



**"NORTHERN KARST SYSTEMS IN OUR CHANGING ENVIRONMENT"
«КАРСТОВЫЕ СИСТЕМЫ СЕВЕРА В МЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЕ»**

Pinega-Golubino, Russia, 5-10 September 2011

Пинега-Голубино, Россия, 5-10 сентября 2011

CONTENT OF ABSTRACTS

(Full, English plus Russian texts)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

CONDENSATION CORROSION IN A COLD CLIMATE CAVE

Julia M. James (7)

ICE CAVES USE – HISTORICAL OVERVIEW, AN EXAMPLE OF SLOVENIA

Andrej Kranjc (13)

CRYOFLUVIAL KARST IN SIBERIA – THE LENA PILLARS

Paul W. Williams (16)

EFFECTS OF GLACIATIONS ON KARST AQUIFERS AND LANDFORMS IN CANADA.

Derek Ford (18)

KARST, PERMAFROST AND GLACIATIONS IN CANADA

Derek Ford (18)

ECOLOGY OF CYANOBACTERIAE AND ALGAE IN PEVCHESKAYA ESTRADA CAVE (PINEGA, ARCHANGELSKY REGION)

Sh.R. Abdulun (19)

CRIOMINERAL FORMATIONS FROM SOME CAVES OF IRKUTSK REGION

E.P. Bazarova (23))

RUSKEALA GEOPARK PROJECT

I.V. Borisov, Y.S. Lyahnitsky, O.A. Minnikov, T.A. Musatova, I.Y. Khlebalin, A.A.Yushko (26)

ZOOBENTHOS OF PRIPINEZHYA CAVE SYSTEMS (ARKHANGELSK REGION). - VARIETY OF FAUNA AND ECOLOGICAL COMPLEXES SPECIES.

КОНДЕНСАЦИОННАЯ КОРРОЗИЯ В ПЕЩЕРЕ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

Д. М. Джеймс (7)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕДЯНЫХ ПЕЩЕР - ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР НА ПРИМЕРЕ СЛОВЕНИИ

А. Кранц (13)

КРИОГЕННО-ФЛЮВИАЛЬНЫЙ КАРСТ СИБИРИ - ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ

П. В. Уильямс (16)

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ НА ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА В КАНАДЕ.

Дерек Форд (18)

КАРСТ, ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ В КАНАДЕ

Дерек Форд (18)

ЭКОЛОГИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЕЩЕРЫ ПЕВЧЕСКАЯ ЭСТРАДА (ПИНЕГА, АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ш. Р. Абдуллин (19)

КРИОМИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПЕЩЕР ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.П. Базарова (23)

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ РУСКЕАЛЬСКОГО ГЕОПАРКА

И.В. Борисов, Ю.С. Ляхницкий, О.А. Минников, Т.А. Мусатова, И. Ю. Хлебалин, А.А. Юшко (26)

ЗООБЕНТОС ПЕЩЕРНЫХ СИСТЕМ ПРИПИНЕЖЬЯ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ.) – РАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

E.S. Chertoprud, M.V. Chertoprud, P.P. Borisov, E.V. Shavrina (29)

EXAMPLES OF MODELING OF KARST PROCESSES

A.Ya. Gaev, Yu.A. Kilin, I.N. Alferov, N.S. Alferova (34)

ABOUT METHODOLOGY AND METHODS OF HYDROGEOLOGICAL RESEARCHES OF KARST PROCESSES

A.Ya. Gaev, Yu.A. Kilin, I. I. Minkevich, N.S. Alferova, I.N. Alferov (38)

SEASONAL CRYOGENIC CAVE DEPOSITS OF NORTHERN CASPIAN REGION

I.V. Golovachev (41)

THE OVERVIEW OF KARST TOPOGRAPHY IN THE NORTHERN PART OF SIBERIA ACCORDING REMOTE SENSING DATA

D.V. Dobrynin, A.A. Semikolennykh (43)

MICROFUNGI IN SOME CAVES OF SWEDEN: LUMMELUNDA CAVE (GOTLAND ISLAND), ICEKRISTALL AND HOPPLET CAVES (VADVE UPLAND).

A.E., Ivanova, A.A. Semikolennykh (47)

INTERACTION BETWEEN A KARST AND A FROZEN GROUND (ON AN EXAMPLE OF CAVES OF SOUTHEAST BELOMORSKO-KULOISKOE A PLATEAU)

S.A. Iglovsky (52)

PROTECTION AND SOUND MANAGEMENT OF CAVES OF THE URALS

O.I. Kadebskaya (57)

CRYOMINERAGENIC PROCESSES ON AN EXAMPLE OF CAVES OF THE URALS

O.I. Kadebskaya, T.A. Kalinina (62)

ВИДОВ.

Е.С. Чертопруд, М.В. Чертопруд, Р.Р. Борисов, Е.В. Шаврина (29)

ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Я. Гаев, Ю.А. Килин, И.Н. Алферов, Н.С. Алферова (34)

О МЕТОДОЛОГИИ И МЕТОДИКЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Я. Гаев, Ю.А. Килин, И.И. Минькевич, Н.С. Алферова, И.Н. Алферов (38)

СЕЗОННЫЕ КРИОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПЕЩЕР СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

И.В. Головачёв (41)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ФОРМ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ СИБИРИ

Д.В. Добрынин, А.А. Семиколенных (43)

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В НЕКОТОРЫХ ПЕЩЕРАХ ШВЕЦИИ: ЛАМЕЛУНДА (ОСТРОВ ГОТЛАНД), АЙСКРИСТАЛЛ И ХОППЛЕТ (ПЛАТО ВАДВЕ)

А.Е. Иванова, А.А. Семиколенных (47)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАРСТА И МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЕЩЕР ЮГО-ВОСТОКА БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОГО ПЛАТО)

С.А. Игловский (52)

ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕЩЕР УРАЛА

О.И. Кадебская (57)

ПРОЦЕССЫ КРИОМИНЕРАЛОГЕНЕЗА НА ПРИМЕРЕ ПЕЩЕР УРАЛА

О.И.Кадебская, Т.А.Калинина (62)

**INVERTEBRATES FROM CAVES OF
PINEGA AREA: BRIEF REVIEW**

S.A. Kapralov (66)

**INFLUENCE OF KARST PROCESSES
ON THE FORMATION OF
GROUNDWATER (South-Western
Crimea)**

E.P. Kayukova (69)

**ECOLOGICAL EDUCATION AT THE
EXCURSION ACTIVITY OF THE LLC
"STALAGMIT-TOUR" COMPANY
(KUNGUR, PERM REGION)**

N.N. Kozlova, D.V. Naumkin (75)

**LITHOTROPHIC MICROBIOTA CAVES
OF KINDERLINSKAYA (SOUTH URALS)
AND BASKUNCHAKSKAYA (CASPIAN
LOWLAND)**

L. Y. Kuzmina, Sh. R. Abdullin, A. S.
Ryabova (79)

**STUDY AND CONSERVATION OF THE
КАРОВА CAVE AND ITS
PALAEOLITHIC PAINTING**

Yu.S. Lyakhnitsky, A.A. Yushko, O.A.
Minnikov, O.Ya. Chervyatsova (84)

**PROTECTING AND REGULATING THE
USE OF RUSSIA'S CAVES AS
GEOLOGICAL HERITAGE SITES**

Yu.S. Lyakhnitsky (87)

**PSEUDOKARST AND NON – KARST
CAVES – A DISCUSSION AND
EXAMPLES FROM RUSSIA**

Yu.S. Lyakhnitsky, I.Yu. Khlebalin (91)

**CAVES GLACIATION; PROSPECT OF
RESEARCHES**

B.R. Mavlyudov (93)

**INFLUENCE OF LITHOLOGY OF
GYPSUMS ON STRUCTURAL PLAN OF
PODILLIA CAVES LABYRINTHS**

V. V. Pokalyuk, A. N. Doroshenko, C. I.

**БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ПЕЩЕР
ПИНЕГИ: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

С.А. Капралов (66)

**ВЛИЯНИЕ КАРСТОВЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД (ЮГО-
ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)**

Е. П. Каюкова (69)

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ В
ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «СТАЛАГМИТ-
ЭКСКУРС» (Г. КУНГУР, ПЕРМСКИЙ
КРАЙ)**

Н.Н. Козлова, Д.В. Наумкин (75)

**ЛИТОТРОФНАЯ МИКРОБИОТА
ПЕЩЕР КИНДЕРЛИНСКАЯ (ЮЖНЫЙ
УРАЛ) И БАСКУНЧАКСКАЯ
(ПРИКАСПИЙСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ)**

Л.Ю. Кузьмина, Ш.Р. Абдуллин, А.С.
Рябова (79)

**ИССЛЕДОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ
КАПОВОЙ ПЕЩЕРЫ И ЕЕ
ПАЛЕОЛИТИЧЕСКОЙ ЖИВОПИСИ.**

Ю.С. Ляхницкий, А.А. Юшко, О.А.
Минников, О.Я. Червяцова (84)

**ОХРАНА И РЕГЛАМЕНТИРОВАННОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕЩЕР РОССИИ
КАК ОБЪЕКТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
НАСЛЕДИЯ.**

Ю.С. Ляхницкий (87)

**ПСЕВДОКАРСТОВЫЕ И
НЕКАРСТОВЫЕ ПЕЩЕРЫ -
ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ
РОССИИ**

Ю.С. Ляхницкий, И.Ю. Хлебалин (91)

**ОЛЕДЕНЕНИЕ ПЕЩЕР;
ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Б.Р. Мавлюдов (93)

**ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИИ ГИПСОВ НА
СТРУКТУРНЫЙ ПЛАН ПЕЩЕРНЫХ
ЛАБИРИНТОВ ПОДОЛИИ**

В.В. Покалюк, А.Н. Дорошенко, С.И.

Tereschenko (97)

**FEATURES OF FLORA AND
VEGETATION OF KARS LANDSCAPES
OF THE PINEGA STATE NATURE
RESERVE (ARCHANGELSK REGION)**

L.W.Puchnina (102)

**MYSTERIOUS PALLASEA
(CRUSTACEA: AMPHIPODA) FROM
THE CAVES AND GOLUBINSKY
COLLAPSE SINK-HOLE AND KITEZH
CAVE**

D.A. Sidorov, E.S. Chertoprud, A.A.
Semikolenykh, E.V. Shavrina (106)

**FEATURES OF AIR CIRCULATION IN
KULOORSKIE CAVES**

S.V.Sorokin, N.A. Franz (108)

**SURFACE DISSOLUTION AND
WEATHERING OF GYPSUM IN A COLD
HUMID CLIMATE AND THEIR
INFLUENCE ON SOIL FORMATION**

I.A. Spiridonova, S.V. Goryachkin (112)

**KARST PHENOMENA OF NATURAL
PARK "LENA PILLARS"**

E.V. Trofimova (116)

**THE INFLUENCE OF GYPSUM KARST
ON GEOCHEMISTRY OF NORTHERN
BOREAL LANDSCAPES**

T.Yu. Tuyukina (120)

DOES ECOTOURISM EXIST?

E.S. Fedeneva (127)

Терещенко (97)

**ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ И
РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАРСТОВЫХ
ЛАНДШАФТОВ ПИНЕЖСКОГО
ЗАПОВЕДНИКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ
ОБЛ.)**

Л.В.Пучнина (102)

**ЗАГАДОЧНАЯ PALLASEA
(CRUSTACEA: AMPHIPODA) ИЗ
ПЕЩЕР ГОЛУБИНСКИЙ ПРОВАЛ И
КИТЕЖ**

Д.А. Сидоров, Е.С. Чертопруд, А.А.
Семиколенных, Е.В. Шаврина (106)

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ВОЗДУШНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В
КУЛОГОРСКИХ ПЕЩЕРАХ**

С.В. Сорокин, Н.А. Франц (108)

**ДЕНУДАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ И
ВЫВЕТРИВАНИЕ ГИПСА В
ХОЛОДНОМ ГУМИДНОМ КЛИМАТЕ
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА
ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ.**

И.А. Спиридонова, С.В. Горячкин (112)

**КАРСТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ
ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЛЕНСКИЕ
СТОЛБЫ»**

Е.В. Трофимова (116)

**ГЕОХИМИЯ СЕВЕРОТАЁЖНЫХ
ЛАНДШАФТОВ ГИПСОВОГО КАРСТА**

Т.Ю.Туюкина (120)

ЭКОТУРИЗМ СУЩЕСТВУЕТ?!!

