferruginous accumulations in hypogene karst conduits of Crimean Piedmont: Evidence for a deep iron source for the Kerch-Taman iron-ore province, north Black Sea region // Marine and Petroleum Geology. 2021. V. 127. № 104954.
- 12. Perel'man A.I. Geochemical barriers: theory and practical applications // Applied Geochemistry. 1986. N 1(6). P. 669–680.
- 13. Roh Y., Zhang C. L., Vali H., Lauf R. J., Zhou J., Phelps T. J. Biogeochemical and environmental factors in Fe biomineralization: magnetite and siderite formation // Clays and Clay Minerals. 2003. № 51(1). P. 83-95.
 - 14. Spector W.S. Handbook of biological data. Saunders, Philadelphia, 1956. 584 pp.

СОДЕРЖАНИЕ

Памяти В.Н. Дублянского. Спелеоэкскурсоведение

Козлова Н.Н., Носкова Е.С., Стёпина М.М.	
«Кунгурские встречи». В.Н. Дублянский и экскурсоводы Кунгурской	
пещеры	3
Медведева Н.А.	
Карстовая река Понеретка (Новгородская область) –перспективный	
объект для комплексных экологических экскурсий	6
Наумкин Д.В., Осетрова О.И.	
Карстовые процессы и явления в музейной практике естественнонауч	Ного
музея (на примере Музея карста и спелеологии	
Горного института УрО РАН)	9
Петров П.В., Юшко $A.A.$	
Спелеомаршрут «Подземная Рускеала» в международных проектах	
BSUIN/ «Инновационная сеть подземных лабораторий региона	
Балтийского моря» и EUL/ «Европейские подземные лаборатории»	15
Хлебалин И.Ю.	
Мероприятия по сохранению Мамайских каменоломен (Сакский	
район Республики Крым) и план создания подземного музея	
партизанской славы	21
Фундаментальные и прикладные вопросы карстологии	
Амеличев Г.Н.	
Оценка карстовой опасности урбанизированных территорий Крыма	
(на примере восточной части г. Симферополя, Крым)	28
Амеличев $\Gamma.H.$, Самохин $\Gamma.B.$, Токарев $C.B.$, Науменко $B.\Gamma.$	
Эксперимент по трассированию карстовых вод в Симферополе	
(Республика Крым)	33
Головачев И.В.	
Карстовые провалы на территории западного Казахстана	40
Дробинина Е.В., Катаев В.Н.	
Методика исследования физико-механических свойств перекрывающ	их
дисперсных отложений в системе интегрального карстологического	
прогноза	45
Катаев В.Н., Золотарев Д.Р., Щербаков С.В.	
Опыт растворения карбонатных и сульфатных пород	50

Ковалёва Т.Г., Селина З.В., Бажутин П.И., Созинов И.П.	
Карстологические условия Сакского района Республики Крым	
(на примере участка в окрестностях Евпатория-Саки)5	6
Кочев А.Д.	
Региональный подход при проведении инженерно-геологических	
изысканий на закарстованных территориях6	2
Ляхницкий Ю.С.	
Карст и другие трансслоевые немагматические явления – сходство	
и различия	7
Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю.	
Влияние карста на формирование экологической обстановки на	
территории Кизеловского угольного бассейна7	6
Токарев С.В., Амеличев Γ .Н., Токарев И.В.	
Новые данные о гидрогеологических условиях западной части	
Ай-Петринского карстового массива (по результатам наблюдений	
паводка в феврале 2018 г.)	0
Фаге А.Н., Санчаа А.М., Самохин Γ .В.	
Исследование пещеры Таврида методом электротомографии 8	7
Шаврина Е.В.	
Основные факторы развития обрушения привходовой зоны пещеры	
Голубинский провал9	5
Юдин В.В.	
Проблемы основания Ай-Петринского карстового массива в Крыму 10	0
Комплексные спелеологические	
и спелестологические исследования	
Барашков А. С., Барашкова А. С., Каменев И. В.	
Особенности донных частей пещеры имени Александра Верёвкина 10	6
Вахрушев Б.А., Самохин Γ .В.	
К вопросу о спелеологическом районировании11	1
Ляхницкий Ю.С.	
Морфогенетические исследования Каповой пещеры (Шульган-Таш) 12	1
Mинников $O.A.$	
Опыт разработки системы для комплексного он-лайн мониторинга	
на подземных маршрутах	9
Натальин Н.А.	
«Атлас пещер России» - бесценная кладовая фактического научного	
материала для дальнейшего совершенствования генетической	
классификации подземных полостей	6

III КРЫМСКИЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ. СИМФЕРОПОЛЬ 2021

Сохин М. Ю.	
Типология и краткий обзор подземных выработок Керченского	
полуострова	139
Сохин М.Ю., Долотов Ю.А.	
Ревизия названий подземных горных выработок Керченского	
полуострова	145
Федоров А.С., Кочетков С.Н., Мазина С.Е.	
Радон в экскурсионных пещерах Красная и Скельская.	
Радиационная безопасность персонала и экскурсионных групп	150
Червяцова О.Я., Тищенко А.И., Потапов С.С., Касаткин А.В.,	
Токарев С.В., Амеличев Г.Н.	
Эпигенетическая минерализация в эоплейстоценовых костеносных	
отложениях пещеры Таврида (Предгорный Крым)	155

Для заметок

Научное издание

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОЙ КАРСТОЛОГИИ И СПЕЛЕОЛОГИИ

Материалы Международной научно-практической конференции

ІІІ КРЫМСКИЕ КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ

в авторской редакции

Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 9,77. Тираж 50 экз.

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ИП Бражникова Д.А. 295053, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Оленчука, 63, тел. +7 978 71 72 902, e-mail: braznikov@mail.ru