Е.С.Феденева (127)

**HYDROGEOLOGY OF KULOGORSKIY
SPELEOMASSIV (ARKHANGELSK
REGION, RUSSIA)**

N.A. Franz, I.E. Vyahhi (129)

**GENESIS AND AGE OF
UNDERGROUND ICES OF BOLSHAYA
BAIDINSKAYA CAVE AT BAIKAL**

Filippov A.G., Shevelev A.S. (133)

**INTERACTION OF DYNAMIC
COMPONENTS IN GROUNDWATER
AND SURFACE KARST AT
SOUTHEASTERN PART OF
BELOMORSK-KULOISK PLATEAU.**

E.V. Shavrina (142)

**THE EXPERIENCE OF INTERVAL
PHOTOGRAPHY USEAGE FOR
KULOGIR CAVES MONITORING**

I.Vyahhi, S.Sorokin, N.Frants (146)

**SNOW AND ICE FORMATIONS IN
ALTAI CAVES**

V.K. Wistinghausen (151)

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ КУЛОГОРСКОГО
СПЕЛЕОМАССИВА
(АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ,
РОССИЯ)**

Н.А. Франц, И.Э. Вяххи (129)

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЗРАСТ
ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ БОЛЬШОЙ
БАЙДИНСКОЙ ПЕЩЕРЫ НА
БАЙКАЛЕ**

Филиппов А.Г., Шевелев А.С. (133)

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ДИНАМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В
ПОДЗЕМНОМ И ПОВЕРХНОСТНОМ
КАРСТЕ ЮГО-ВОСТОКА
БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОГО
ПЛАТО**

Е.В. Шаврина (142)

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ
ИНТЕРВАЛЬНОЙ
ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ
МОНИТОРИНГОВЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В КУЛОГОРСКИХ
ПЕЩЕРАХ.**

И.Э. Вяххи, С.В. Сорокин, Н.А. Франц (146)

**СНЕЖНО-ЛЕДОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ
В ПЕЩЕРАХ АЛТАЯ**

В.К. Вистингаузен (151)

CONDENSATION CORROSION IN A COLD CLIMATE CAVE

Julia M. James

School of Chemistry, University of Sydney, Australia

КОНДЕНСАЦИОННАЯ КОРРОЗИЯ В ПЕЩЕРЕ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

Д. М. Джеймс

Обсуждается роль конденсационной коррозии в пещерах холодного климата на примере Грота Валери, северо-запад Канады. В результате исследований в 2006 г выявлено, что конденсационная коррозия развивается в летний период. По данным литературного обзора сделано заключение, что выветривание известняков и спелеотем является медленным, периодически затухающим процессом. Также показано, что экспериментальный подход наиболее эффективен для измерения скорости современной конденсационной коррозии в пещерах.

The role of condensation corrosion in a cold climate cave is discussed using as an example the Grotte Valerie, Nahanni National Park, Northwest Territories, Canada. Observations in the cave in 2006 led to the conclusion that condensation corrosion is taking place during the summer months. A desktop literature survey concluded that the weathering of limestone and speleothems will be slow and intermittent. It is also concluded that experiments to measure condensation corrosion are the best way to establish the rates of corrosion taking place in the cave under present climatic conditions.

Introduction

Condensation is found in caves of all rock types and at all latitudes and altitudes. It has an important role in relict caves as it allows reaction between the cave atmosphere and bedrock and speleothems and provides a water source for living organisms. A review by Dublyansky and Dublyansky (2000) on the role of condensation in karst hydrology and speleogenesis summarizes the ‘state of the art’ of condensation studies. This paper is used to comment on the role of condensation corrosion in a cold climate cave using as an example the Grotte Valerie, Nahanni National Park, Northwest Territories, Canada. In a cave the process of condensation corrosion can be established by noting whether features characteristic of condensation corrosion are present. These can be found in James (2004). To comment on its impact on cave development and speleothem dissolution it is necessary to resort to a literature desktop survey and adapting the theories and models found there to the conditions found in this cold climate cave.

Discussion

The Grotte Valerie (Figure 1) is found at 61.5 °N. The Nahanni climate is continental: long, cold, dry winters and short, mild, wet summers. Mean annual temperature is – 8 °C (Yonge, 2004). The annual precipitation is between 400 to 600 mm per year with more than half falling as snow (Ford, 2004). Over the period 1951-1980 at a Tungsten mine ~ 200 km NNW of Grotte Valerie, the average monthly precipitation varied from 12 mm in February to 90 mm in July and the average temperature in January was –24 °C and in July 11 °C (Weaver 2006).

The Grotte Valerie (Figure 1) is a multi-entrance relict cave. It has three known entrances all of which are in a south-facing cliff on the First Canyon of the South Nahanni River. Highest is the West entrance at 740 asl. The East entrance is 38 m lower. The cave lies some 300 m above the river. Ford and Williams (2007) have described in detail the cave climate and ice distribution in the cave. The airflow directions shown in Figure 1 are those experienced in the summer of 1973. These airflows are characteristic of the “Chimney Effect” (Wigley and Brown, 1976) and are expected to reverse in winter.

In late July 2006, permission to visit this restricted access cave was granted by Parks Canada. However, we were not able to traverse the cave beyond the Icefall (Figure 1). Despite this, the following observations could be made. The Central Entrance passage was covered for

about 8 m with copious algal and lichen growth. In contrast to 1973, there was no ice in this passage. The floor sediments adjacent to the walls were dry and there was a damp channel in the

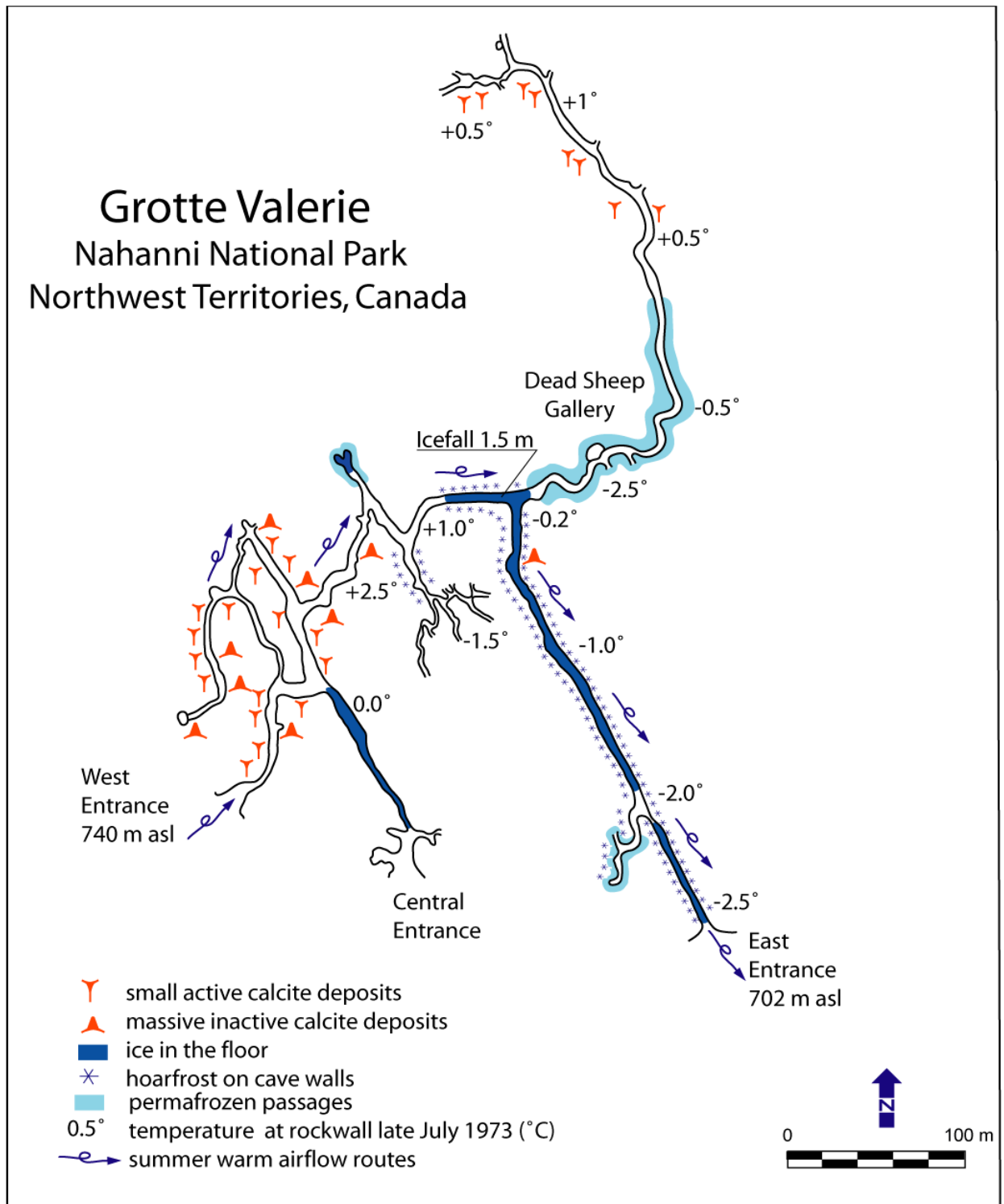


Figure 1: Plan of the Grotte Valerie adapted from Figure 4.28, Brook (1976)

centre of the passage, indicating the ice is seasonal and may have been present earlier in the summer of 2006. The directions of airflows in 2006, through the entrance passages were identical to those recorded in July 1973 (Figure1).

At the junction of the West and Central Entrance passages, both airflow and humidity increased. Beyond this point, condensation and seepage drips from the roof had turned the floor of the main passage into a quagmire of glutinous mud. The bedrock and speleothems were covered with condensation droplets and shining with thin films of water (Figure 2A). The active stalactites in Figure 2A have eroded on one side and have cave coral growing on the other. Cave coral in association with solution of speleothems is regarded as evidence for condensation corrosion followed by evaporation of the saturated calcite solutions (Hill and Forti, 1997).

The weathering rinds (Figure 2A) are also a feature of condensation corrosion (Zupan Hajna, 2003). The blue arrow in Figure 2A indicates the direction of the 2006 airflow in the passage. There were massive inactive calcite deposits (Figure 2B) in a number of the dead end passages in this area of the cave. The age of ancient speleothems from the Grotte Valerie has been obtained by uranium series dating: the youngest sample was 150,000 years B.P. and the oldest > 350,000 years B.P. (Table 6.4, Brook, 1976).



Figure3: 3A – Pit at start of Dead Sheep Gallery, 3B – Ice stalagmites, 3B – At the Icefall

In 2006, ice was first encountered in the cave ~ 5 m from the Icefall (Figure 1). The passage was floored with massive dirty ice on which there was a scattering of small ice stalagmites. The roof and upper walls were glistening with condensation films and droplets. The lower sections of the walls were undercut and banded with hoarfrost. Hoarfrost arises from the sublimation of water vapor in air to ice without the intermediate phase of water. The process undercutting the walls is by hoarfrost/ice wedging and the resulting blocks are lined up below the hoarfrost band. Below the Icefall, the passage widens to form a pit (Figures 3A and 3C). Hoarfrost surrounding the pit has a sharp lower limit that was at the same altitude as the lower limit of the hoarfrost above the Icefall. The hoarfrost had formed attractive patterns on the back wall of the pit (Figure 3A). When the turbulent warm wet air mixes with the cold air in the pit and it is carried up the wall depositing hoarfrost. Figure 3C when compared to Figure 8.18 (lower right) in Ford & Williams (2007) shows a similar distribution of hoarfrost on the back wall of the pit. Above the hoarfrost level were corroded flowstones that glistened with condensation (Figure 3A). Below the hoarfrost, the flowstone was almost completely been removed by ice wedging.

The pit is the start of Dead Sheep Gallery. It is the lowest part of the cave forming a classic cold trap fed by the invasion of cold air in winter when the airflows in the cave are reversed. The permafrozen conditions in the Gallery have led to the freezing out of the water vapor so effectively that the passage is dry and dusty and without ice. Features of condensation corrosion are expected to be absent in the Gallery because in permafrozen passages there is no water to act as the corroding agent. A north trending passage at the end of the Gallery had temperatures above freezing, no floor ice and active speleothems in 1973.

The ice stalagmites in the pit (Figure 3B and 3C) and on the edge of the Icefall have bulbous bodies of clear ice on thinner stems of cloudy white ice. The white ice is formed by rapid freezing in extreme cold and the clear ice forms by slow freezing when the temperatures are just below 0 °C. In 2006, there were no icicles or stalactites to provide water for these ice stalagmites so the water source may be condensation. The prominent three ice stalagmites present in Figure 3C were absent in Figure 8.18 (lower right) in Ford & Williams (2007).

Whether condensation waters are aggressive to limestone and calcite speleothems can be calculated using WATEQ4F a geochemical modeling program (Ball and Nordstrom 1991). To do this for the Grotte Valerie, it is necessary to assume that the condensed waters are in equilibrium with atmospheric carbon dioxide and take the temperature of the condensation waters as that recorded at the cave walls in 1973. The negative calcite saturation indices that are obtained using these conditions show that the waters are aggressive. Dreybolt et al. (2005) have shown by experiment that short residence times of the condensation waters on speleothems and limestone are adequate for them to become saturated with respect to calcite.

An important conclusion reached by Dreybrodt et al. (2005) was that whether the cave air temperatures vary seasonally or diurnally, the amplitude of its variations is the driving force for condensation. Historically it had been assumed that the heat liberated by condensation (44 kJ mol^{-1} at 25 °C) on cave walls would be slow to dissipate because bedrock transmits heat slowly suppressing the tendency for further condensation. De Frietas and Schmekal (2006) working in the Glowworm Cave, Waitomo, New Zealand, measured condensation and evaporation continuously with electronic sensors. Both experimentally and by modeling, they endorsed the conclusion reached by Dreybrodt et al. (2005) that the temperature of the rock surface in a cave reaches a constant value. Thus, as condensation and evaporation are essentially a function of cave air temperatures it allows those taken at the cave wall in 1973 to be used in the calculations above.

Condensation in the Grotte Valerie will only take place in the short summers and the amount is limited by the low rainfall. The moisture capacity of cave air (Palmer 2007) is a critical factor when assessing the available condensation. Figure 4 shows the amount of

condensation generated by cooling a cubic metre of warm saturated air by 10 °C at the Grotte Valerie walls. It is low and will be reduced if the relative humidity of the cave air is below saturation as is expected in high latitude and alpine caves where the mean annual temperatures are close to or below freezing. A lower temperature differential between cave air and that of the walls will further reduce the amount of condensation generated.

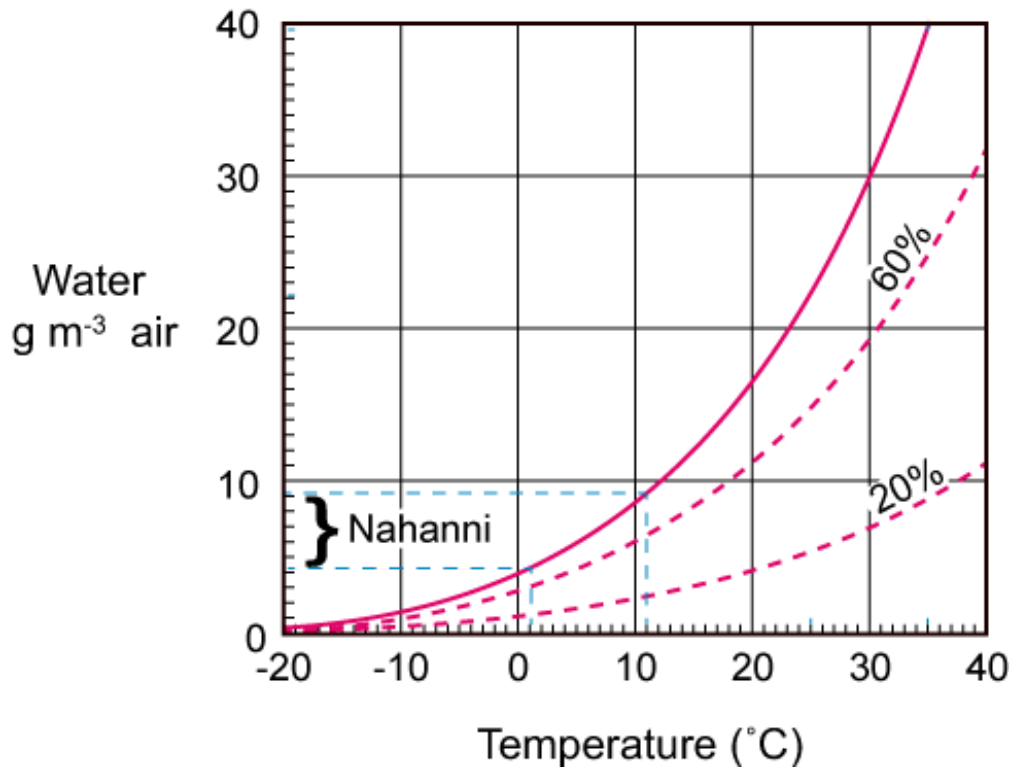


Figure 4: The moisture capacity of cave air with respect to temperature and relative humidity adapted from Palmer (2007)

Using a cave air temperature of 300 K (27 °C) Dreybolt et al. (2005) calculated that for a diurnal continuum with a temperature amplitude of 10 °C the retreat of bedrock would be about 3 $\mu\text{m a}^{-1}$. Seasonal variations with the same amplitude cause a retreat of bedrock by 0.3 $\mu\text{m a}^{-1}$. Both general theory and modeling indicate that the short summer season and a cave air temperature close to freezing, condensation corrosion in the Grotte Valerie will be extremely slow. To confirm this, site-specific condensation corrosion experiments are needed in this remote limestone cave. Carrara marble tablets as described by Avramidis et al. (2001) could be used to measure corrosion rates if left for several summer seasons. More soluble gypsum tablets as used by Tarhule-Lips and Ford (1998) may give significant results in a shorter time. In other caves, site specific tablet methods have given corrosion rates higher those derived from models .

Conclusion

It is predicted that under the present Nahanni climate and the Grotte Valerie cave climate, condensation corrosion would be extremely slow. Significant cave development and speleothem dissolution would be correspondingly slow. This can only be confirmed by experiment. In addition, Ford and Williams (2007) have stated condensation corrosion is episodic and periods of

locally fast corrosion can be succeeded by times of very slow corrosion and stop altogether. Condensation corrosion in the Grotte Valerie would have ceased as temperatures in the Nahanni dropped below freezing during ice ages. The changes in ice distribution in Grotte Valerie between 1973 and 2006 could have resulted from seasonal variations in the Nahanni climate or climate change or both.

Acknowledgements

I wish to give my thanks to the following: Derek Ford and Steve Worthington for inviting me to their 2006 Nahanni expedition, Parks Canada for permission to join the expedition as a volunteer, The Dehcho people for allowing me to travel in their traditional territories, Steve Catto (park warden) for organizing the visit to the Grotte Valerie, and to Alan Warild for constructive comments and assistance with drafting diagrams for this paper.

References

- Avramides, P.M., Hong J., Barnes C. M., James J.M., 2001. A new method of measuring condensation corrosion. Proceedings of the 13th International Congress of Speleology, Speleological Society of Brazil (CD-ROM).
- Ball, J.W., Nordstrom D.K., 1991. User's manual for WATEQ4F for calculating the speciation of major, trace and redox elements in natural waters. U.S Geological Survey Open-File Report 91-183, 189 pp
- Brook, G.A., 1976. Geomorphology of the Northwest Karst South Nahanni River region, Northwest Territories, Ph.D Dissertation, McMaster University, Ontario, Canada.
- De Freitas, C.R., Schmekal, A., 2006. Condensation as a microclimate process: measurement, numerical simulation and prediction in the Glowworm Cave, New Zealand. *International Journal of Climatology* 23, 557-75.
- Dreybrodt, W., Gabrovsek, F., Perne, M., 2005. Condensation corrosion: A theoretical approach. *Acta Carsologica* 34, 317-348.
- Dublyansky, V.N., Dublyansky, Y.V., 2000. The role of condensation in karst hydrology and speleogenesis. In: Klimchouk, A.V., Ford, D.C., Palmer, A.N., Dreybrodt, W., (eds.), *Speleogenesis: Evolution of Karst Aqifers*. National Speleological Society, Alabama, pp. 100-112.
- Ford, D.C., 2004. Nahanni Karst, Canada. In: Gunn, J. H. (ed.), *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, UK, pp. 537-538.
- Ford, D.C., Williams, P. W., 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 pp.
- James, J.M., 2004. Condensation corrosion. In: Gunn, J. H. (ed.), *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, UK, pp. 241-240.
- Palmer A.N., 2007. *Cave Geology*. Cave Books, Ohio, USA, 454 pp.
- Tarhule-Lips, R.F.A., Ford, D.C., 1998. Condensation corrosion in caves of Cayman Brac and Isla de Mona. *Journal of Cave and Karst Studies* 60, 84-95.
- Weaver, J.L. 2006 *Big animals and Small parks: Conservation Society Canada Conservation Report No 1*. Toronto, Ontario, 98 pp.
- Wigley, T.M.L., Brown M.C., 1976 The physics of caves. In Ford, T.D., Cullingford, C.H.D. (eds.), *The Science of Speleology*. London, Academic Press pp329- 358.
- Yonge, C.J., 2004. Ice in Caves. In: Gunn, J. H. (ed.), *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, UK, pp. 435-437.
- Zupan-Hajna, N., 2003. Incomplete solution: Weathering of cave walls and the production, transport and the deposition of carbonate fines. *Institute za razusjivange krasa ZRC SAZU, Postonja, Slovenia*, 167 pp.

ICE CAVES USE – HISTORICAL OVERVIEW, AN EXAMPLE OF SLOVENIA

Andrej Kranjc

Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana, Slovenia

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕДЯНЫХ ПЕЩЕР - ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР НА ПРИМЕРЕ СЛОВЕНИИ

А. Кранц

В Словении зарегистрировано 650 пещер с сезонными и многолетними льдами. Добыча пещерных льдов как источника питьевой воды началась издревле и достигла коммерческих масштабов в 19-20 вв. Ледяные пещеры традиционно использовались для хранения пива, вина и сыра. В некоторых пещерах знать устраивала балы в жаркие летние дни. Позднее начал развиваться спелеотуризм. Пещеры стали также объектами научных исследований.

In Slovenia there are more than 10 000 caves registered, among them altogether about 650 (6.5 % of all the caves) ice and snow caves and 102 caves (slightly more than 1 %) which are real ice caves. This means that there is ice in them over the year round. In this paper high-mountain caves (above the tree line, this is above 1 600 –1 800 m a.s.l.) containing permanent snow and ice are not taken into consideration. Due to their mostly remote location far away from man's activities they did not draw a special attention until recently (Štirn, 1954). In this study are included only lower lying ice caves, which are exceptions considering their microclimate or speleoclimate. Most of them lie between 800 – 1 200 m a.s.l., while historical data show that such caves were at 400 m even some centuries ago (Kranjc 2009).

Because of their characteristics, cool atmosphere and ice accumulation during the warm period of the year, ice caves attracted a man to use them since very early already. The oldest use was to extract the ice to get drinking water. One of the characteristics of the karst surface is the lack of water. The highest ridges of the Slovenian Alps are surrounded by high (1 200 – 1 800 m) limestone plateaus. There are good pastures (natural or arranged by man) but problem is water. The example is Velika planina plateau north of Ljubljana being a traditional alpine pasture frequented and used by human since Neolithic times on, proved by the archaeology (Cevc 1997). There are two quite large caves at the bottom of a few ten meters deep collapse doline Velika and Mala Veternica, at 1 600 m a.s.l. Due to their feature snow accumulated in them and it slowly changed into ice. Not long ago shepherds still had a habit following their ancestors to gather snow and ice from the bottom of caves and carrying it in baskets to the surface and use it as drinking water for people and cattle. Not long ago shepherds still used wooden shoes (clogs) into which special nails called *lednik* (ice nail) were driven into the sole to prevent slipping (Cevc 1997).

The other use of cave ice and ice caves as a whole is to exploit the main properties of ice and ice caves – the cool, the coldness. People used it either *in situ*, that is the cold of ice and cave atmosphere in a cave itself or they took out the ice and use it for the same purpose. As for the first there are many mentions and remarks in the Slovene cave register and papers of such a use of not only ice caves but cold caves in general. The cave Jazbina (300 years ago it was mentioned as an ice cave but it is no more) was used by the owner of nearby inn for storing beer. A cave in the low karst south-east of Ljubljana was used to mature cheese. At the bottom of a collapse doline Rožek where the snow and ice remained long in the summer the owner of a nearby manor house kept wine. On the plateau Menina Mt. the keeper of a mountain hut kept the meat in a collapse doline – ice cave – Jespa still few tens of years ago. Before the invention of the air condition system people often used “cold” caves with appropriate form and place to organize balls and public festivities, as in the cave of Vilenica on Kras (a show cave in the 17th century already). The cave Podpeška jama (big entrance hall with open connection to

underground “cold” stream) was recently arranged (sand floor and electricity) by the inhabitants of a nearby village to have balls in fresh cave during the hot weather outside.

The other mode to use cave ice for cooling is to bring it out and carry to the final user, usually noble or wealthy person, either for private or for business use. Of course it was before the invention of making ice artificially and invention of a refrigerator. Several examples of caves where the ice was extracted are known. The earliest written mention is by Valvasor (1689) citing the cave Ledenica (Ice cave) pri Planinci in the karst hills not far to the south of Ljubljana:

“In Igger Boden above S. Johannis bey Tomischle there is another cave in which man can find ice through the whole summer. Once actual sovereign his Emperor’s Majesty has been served with this ice, when at Ljubljana all the ice pits have been already empty. They brought the ice from this cave.” (Valvasor, 1689).

The other example is of the above mentioned cave Jazbina:

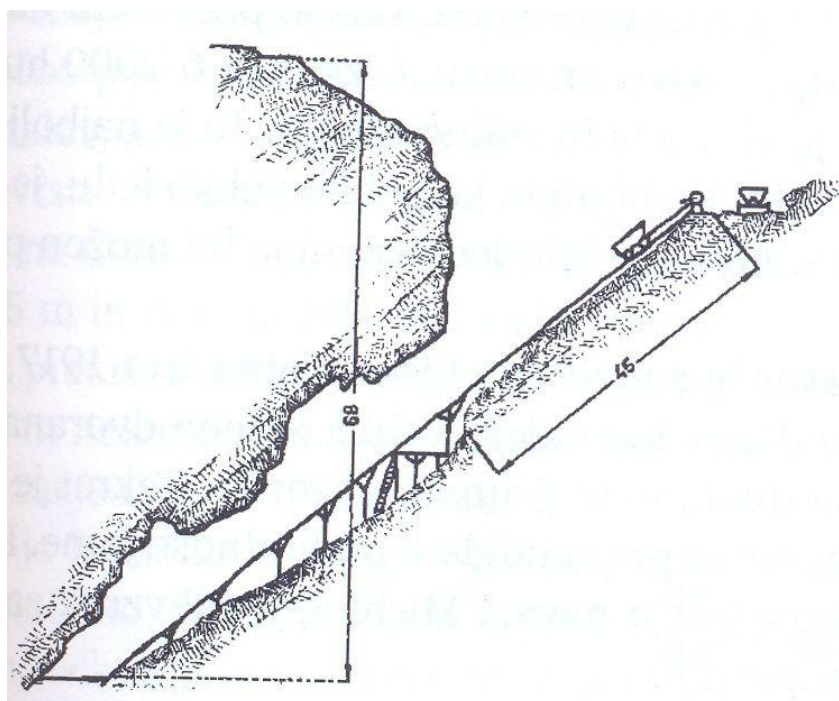
“During the summer the Count and the Lord of Gallenberg used this ice daily to cool his wine. In the month of August six years ago I personally climbed down the cave and found the ice in all the holes.” (Valvasor, 1689).

In some cases the extraction of ice reached the extent of an industrial production. The best known example is Velika Ledenica (Great Ice Cave) v Paradani on the plateau of Trnovski Gozd, not far from the Adriatic port of Trieste. The ice extraction started somewhere in the middle of the 19th century. From this and some other ice caves in the vicinity the ice was transported to Gorica, to nearby towns in Friuli, and to Trieste harbour from where it was transported in special barrels by ships to Alexandria and even to Bombay (Aichholzer 1878). In Alexandria the price for 50 kg of ice was 5 – 6 guldens (day labourer earned little less than 1 gulden per day). During summer drought it was used for local water supply (Habič 1992). During the 1st World War special speleological army detachment made the research of the cave with the aim to use the ice for water supply of the front. In mild winters (1873 for example) the ice was sent to Vienna and Budapest too. The data for 1867 show the extraction of 16.000 quintales (*quintale* = Austrian Zentner, 100 kg) of ice from the caves of Trnovski gozd plateau (Gams 2003, 102). The owner of the cave usually gave it at leasing for 250 – 500 guldens per year. Extraction was simple: the workers cut the ice into pieces of 10-20 kg, by some authors to 55 kg each and carried them in baskets by wooden ladders to the surface from where it was transported by horse driven wagons down to the valley. In 1950-ies a company exploited ice by the mean of 100 m long cableway with small wagon of 200 – 250 kg of capacity. From the wagon it was loaded directly on the truck on the road. During three months of 1952 they extracted 120 t of ice. It was used by transport of fruits to Austria and Britain. Extraction of ice from Velika Ledenica v Paradani finally stopped in 1962 (Nagode 2002). It is interesting that analyses show that cave ice is denser and has higher melting temperature than ice from the surface (Aichholzer 1878). Such statement was given by Valvasor in 1689 already.

From the published works there is evidence that such was a practice also in other regions. Petrucci (1849/50) reports that the ice was used for commercial purposes from two ice caves on Kočevski Rog plateau (South-eastern Slovenia) too: those were Ledena jama v Rogu and Ledena jama pri Kunču (Schwalbe 1887).

The extraction and selling of ice seemed to be such a profitable business that people on the plateau of Kras used to extract and to produce the ice even on the surface. On Kras they used ponds to water cattle, made in the bottom of dolines tightened by clay. During the winter the demand for the water was lower and the ponds were frozen; they extracted the ice from them and sell it. But such a production of the ice was not enough to answer the demand. To increase the production they diverted water from periodical streams over flat surface to freeze quickly and to extract it easier. During the winter there was not great demand for the ice, so people constructed special “ice pits” where it was possible to store the ice during the whole summer. For ice pits they used small dolines or small collapse dolines. Very illustrative example is the village of

Senožeče, where a local brewery which needed ice, operated from 1820-1926 (Savnik 1968). Nearby is one of the best preserved ice pit, 17 m deep.



Cross section of the upper part of the ice cave Velika Ledena v Paradani with the cableway for transport of the ice (Nagode 2002, p. 107).

When the ice and cold of ice caves were no more needed or they were no more rentable regarding the new techniques, they got new value: show caves. Because of their singularity even among the caves, this attracted tourists for long time already, people started early to visit them. It is difficult to decide either Valvasor visited ice cave under Lačna gora (Županova jama nowadays) from tourist or from scholar impulse at the end of the 17th century. He reported that the vicar and people from the nearby village often visit it – a sort of a local tourism. In 1927 a part of Županova jama was opened for tourists. In Slovenia there are two other ice caves which figure as show caves. Above the town of Kočevje Ledena jama na Stojni was arranged for a visit by a landlord at the end of the 19th century already. It was meant as a curiosity to be shown to landlord's noble guests during the hunt in the forests of the high karst plateau Velika gora and is neglected nowadays.

Of lesser economic interest but important for other ways of using ice caves is the interest for them shown by scholars, speleologists, and scientists. Valvasor's visit to Ledena jama pod Lačno goro was mentioned already. B. Hacquet visited the same cave little less than hundred years later and he found in it a common ice. But he says that the ice in this cave is just made of five- or six angles crystals. Why just this type of crystallization he could not find out. By his opinion there must undoubtedly be some salt particles in the water. (Hacquet 1778). By the way, Hacquet was interested in ice crystals in general, as shows his article on frostwork on a windowpane (Hacquet 1790). For his main work "Eishöhlen und Windröhren" (Ice caves and wind tubes) Fugger used the examples, observations, and data from ice caves of Kranjska (Carniola) (Fugger 1894). The same can be said for Schwalbe's "Über Eishöhlen" (About ice caves) and "Über die locale Verbreitung der Eishöhlen" (About local distribution of ice caves) (Schwalbe 1882; 1884). It is interesting that Schwalbe (1882a) is mentioning Kungur ice cave too, the example taken from a Russian author. According to new observations and theories on microclimate and ice formation in ice caves, the research of microclimatic conditions is carrying

on in ice caves of Slovenia too. A good example is a detailed research with the help of modern techniques in the frame of a doctoral thesis lead by a student of the Karstology programme at the University of Nova Gorica.

References:

- Aichholzer, I., 1878: Eis als forstliche Nebennutzung. Zentralblatt f. d. gesamte Forstwesen, IV, 23-25, Wien
- Cevc, T., 1997: Davne sledi človeka v Kamniških Alpah. Pp. 107, ZRC SAZU, Ljubljana
- Fugger, E., 1894: Eishöhlen und Windröhren. Mitth. d. k.k. geographischen Gessellschaft, 97-134, Wien
- Gams, I., 2003: Kras v Sloveniji v prostoru in času. Pp. 516, Založba ZRC, Ljubljana
- Habe, F., 1971: Die Eishöhlen im Slowenischen Karst. Slovenský kras, IX, 135-145, Liptovský Mikuláš
- Habič, P., 1992: Ledena jama. In: Enciklopedija Slovenije, 6, p. 115, Ljubljana
- Hacquet, B., 1778. Oryctographia Carniolica oder Physikalische Erdbeschreibung des Herzogthums Krain, Istrien, und zum Theil der benachbarten Länder. Erster Theil, VII-XVI, 1-162J, G. I. Breitkopf, Leipzig
- Hacquet, B., 1790: Über eine besondere Bildung des Eises von Jahr 1789. Aus einem Schreiben des Herr Prof. Hacquet an dem Herausgeber. Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte (13te Büch) 7ten Bandes, 1tes Stück: 20-28
- Kranjc, A., 2009: Ice change in the caves of Slovenia shown by the old literature. Materialy glaciologičeskikh issledovanij, 107, 170-174
- M., Nagode, 2002; Led v Veliki ledenici v Paradani - Ice in the Velika ledena jama v Paradani. Naše jame, Vol 44, pp. 106-112, Ljubljana
- Reich, 1834: Beobachtungen über die Temperatur des Gesteines. 175-205, Freiberg
- Savnik, R., 1968: Senožeče. In: Krajevni leksikon Slovenije, I, 332, DZS, Ljubljana
- Schwalbe, B., 1882: Über der Eishöhlen und abnorme Eisbildungen. Zentralorgan für die Interessen des Realschulwesens, X. Jg., 585-605, Octoberheft, Berlin
- Schwalbe, B., 1882a: Beitrag zur Frage über die Entstehung der Eishöhlen. Mitth. d. Section f. Höhlenkunde d. Oesterreichischen Touristen-Club. Jg. I, Nr. 2, 1-9, Wien
- Schwalbe, B., 1884: Über die locale Verbreitung der Eishöhlen nebst Beschreibung einiger neuer Eishöhlen und Ergänzungen bis August 1883. Zentralorgan für die Interessen des Realschulwesens, XII. Jg., 1-17 and 66-78, Jännerheft, Berlin
- Schwalbe, B., 1887: Übersichtliche Zusammenstellung literarischer Notizen über Eishöhlen und Eislöcher nebst einigen Zusätzen. Mitth. d. Section f. Höhlenkunde d. Oesterreichischen Touristen-Club, Jg. VI, Nr. 2-3, 13-39, Wien
- Štirn, J., 1954: Visokogorski kras na Malih podih pod Skuto. Proteus, 16, 9, 252-255
- Valvasor, J. W., 1689: Die Ehre deß Herzogthums Crain. I. Th., Pp. 696, Laibach – Nürnberg

CRYOFLUVIAL KARST IN SIBERIA – THE LENA PILLARS

Paul W. Williams

School of Environment, University of Auckland

КРИОГЕННО-ФЛЮВИАЛЬНЫЙ КАРСТ СИБИРИ - ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ

П. В. Уильямс

Обсуждается генезис «Ленских Столбов» – башен доломитизированного известняка вдоль р. Лены в районе г. Якутск. Показано, что столбы разделены как древними тектоническими трещинами, так и современными трещинами бортового отпора, сформированными за счет глубокого промерзания пород в условиях резко-

континентального климата. Трещины освобождаются от криогенного дебриса за счет его гравитационного сноса и флювиального выноса течением р. Лены. При этом процессы карстовой денудации играют второстепенную роль.

The Lena River is one of the great rivers of the world. It flows south to north across 20 degrees of latitude and discharges into the Arctic Ocean, at 73° N. The area of its basin is 2.49 million square kilometres, which makes it the third largest river basin in Asia and eighth largest in the world.

The city of Yakutsk in the middle of the basin has one of the world's most extreme continental climates with an annual temperature range of almost 100° C (-60° to +40° C). Permafrost is continuous and at least 300 m deep, except beneath the course of the river where there is a narrow permafrost-free corridor. Precipitation is small (~ 250 mm) and mainly falls as rain in summer.

This region has numerous cryohydrological and permafrost phenomena, including: permafrost cliffs along rivers; glaciers formed by freezing of perennial spring waters; salt ice build-ups (nadedi) where rock salt is deposited from the freezing of salt water springs; pingos and patterned ground; and thermokarst lakes.

The Lena River at Yakutsk varies from 5-10 km wide and to 10 m or so deep, and its floodplain is about 35 km wide. The river flows at about 105 m asl in this region. It is incised into a broad rolling plateau with summits around 200 - 400 m. Gently dipping Cambrian dolomitic limestones underlie much of country. Where the river swings against the edge of the plateau, its cliffed margin is lined by 100 m high rocky pillars that extend in a discontinuous belt for 40 km or so and also extend up tributary valleys (Buotama and Sinyaya). These are the Lena Pillars.

The age and origin of these pillars is uncertain. It is presumed that they are karstic in origin, because they are formed of carbonate rock. But is this possible in a periglacial environment with little liquid runoff? This presentation examines the origin of the Lena Pillars and concludes that several conditions are important for their development:

(1) The pillars are strongly controlled by major vertical joints, some of these are ancient tectonic features, but some are recent and formed by unloading of the cliff face parallel to the river.

(2) The joints that isolate individual pillars have sometimes been widened by dissolution of the carbonate rock (mainly in the Pliocene rather than in the colder, drier Pleistocene?). This permitted water penetration from the surface and, in turn, facilitated cryogenic processes (freeze-thaw action).

(3) Cryogenic processes widen gullies between pillars leading to their isolation. Pillar faces show almost no evidence of contemporary dissolution (karst) processes. Thus the pillars are essentially cryogenically produced landforms.

(4) Fluvial processes are also critical. This is because cliff-foot ice-shattered debris slides downslope to the valley floor where it is transported away by the river. Without fluvial action the pillars would be buried in their own cryogenic debris. This is why the pillars are riverside landforms. Pillars are best developed in slopes undercut by a river, typically on the outside bends of meanders where river flow is swiftest and so most able to carry away loose rocks.

EFFECTS OF GLACIATIONS ON KARST AQUIFERS AND LANDFORMS IN CANADA.

Derek Ford

Emeritus Professor of Geography and Geology, McMaster University,
Hamilton, ON L8S 4K1, Canada

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ НА ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА В КАНАДЕ.

Дерек Форд

Выделено 10 типов воздействия оледенения на карст, включая ледниковое выпахивание, расчленение и погребение карстоующихся пород, заполнение полостей элювием и другие процессы.

Limestone, dolomite and gypsum outcrop over an area of ~1,200,000 km² in Canada. Under the Prairie provinces an area of more than 500,000 km² of salt overlain by clastic rocks is also potentially accessible to interstratal dissolution. Most of the country was repeatedly glaciated by continental ice sheets or alpine glaciers during the Quaternary.

The interrelationships between glaciers and components of the karst system developing in these rocks are complex and varied. Nine differing effects of glacier action upon karst are recognised here: 1) erasure by glacier scour, which chiefly impacts upon karren and upper epikarst layers; 2) dissection of cave systems and lesser conduits in aquifers by valley glaciers, principally in alpine areas; 3) infilling of dolines and poljes with glacial detritus; 4) injection of glacial detritus deep into an aquifer, rendering it partly or wholly inert; 5) shielding of soluble bedrock from post-glacial dissolution by glacial deposits that are rich in soluble rock fragments; 6) sealing of limestone pavements and epikarst by melt-out tills beneath frozen-down (cold-based) ice; 7) acceleration of karst development by superimposing glacial aquifers upon karst aquifers or focusing into glacier-margin karst terrains; 8) steepening groundwater hydraulic gradients by glacial entrenchment of valleys; 9) inducing inter-stratal dissolution by means of deep injection of melt waters during glacial recession and the accompanying crustal isostatic rebound; 10) initiating groundwater flow with karst dissolution where permafrost thaws beneath an insulating cover of glacier ice. Varying efficiencies and combinations of these differing effects can produce great variety in karst regions.

KARST, PERMAFROST AND GLACIATIONS IN CANADA

Derek Ford

Emeritus Professor of Geography and Geology, McMaster University,
КАРСТ, ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ В КАНАДЕ

Дерек Форд

На Севере Канады различают зоны островной, прерывистой и сплошной мерзлоты. В пределах последней толщина мерзлых пород может достигать 500 м, при этом циркуляция влаги практически отсутствует и карстовые процессы не развиты. В зоне прерывистой мерзлоты сопряженные криогенные и карстовые процессы приводят к формированию логов, польеобразных депрессий и других форм. Рассмотрены примеры развития криогенно-карстовых процессов в известняках, доломитах, гипсах и соляных диапирах. Затронута проблема активизации экзогенных процессов в результате глобального потепления.

Permafrost is developed throughout the northern half of Canada, displaying three zones of increasing severity: (1) in the southern parts of the region 'sporadic permafrost' that is generally confined to silty, frost-susceptible soils: (2) 'widespread but discontinuous' permafrost that may extend deep into bedrocks throughout the central lowland regions between Lats. 60-68° N and further south in the mountain ranges to east and west: (3) continuous permafrost up to 500 m in depth north of Lat. 68° N in the coastal lowlands of the mainland and throughout the arctic islands, extending down to Lat. 62° N or below in high mountain areas. A latitudinal model shows progressive limitation of ground water circulation and karst dissolution in carbonate rocks beginning at ~Lat. 62° N that greatly restricts development north of 68-70° N. Karst activity in sulphate rocks begins to be impeded around Lat. 68° and is severely restricted north of 75°. There is probably deep dissolution of salt beds occurring in diapirs and other structures to ~80° N.

The 'Nahanni North Karst' in limestone and dolomite at elevations between 300 and 1600 m above sea level (asl) at Lat. 62° N in the southern Mackenzie Mountains best exemplifies the interplay of karst and permafrost processes in the mountainous 'widespread' zone. Much groundwater may be obstructed by ground ice build up for periods up to decades before the ice seal is broken. This region is now experiencing rapid warming, with some 40 landslides from permafrost melt in glacial silts or on shale slopes above the karst being recorded in the past twenty years.

Around Lats. 64-67° N in the lowlands between Great Bear Lake and the Mackenzie River in the 'widespread' zone there are very extensive tracts of doline, polje and turlough topography on gentle dolomite plateaus between 300 and 600 m asl, plus some large lakes (400 km²) that drain underground without impediment; it is evident that ground water is able to circulate freely where there are significant stream sinks or where lakes and ponds maintain talik leaking conditions beneath them. Further west in the northern Mackenzie Mountains patterned ground phenomena prevail on carbonate rocks in the continuous permafrost zone above ~1000 m asl but there can be significant local penetration by groundwater to create some striking springhead (reculée) cirques.

In the arctic islands the very extensive tracts of limestone and dolomite display dissolution with frost shatter in the seasonally active thermal zone, plus a few taliks beneath ponds. Some dolines have been reported in gypsum on Devon Island (75° N) and short sinking stream systems (100 – 500 m) on salt diapirs further north.

ECOLOGY OF CYANOBACTERIAE AND ALGAE IN PEVCHESKAYA ESTRADA CAVE (PINEGA, ARCHANGELSKY REGION)

Sh.R. Abdulun

Bashkirian State University, Ufa, Russia

ЭКОЛОГИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДРОСЛЕЙ ПЕЩЕРЫ ПЕВЧЕСКАЯ ЭСТРАДА (ПИНЕГА, АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ш. Р. Абдуллин

Башкирский государственный университет, Уфа

The results of cyanobacteriae and algae investigation from different habitats in Pevcheskaya estrada cave (Pinega, Archangelsky region) are presented. 31 species and infraspecific taxa from Cyanoprokaryota, Bacillariophyta and Chlorophyta were identified. Green algae were found to dominate. Highest species number, average species number in one sample, sum of abundance number and average abundance number in one sample were found in ground, as well in situated near Golubinsky proval cave. It is found, that resemblance between cyanobacteriae and algae species composition of Pevcheskaya estrada and Golubinsky proval caves is higher, than with Kueshta cave (Bashkortostan Republic). Possible, it is connected with influence of cave location.

Представлены результаты изучения цианобактерий и водорослей различных местообитаний пещеры Певческая эстрада (Пинега, Архангельская область). В полости выявлен 31 вид и внутривидовой таксон цианобактерий и водорослей, относящихся к отделам *Cyanoprokaryota*, *Bacillariophyta* and *Chlorophyta*, доминировали представители зеленых водорослей. Наибольшее количество видов, среднее количество видов, сумма баллов обилия и среднее количество баллов обилия в одной пробе цианобактерий и водорослей выявлены в грунте, как и в расположенной рядом пещере Голубинский провал. Отмечено, что сходство видового состава цианобактерий и водорослей пещер Певческая эстрада и Голубинский провал выше, чем с пещерой Куэшта (Республика Башкортостан). Все это связано, по-видимому, с влиянием местоположения пещер.

Пещеры – особые экосистемы, большинство из которых имеют стабильный микроклимат с низкой интенсивностью света, незначительными колебаниями температуры в течение года и постоянной высокой влажностью воздуха. Одним из компонентов биоты пещер являются цианобактерии и водоросли. Изучению этой экологической группы в последние годы уделяется внимание в различных странах мира, включая Россию (Coute, Chauveau, 1994; Абдуллин, 2009). Подробное исследование и анализ особенностей распределения данных организмов в различных полостях из разных регионов Российской Федерации представляют ценность для исследования биологии пещер. Цель данной работы – изучить и проанализировать особенности распределения цианобактерий и водорослей в различных местообитаниях пещеры Певческая эстрада и сравнить полученные результаты с данными литературы.

Пещера Певческая эстрада (Голубинская 1) находится в 1,8 км к северу от поселка Голубино (Пинежский район, Архангельская область). Общая длина полости – 305 м, амплитуда – 9 м. Пещера заложена по подземному потоку, простирается в западном направлении, вглубь уступа Беломорско-Кулойского плато. Вход в полость гротового типа расположен в юго-западной части провальной карстовой котловины, между обнажением гипсов и осыпью. Пещера состоит из двух залов и магистрального хода. Пещерный блок сложен толщей гипсов и гипсоангидритов с редкими маломощными прослоями доломитов и глин. Породы относятся к соткинской свите сакмарского яруса нижней перми. Через всю полость протекает ручей с водопадом высотой 1,9 м в дальнем конце пещеры. В привходовой части полости развиты ледяные образования. Пещера расположена в охранной зоне Пинежского заповедника (Малков, Шаврина, 1991).

Для выявления цианобактерий и водорослей 8-9 августа 2008 г. в пещере Певческая эстрада было отобрано 16 проб: 7 проб грунта, 3 пробы воды, 3 пробы «ила», 3 соскоба и мазка со стен. Отбор проб проводился стандартными методами. Выявление видового состава цианобактерий и водорослей проводилось в лаборатории прямым микроскопированием, на “стеклах обрастания” и после культивирования проб в жидкой минеральной среде № 6. Обилие оценивалось по 7-балльной шкале. Определялась встречаемость (F) (Кузяхметов, Дубовик, 2001). Для сравнения видового состава использовался качественный коэффициент Сьеренсена-Чекановского.

В пещере Певческая эстрада обнаружен 31 вид и внутривидовой таксон цианобактерий и водорослей, относящихся к 3 отделам, 4 классам, 9 порядкам, 18 семействам и 25 родам. Доминировали представители отдела *Chlorophyta*; класса *Chlorophyceae*; порядков *Chlorococcales* и *Oscillatoriales*; семейств *Phormidiaceae*, *Chlorellaceae* и *Nostocaceae*; родов *Phormidium*, *Leptolyngbya*, *Nostoc*, *Chlorococcum* и *Muriella*; по сумме баллов обилия преобладали и наиболее часто встречались виды *Nostoc punctiforme* f. *populorum* (F = 56,3 %) и *Leptolyngbya boryana* (F = 62,5 %). В спектре жизненных форм – hydr.₈Ch₈P₄V₄CF₃amph.₂H₁X₁ – доминировали представители hydr.- и Ch-форм. Альгологически стерильными оказались 2 пробы воды из темновой зоны.

В пробах грунта пещеры Певческая эстрада обнаружено 25 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 3 отделам, 4 классам, 9 порядкам, 16 семействам и 20 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Chlorophyta*, класса *Chlorophyceae* и *Cyanophyceae*, порядка *Chlorococcales*, рода *Phormidium*. По сумме баллов обилия преобладали и наиболее часто встречались виды *Nostoc punctiforme f. populorum* (Geitl.) Hollerb. и *Leptolyngbya boryana* (Gom.) Anagn. et Kom. (F – по 100 %). В спектре жизненных форм преобладали представители Ch-формы, состав жизненных форм был наиболее богатым среди всех местообитаний.

На стенах пещеры Певческая эстрада выявлено 5 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 2 отделам, 2 классам, 2 порядкам, 3 семействам и 5 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Chlorophyta*, класса *Chlorophyceae*, порядка *Chlorococcales*, семейства *Chlorellaceae*, все роды были представлены единственным видом. По сумме баллов обилия преобладал вид *Chlorella vulgaris* Beijer. Все виды были встречены по одному разу. В спектре жизненных форм также доминировали представители Ch-формы.

Таблица

Таксономический состав цианобактерий и водорослей в различных местообитаниях пещеры Певческая эстрада

Таксон	грунт	стен ы	бентал ь	пелаги аль
<i>Cyanoprokaryota</i>	9	1	9	0
<i>Bacillariophyta</i>	5	0	5	0
<i>Chlorophyta</i>	11	4	6	1
Спектр жизненных форм	Ch ₇ B ₄ hydr ₄ P ₃ CF ₃ amph. ₂ X ₁ H ₁	Ch ₃ hydr ₁ P ₁	hydr ₆ P ₃ CF ₃ B ₃ Ch ₃ amph. ₁ X ₁	Ch ₁
Общее количество видов	25	5	20	1
Среднее количество видов в одной пробе	7,6	1,7	7,3	0,3
Сумма баллов обилия	145	11	53	1
Среднее количество баллов в одной пробе	20,7	3,7	17,7	0,3

В пробах бентали полости обнаружено 20 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 3 отделам, 3 классам, 7 порядкам, 15 семействам и 17 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Cyanoprokaryota*, класса *Cyanophyceae*, порядков *Oscillatoriales* и *Chlorococcales*, семейств *Phormidiaceae* и *Nostocaceae*, родов *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Nostoc*. По сумме баллов обилия преобладал вид *Nostoc punctiforme f. populorum* (Geitl.) Hollerb. Наиболее часто встречались виды *Nostoc punctiforme f. populorum* (Geitl.) Hollerb. и *Leptolyngbya boryana* (Gom.) Anagn. et Kom. (F – по 66,7 %). В спектре жизненных форм бентали преобладали представители hydr₆-формы.

В пробах пелагиали пещеры Певческая эстрада выявлен 1 вид – *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punč. из отдела *Chlorophyta*, класса *Chlorophyceae*, порядка *Chlorococcales*, семейства *Chlorellaceae*, представленный Ch-формой (табл.).

Наибольшее количество видов, среднее количество видов, сумма баллов обилия и среднее количество баллов обилия в одной пробе цианобактерий и водорослей выявлены в грунте (табл.). Подобные закономерности отмечены и для расположенной недалеко

пещеры Голубинский провал (Абдуллин, 2011). Хотя данные показатели в местообитаниях некоторых других пещер были максимальными в бентали (Абдуллин, 2005; Abdullin, Pidchenko, 2008). Возможно, это обусловлено тем, что пещеры расположены в различных географических регионах.

Наибольшее сходство видового состава цианобактерий и водорослей различных местообитаний в пещере Певческая эстрада выявлено между пробами грунта и бентали ($K_{C.-ч.} = 71,1 \%$), между пробами бентали и пелагиали сходство отсутствовало ($K_{C.-ч.} = 0 \%$).

При сравнении видового состава цианобактерий и водорослей различных местообитаний расположенных рядом пещер Певческая эстрада и Голубинский провал (Абдуллин, 2011) были обнаружены следующие закономерности: наибольшее сходство имел видовой состав пелагиали ($K_{C.-ч.} = 100 \%$), видовой состав грунта и бентали имели среднее сходство (51,0 % и 41,2 % соответственно), наименьшее сходство – видовой состав стен – 36,4 %. При сравнении видового состава цианобактерий и водорослей различных местообитаний пещер Певческая эстрада и Куэшта, находящейся в Республике Башкортостан (Абдуллин, 2010), было выявлено: сходство видового состава данных организмов грунта – 20,7 %, стен – 21,1 %, бентали – 30,0 %, пелагиали – 28,6 %, что в среднем ниже, чем с местообитаниями пещеры Голубинский провал. Вероятно, это также связано с влиянием местоположения пещер.

Таким образом, в пещере Певческая эстрада выявлены таксономический и экологический состав, а также некоторые особенности распределения цианобактерий и водорослей в различных местообитаниях, проведен сравнительный анализ полученного материала с данными литературы.

Литература

Абдуллин Ш. Р. Цианобактерии и водоросли пещеры Шульган-Таш (Каповой): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа: 2005. 16 с.

Абдуллин Ш.Р. История изучения цианобактерий и водорослей пещер // Пещеры: охрана, история исследований, культура, туризм, современное состояние и перспективы научных исследований в пещерах на территории бывшего СССР: Материалы научно-практической конференции. Сб. науч. тр. Красноярск, 2009. С. 122-126.

Абдуллин Ш. Р. Экология цианобактерий и водорослей пещеры Куэшта (Республика Башкортостан) // Пещеры: сб. науч. тр. / Естественнонаучный институт Перм. гос. ун-та. Вып. 33. Пермь, 2010. С. 122-129.

Абдуллин Ш. Р. Особенности распределения цианобактерий и водорослей в разных местообитаниях пещеры Голубинский провал (Архангельская область) // Материалы международной научной конференции «Каразинские естественнонаучные студии», 1-4 февраля, 2011 г. Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2011. С. 86-87.

Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей. Уфа: Изд-во БашГУ, 2001. 56 с.

Малков В.Н., Шаврина Е.В. Голубинские пещеры на р. Пинеге. / Социально-экологические проблемы Европейского Севера. Архангельск, 1991. с. 175-191.

Abdullin Sh. R., Pidchenko M. S. Cyanobacterial-algal coenoses of Kungur Ice Cave // 3-rd International Workshop on Ice Caves: Volume of Abstracts. Kungur Ice Cave, Perm Region Russia, May 12-17, 2008. P. 54-55.

Coute A., Chauveau O. Algae // Encyclopaedia biospeleologica, tome 1 / C. Juberthie et V. Decu eds., Société de biospéologie. ISSN 0398-7973. 1994. P. 371-380.

CRIOMINERAL FORMATIONS FROM SOME CAVES OF IRKUTSK REGION

E.P. Bazarova

Institute of earth crust, Irkutsk, Russia

КРИОМИНЕРАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПЕЩЕР ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.П. Базарова

Институт земной коры СО РАН, Иркутск

Criomineral formations from three caves of Irkutsk region are distinguished. In the mineralogical relation collected powder material was submitted by calcite and ikaite. Impurities are submitted by quartz, biotite, graphite, feldspars and organic material.

Криоминеральным образованиям пещер, под которыми понимаются вещественные образования, связанные с криохимическими процессами [Андрейчук, Галускин, 2008], в последние годы уделяется все больше внимания [Андрейчук, 1989; Андрейчук и др., 2001, 2007; Андрейчук, Кадебская, 2010; Потапов и др., 2008, 2009; Andreychouk, 2009; Andreychouk et al., 2004, 2005; Lacelle et al., 2009; Potapov et al., 2008; Zak et al., 2004, 2008]. Эти образования возникают при замерзании водного раствора или таянии льда, сопровождающемся нарушением химического равновесия в растворе и отложением минеральных фаз. Это связано с тем, что по таким образованиям возможно осуществлять палеогляциологические и палеоклиматические реконструкции, а также их исследование имеет большой седиментологический и минералогический интерес [Андрейчук, Галускин, 2008].

В пещерах Иркутской области находки криоминеральных образований были описаны для пп. Бол. Байдинская [Филиппов, 1989], Таловская, Бол. Онотская, Загадай [Филиппов, 1997], а также Охотничья и Хрустальная [Базарова, 2010; Базарова, Гутарева, 2011].

В данной работе будут приведены результаты исследований криоминеральных образований пп. Холодная, Ая-Рядовая и Ботовская. Определение минерального состава проб проводилось термическим методом аналитиком Нартовой Н.В. в аналитическом центре Института земной коры СО РАН в Иркутске.

Пещера Холодная находится на юго-восточном склоне Приморского хребта в районе с. Бол. Голоустное и приурочена к среднерифейским породам улунтуйской свиты – известнякам и доломитам онколитовым и строматолитовым, битуминозным, с прослоями глинистых сланцев и алевролитов. По данным спелеоклуба «Арабика», длина пещеры составляет 135 м. при амплитуде 6 м. Пещера имеет вид извилистого меандра шириной до 3,4 м. при высоте до 13 м. Сезонные ледяные образования наблюдаются в холодное время года в привходовом гроте, где представлены небольшой покровной наледью, покровом на стене и множеством булавовидных сталагмитов высотой до 70 см. Проба криоминерального остатка была взята на месте растаявшей наледи и представлена влажным порошком белого цвета, который под бинокулярным микроскопом выглядит как скопление сростков и слепков мелких пластинчатых и нитевидных кристаллов снежно-белого цвета с редкими вкраплениями кристаллов золотистого цвета. В минеральном отношении, по данным термического анализа, проба сложена исключительно икаитом $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Карстовая система Ая-Рядовая, образованная двумя ранее обособленными пещерами, соединение которых провели в 1993 г. спелеологи клуба «Арабика», расположена в северо-восточной части Аинского массива на юго-западном побережье оз. Байкал. Система имеет длину 1350 м. при амплитуде 70 м. [Осинцев, 2010] и заложена в кальцитовых и доломит-кальцитовых графитсодержащих мраморах ольхонской серии

верхнего архея – нижнего протерозоя [Филиппов, 1989]. В мраморах наблюдаются прослои биотитовых гнейсов [Гутарева, 2009] и согласные дайки пегматоидных гранитов [Филиппов, 1989]. В дальней части п. Ая (грот Ледяной) наблюдается многолетняя наледь [Филиппов, 1997]. Проба криоминеральных образований, представленная порошком темно-серого цвета, была взята с поверхности наледи. По результатам термического анализа, проба сложена кальцитом и органическим веществом с примесями, предположительно, гидрослюда, кварца и полевого шпата. При исследовании образца под бинокулярным микроскопом отмечается присутствие в криоминеральном остатке большого количества (около 50%) черных частиц органического происхождения (кусочки древесной коры, углистое вещество), биотита и графита, что объясняет темный цвет пробы. Также отмечаются отдельные зерна кварца. Прочая масса сложена сростками и слепками кристаллов кальцита белого цвета.

Пещера Ботовская на сегодняшний день является самой длинной пещерой России. Она находится на Верхнеленском закарстованном плато в пределах Среднесибирского плоскогорья, входы в пещеру расположены в верхней части левого борта р. Боты [Филиппов, 1994]. По состоянию на 2010 год, пещера имеет длину 64435 м. при амплитуде 40 м. [Осинцев, 2010]. Ботовская пещера заложена в водорослевых известняках усть-кутской свиты нижнего ордовика, слагающей пласт с видимой мощностью до 8 м., зажатый среди морских песчаников этой же свиты [Филиппов, 1999]. В плане пещера представляет собой сетчато-полигональный одноэтажный лабиринт. В ходах пещеры, близких к поверхности, распространены ледяные образования, представленные ледяными покровами, сталагмитами, атмосферными льдами (инеем) и сталактитами. Пробы криоминеральных образований были взяты с поверхности многолетней наледи «Медео». Криоминеральные образования представлены порошком серого цвета. По результатам термического анализа, проба №1, взятая примерно в 40 м. от входа в пещеру, сложена кальцитом с примесью органического вещества и, предположительно, гидрослюда, кварца и полевого шпата. Под бинокулярным микроскопом в основной массе, сложенной сростками кристаллов кальцита белого цвета, наблюдается множество органических остатков (кусочков дерева, травы) и отдельные зерна кварца. Проба №2, взятая с поверхности наледи несколько дальше, по результатам термического анализа сложена кальцитом с примесью, предположительно, икаита. Под микроскопом можно было также видеть незначительную примесь органических остатков.

Органическое вещество, которое наблюдается в больших количествах в криоминеральных образованиях системы Ая-Рядовая и п. Ботовская, является аллохтонной примесью. Частицы кварца и биотита в пробе из системы Ая-Рядовая объясняются наличием данных минералов в биотитовых гнейсах и пегматоидных гранитах, а графита – в мраморах. Эти обломочно-механические частицы можно считать автохтонными примесями.

Были отобраны образцы вмещающих пород п. Ботовская, сложенные кальцитом, кварцем, доломитом, полевыми шпатами и глинистыми минералами в различных соотношениях. (Определение минерального состава вмещающих пород было проведено рентгено-фазовым методом в аналитическом центре Института земной коры в Иркутске аналитиком Филевой Т.С.) Таким образом, кварц и полевой шпат в криоминеральных образованиях п. Ботовская, по всей видимости, объясняется присутствием их во вмещающих породах и также должен считаться автохтонной примесью.

Икаит $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ является редким и метастабильным минералом, который был открыт в 1963 г. в водах Икка-фьорда в Гренландии [Pauly, 1963], а в условиях подземных пустот впервые обнаружен в п. Скеришоара [Onas, 2008]. Его образование мы связываем с повышенными концентрациями магния в карстовых водах, обусловленные наличием во

вмещающих породах доломитов. Кроме п. Холодная, икаит был ранее обнаружен нами в пещерах Охотничья и Хрустальная, заложенных в породах той же свиты.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что собственно криоминеральными образованиями указанных пещер можно считать только икаит в п. Холодная и кальцит в пп. Ая-Рядовая и Ботовская. Прочие минералы, определенные в образцах, являются примесями поверхностного и внутripещерного происхождения.

Автор выражает благодарность спелеологам клуба «Арабика» за помощь в сборе образцов, Гутаревой О.С. за предоставленные результаты анализа вмещающих пород и аналитикам Института земной коры Нартовой Н.В. и Филевой Т.С. за проделанные анализы.

Литература

Андрейчук В.Н. Некоторые своеобразные отложения в Кунгурской ледяной пещере, связанные с ее оледенением // Минералы и отложения пещер и их практическое значение. – Пермь. 1989. – С. 22-23.

Андрейчук В., Галускин Е. Криогенные минеральные образования Кунгурской Ледяной пещеры // Пещеры. Пермь. 2001. Вып. 27-28. С. 108-116.

Андрейчук В., Галускин Е., Ридуш Б. Криогенные минеральные образования из гипсовых пещер Буковины // Северный спелео альманах. 2007. Вып. 7. С. 40-52.

Андрейчук В., Галускин Е. Криоминеральные образования пещер: введение в проблематику // Спелеология и карстология, -№1. – Симферополь. – 2008. С. 67-80.

Андрейчук В.Н., Кадебская О.И. Криоминеральные образования гипсовых пещер Приуралья // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов международной научно-практической конференции. - Набережные Челны: НГПИ, - 2010. С. 48 – 51.

Базарова Е.П. Криоминеральные образования Иркутской и Читинской областей // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов международной научно-практической конференции. - Набережные Челны: НГПИ, - 2010. С. 35 – 38.

Базарова Е.П., Гутарева О.С. Новые данные о минералогии пещер Иркутской области // Стрoение литосферы и геодинамика: Материалы XXIV Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 19 – 24 апреля 2011 г.). - Иркутск: ИЗК СО РАН, - 2011. С. 62 – 63.

Гутарева О.С. Кайнозойский карст в Приольхонье (юго-западное побережье оз. Байкал) // Спелеология и карстология, -№2. – Симферополь. – 2009. С. 77-82.

Осинцев А.В. Крупные пещеры Байкальского региона – новейшие исследования // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов международной научно-практической конференции. - Набережные Челны: НГПИ, - 2010. С. 99 - 101.

Потапов С.С., Паршина Н.В., Титов А.Т. и др. Криоминеральные образования пещер Пинежья // Минералогия техногенеза – 2008. Миасс: ИМин УрО РАН. 2008. С.18-43.

Потапов С.С., Паршина Н.В., Кадебская О.И. Ледяные образования и связанная с ними кристаллизация криогенного гипса в Октябрьских пещерах (Пермский край) // Пещеры. Пермь. 2009. Вып. 32. С.60-67.

Филиппов А.Г. Геология пещер побережья озера Байкал // Proceedings, Vol. 2, 10th International Congress of Speleology (13 – 20 August 1989). Budapest. 1989. С. 583-585.

Филиппов А.Г. Пещера Ботовская // Вопросы физической спелеологии. – М.: МФТИ, 1994. – С. 142–160.

Филиппов А.Г. Пещерные льды Иркутской области // Свет. Вестник Киевского карст.-спел. Центра. – Киев. 1997. - №2(17), С. 13-16.

Andreychouk V., Galuskin E., Ridush B. Criomineral formations from North Bukovinian Caves // 1st International Workshop on Ice Caves: Volume of abstracts. University of Milano. Italy. 2004. P. 36-37.

Andreychouk V., Galuskin E., Persoiu A. Criomineral formations of Scarisoara Cave (Romania) // Glacier cave and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions. Russian Academy of Sciences. Institute of Geography. Moscow. 2005. P. 85-86.

Andreychouk V. Criomineral formations from Koungour Ice Cave (Russia) // 15th International Congress of Speleology. 2009. P. 277-282.

Lacelle D., Laurioland B., Clarc I.D. Formation of seasonal ice bodies and associated criogenic carbonates in Caverne de l'Ours, Quebec, Canada: Kinetic isotope effects and pseudogenic crystal structures // Journal of Cave and Karst Studies. 2009. Vol. 71. №1. P. 48-62.

Onac B.P. Ikaite in the Scarisoara ice deposit: precipitation and significance // 3rd International Workshop on Ice Caves (IWIC – III) – Kungur Ice Cave, May 12 – 17, 2008. P. 28.

Pauly H. Ikaite, a new mineral from Greenland // Arctic. 1963. Vol. 16. P. 263-264.

Potapov S., Parshina N., Shavrina E., Maksimovich N., Kadebskaja O. Mountain flour on ice stalagmites on Pinega caves // 3-rd International Workshop on ice Caves: Volume of Abstracts. Kungur ice Cave. Perm region. Russia. May 12-17, 2008. 2008. P.34.

Zak K., Urban J., Cilek V., Hercman H. Criogenic cave calcite from several Central European caves: age, carbon and oxygen isotopes and a genetic model // Chemical Geology. 2004. Vol. 206. P. 119-136.

Zak K., Onac B., Persoiu A. Criogenic carbonates in cave environments: A review // Quaternary International. 2008. Vol. 187. Issue 1. P. 84-96.

RUSKEALA GEOPARK PROJECT

I.V. Borisov, Y.S. Lyahnitsky, O.A. Minninkov, T.A. Musatova,

I.Y. Khlebalin, A.A. Yushko.

Russian geographical society, Saint-Peterburg

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ РУСКЕАЛЬСКОГО ГЕОПАРКА

И.В. Борисов, Ю.С. Ляхницкий, О.А. Минников, Т.А. Мусатова,

И. Ю. Хлебалин, А.А. Юшко.

Русское географическое общество, Санкт-Петербург

The Ruskeala marble quarries represent a mining history of Sweden, Russia, Finland, and Karelia. The first exploitation of marble was conducted in the end of the 17th century by Swedes. In the mid 18th-19th centuries, Ruskeala marble was widely used for decoration of architectural constructions in Saint-Petersburg.

The Ruskeala quarries are partly flooded, and now they look like water-filled steep-walled depressions. The walls of the main quarry are penetrated with whole systems of underground horizons – adits and drifts, connected by vertical pits.

In 1998, according to the Karelia's Council of Ministers Decree, the area of the Ruskeala main quarry was assigned the official status of the mining history monument of regional significance. However, practice has shown that without a rational usage of such a geosite, its official status as a protected area cannot provide its conservation. Creation of nature-protecting excursion-tourist centers on the basis of geosites is one of perspective directions in this respect.

At present, the area of the main quarry, named "Ruskeala Mountain Park" is leased to a private person. It was equipped and used for excursions. A foot-path is made around the main quarry as well as through a short adit. However during excursions, insufficient attention is paid to geology and underground mine workings.

Currently, a team of researchers, led by Yu. Lyahnitsky, is conducting exploration of underground cavities. They explore the "Ruskeala Gap" - a unique object that represents a giant sun-ken many-tier mine working. The gap is located near the main quarry, and it should be included into the protective area and into the touristic path.

В Карелии в 30 км от города Сортавала (Сербоболя), вблизи Российско-Финляндской границы, находится одно из самых крупных на Северо-западе России месторождений мрамора «Рускеала-1». Его начали разрабатывать еще шведы во второй половине XVII века. Вторично Рускеальское месторождение было открыто сердобольским пастырем Самуилом Алопеусом в 1760-е годы. По указу императрицы Екатерины Великой, первые блоки рускеальского мрамора для строительства Санкт-Петербурга были добыты в 1769 г. С тех пор с перерывами начинается разработка карьеров буровзрывным способом. Рускельский светло-серый полосчатый кальцит-доломитовый мрамор использовался для строительства Исаакиевского собора, Мраморного дворца, Михайловского замка, Зимнего дворца, Чесменской колонны и многих других зданий и обелисков Санкт-Петербурга. За период с 1770 до 1980-е годы на месторождении было пройдено более десяти карьеров различных размеров. В 1880-1930-е годы финны разрабатывали рускеальский мрамор для производства строительной извести комбинированным способом – карьерами и подземными выработками (тремя шахтами глубиной 50-60 м и десятками штолен и штреков, суммарной длиной в несколько километров).

В целом месторождение «Рускеала-1» отрабатывалось шестью горизонтами, четыре из которых были подземными. Первый (верхний) подземный горизонт располагается на отметке 93 м над уровнем Балтийского моря, и включал в себя несколько штреков и штолен. После углубления «Главного» («Монферрановского») карьера в начале 1900-х годов часть подземных выработок исчезла, остались только штольня длиной до 200 м и один небольшой грот.

Второй подземный горизонт находится на отметке 81-82 м. Он тоже частично уничтожен «Главным» карьером в 1920-е годы, и в настоящее время большей частью затоплен. От вертикального ствола шахты № 2 отходил транспортный штрек сечением 3 на 2,5 м, длиной до 150 м. Его остатки в виде полузатопленного грота видны еще и сейчас. Выработка соединялась с шахтой № 1 (ныне засыпанной в устье), от которой в западном направлении продолжался штрек, переходящий в сложную систему добычных подземных тоннелей, разделенных гигантскими целиками. Всего на втором подземном горизонте было добыто более 70 тысяч кубометров кальцитового мрамора для производства строительной извести.

При отработке мрамора подземным способом к западу от «Главного» карьера подземные выработки первого и второго горизонтов были объединены между собой, в результате чего здесь образовалась уникальная система тоннелей длиной 100-300 м, шириной 20-40 м, при высоте кровли до 15-20 м. В 1930-е годы из-за технических просчетов в западной части первого подземного горизонта обвалилась кровля, в результате чего образовалось отверстие диаметром 20-30 м, так называемый, «Рускеальский провал».

Третий подземный горизонт был пройден на отметке 69-70 м и по размерам был вдвое меньше, чем второй горизонт. Он также сообщался с поверхностью через шахту № 2. При углублении «Главного» карьера подземные выработки этого горизонта сократились на 2/3, и их остатки в настоящее время находятся под водой.

Четвертый (нижний) подземный горизонт находился на отметке 54 м, ниже подошвы «Главного» карьера. Его выработки были небольшими, поскольку горные

работы здесь начались только в конце 1930-х годов. Мрамор поднимался на поверхность через шахту № 3, вход в которую ныне засыпан породой.

Две короткие штольни в конце 1930-х годов также были пройдены финнами на втором горизонте (104-106 м над уровнем моря). Они служили для транспортировки пустых вагонеток и подхода рабочих к стволу шахты № 2. В настоящее время эти штольни используются для проведения экскурсий.

С 1945 года рускеальский мрамор продолжали разрабатывать для производства строительной извести, известковой муки, щебня, декоративной крошки и облицовочных плит, в результате чего в границах месторождения появилось еще несколько карьеров, ныне заброшенных и полузатопленных.

В настоящее время «Главный» карьер со штольнями второго добычного горизонта (104-106 м) месторождения «Рускеала-1» является экскурсионным объектом Горного Парка «Рускеала» и имеет статус горнопромышленного и геологического памятника республиканского значения. Концепцию горного парка разработали в конце 1990-х годов И.В. Борисов и А.И. Грибушин – инициаторы использования старинных горных выработок Северного Приладожья в качестве экскурсионных объектов. Впоследствии фирмой ООО «Колмас Плюс» был разработан проект обустройства экскурсионной тропы вокруг «Главного карьера», получившего название «Мраморный Каньон».

Наша группа комиссии карстоведения и спелеологии РГО считает, что необходимо дальнейшее развитие Горного парка «Рускеала», составление проекта использования его подземного пространства и придания ему статуса природного парка, а в дальнейшем – геопарка федерального ранга. Мы приступили к реализации этого намерения в рамках проекта нашей комиссии «Подземная Карелия». По договоренности с администрацией Горного парка «Рускеала», мы начали исследовательские работы в подземных горных выработках месторождения – «Большом зале» и штольне, начинающейся в борту «Главного» карьера. Зимой со льда была проведена топографическая съемка наиболее крупной полости – зала, имеющего длину около 120 м, и ширину - 64 м. Потолок (кровля) Зала опирается на восемь гигантских колон-целиков, диаметром до 10 м. Его высота достигает (от льда) 7-8 м до потолка и 10-12 м до поверхности земли на краю провального выхода. Зал затоплен до глубины около 8 м. Конечно, такая гигантская полость со сводчатым потолком, массивными высокими колоннами и огромным зеркалом подземного озера является замечательным экскурсионным объектом, имеющим высокий эстетический потенциал, тем не менее, эта часть месторождения до сих пор не имеет никакого защитного статуса и может быть разрушена предприятием, планирующем добычу мраморной крошки в соседнем карьере.

Проведенные исследования показали, что «Большой Зал» связан с «Главным» карьером штольной, в северной части которой образовался крупноглыбовый завал, перекрывший проход. Тем не менее, Игорь Хлебалин сумел найти в завале лаз, который позволил его преодолеть, что доказывает возможность создания подземного маршрута по штольне № 1, объединяющего подземные выработки и «Мраморный каньон». Удалось изучить второй тоннель штольни, который до подрыва выходил на поверхность в борту соседнего карьера № 5, провести топографическую съемку подземных выработок и прилегающих участков поверхности. Теперь будет необходимо расчистить завалы штольни. Таким образом, формируется обширная сеть подземных полостей, которые могут быть использованы для обустройства экскурсионного маршрута общей длиной более 300 м. Необходимо разработать проект разбора завалов, нормализации горно-технической ситуации, очистки штолен и обустройства безопасного подземного маршрута.

Сейчас нами проводятся комплексные исследования указанных подземных полостей. Некоторые результаты оказались совершенно неожиданными, например,

сначала были выявлены следы стояния воды в 1,5 метрах над подошвой штольни, что указывало на возможность крупных паводковых затоплений, которые затем удалось наблюдать весной 2011 г. При разработке проекта обустройства подземного маршрута необходимо предусмотреть мероприятия, не допускающие повышения уровня подземных ручьев в паводковых обстановках.

Нами исследовалась радиационная обстановка в подземных выработках. Уровень радиационного фона низкий и не препятствует проведению экскурсий.

Зимние микроклиматические наблюдения показали, что в центральной зоне полостей поддерживается положительная температура, что благоприятно для проведения зимних экскурсий. Намечены радоновые, гидрохимические, микробиологические и другие исследования.

Особый интерес вызывает изучение минералогии и геологии на территории и в окрестностях Горного парка «Рускеала». Рускеальские мраморы имеют сложный минеральный состав (кальцит, доломит, актинолит, тремолит, волластонит, диопсид, кварц и т.п.), который определяет физико-механические свойства камня. На отвесных западных бортах «Главного» карьера и на сглаженной ледником поверхности мрамора отмечается микрокарст гребенчато-ямочной формы. Более крупные формы карстообразования в пределах Рускеальского месторождения мрамора не установлены.

В подземных полостях и на участке Горного парка «Рускеала» на поверхности предполагается проведение интеллектуального наполнения маршрута: муляжи изображающие сцены добычи мрамора, скульптурные композиции, копии пещерной живописи и т.д., а в буферной зоне – размещение музея, кемпинга, гостиницы, ресторана и других элементов инфраструктуры туристического предприятия.

Совместно с фирмой «Germtek» разрабатывается проект оборудования современного освещения карьера и подземной части будущего маршрута.

После претворения в жизнь этого проекта Рускеальский парк станет одним из самых интересных и состоятельных природоохранных экскурсионно-туристических центров России, ни в чем не уступающим лучшим геопаркам Европы.

Литература

Борисов И.В. Рускеальские каменоломни. Сортавала, 2010 г.

Борисов И.В. Каменное ожерелье Ладogi. СПб, 2010 г.

ZOOBENTHOS OF PRIPINEZHAYA CAVE SYSTEMS (ARKHANGELSK REGION). - VARIETY OF FAUNA AND ECOLOGICAL COMPLEXES SPECIES.

E.S. Chertoprud*, M.V. Chertoprud*, P.P. Borisov, E.V. Shavrina*****

*Moscow State University

**Institute of fish culturing and oceanology, Moscow

***State reserve "Pinezhsky"

ЗООБЕНТОС ПЕЩЕРНЫХ СИСТЕМ ПРИПИНЕЖЬЯ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ.) – РАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ВИДОВ.

Е.С. Чертопруд*, М.В. Чертопруд*, Р.Р. Борисов, Е.В. Шаврина*****

*Московский государственный университет, Москва, Россия.

**Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Рыбного Хозяйства и Океанографии (ФГУП ВНИРО), Москва, Россия;

***ЗГПЗ «Пинежский», Пинега Россия.

Here describes the faunal composition and ecological complexes of zoobenthos inhabiting the waters of cave systems Olympiyskaya, Museynaya, Chrystal'naya (nature reserve

«Jelesnye Vorota») and Golubinskiy proval, Kitej (Pinejskiy conservancy area). Samples were collected in January 2011 (20 samples – macrobenthos; 20 samples – meiobenthos).

In the collected samples revealed 17 species of invertebrates belonging to four classes: Nematoda, Oligochaeta, Crustacea and most diversely represented, Insecta. Among the identified taxa troglobiont is one species of Amphipoda – *Pallasea* sp. n. (new species for science); trogliphils – two species – Copepoda: *Megacyclops viridis* and *Olygochaeta: Enchytraeidae* indet.; troglaxene presented exclusively by insects and their larvae are most numerous – 14 species. The basic principles of the fauna formation in the studied caves are discussed. Found in the caves Golubinskiy proval and Kitej the new species *Pallasea* sp. n. is the most northern finding of troglobiont organisms in Eurasia. This fact is important both for the analysis of biogeography of freshwater amphipods, and in model evaluation of the distribution of the cave faunas relicts in general.

Фауна зообентоса водоемов Припинежья изучена к настоящему времени далеко не полно. Наиболее детальные исследования бентосных сообществ проведены для озер и нескольких малых рек, расположенных на территории Пинежского государственного заповедника (Баянов, 2000; Студенова и др., 2008). Однако в работе Баянова (2000) для ряда групп организмов (например, Bivalvia, Coleoptera, Diptera) часть определений была выполнена только до уровня родов. В работе Студеновой с соавторами (2008) идентификация организмов проведена только до отрядов и классов. Характерно, что практически все существующие публикации о зообентосе Припинежья посвящены анализу фауны поверхностных (наземных) экосистем и совсем не затрагивают пещерные водоемы, разнообразно представленные в данном районе Архангельской области.

Основная цель настоящей работы: описание фаунистического состава и экологических комплексов зообентоса, населяющего водоемы (озера, реки и родники) пещерных систем Припинежья. Полигонами исследований выбраны пещеры лога Железные ворота (заказник «Железные Ворота») и окрестностей поселка Голубино (Пинежский заповедник). Литературные данные о фауне пещерного зообентоса данных карстовых районов до настоящего времени полностью отсутствовали.

Материалы и методы. В январе 2011 г. в пещерах лога Железные Ворота: Олимпийская, Музейная, Хрустальная, а также в пещерах ближайших окрестностей поселка Голубино: Голубинский провал и Китеж нами собрано 40 проб макро- и мейобентоса. Объем материала по макробентосу состоял 20 качественных проб, а серия сборов мейобентоса – 20 количественных проб (площадь одной пробы 2 см²). Пробы располагались на 10 станциях (ст.), охватывающих озерные мелководьях (пещ. Музейная – 2 ст.), речные и ручьевые перекаты и плесы (пещ. Ломоносовская – 4 ст. и Хрустальная – 1 ст.), а также сифонные участки (пещ. Голубинский провал – 2 ст. и Китеж – 1 ст.). На каждой станции было взято по две пробы макро- и две пробы мейобентоса. В пещере Хрустальной, где основные водоемы расположены в промерзающем предвходовом гроте и ближайших к нему залах, организмов бентоса не обнаружено.

Пробы макробентоса (организмов с размером тела от 2 мм) собирали с помощью бентосного сачка (размер ячеи 1 мм). Пробы мейобентоса (организмов со средним размером тела 0.1-2 мм) собирали с помощью трубчатого пробоотборника вместе с грунтом, и в дальнейшем промывали через мельничный газ (размер ячеи 70 мкм). Обнаруженные организмы помещали в герметичные флаконы и фиксировали 10% формалином.

Все отмеченные в пещерах виды были разделены нами на три экологических комплекса, представители которых различались степенью связи своих жизненных циклов с пещерными местообитаниями. Первый экологический комплекс: троглобионтные организмы, обитающие исключительно в пещерах и имеющие специфические черты,

связанные с пещерным образом жизни (редуцированные глаза, непигментированные покровы и т.д.). Второй экологический комплекс: троглофильные организмы, достигающие в пещерах значительной численности, но встречающиеся также и в окружающих наземных экосистемах. Троглофилы обычно не имеют специальных морфологических приспособлений для обитания в подземных биотопах. Третий экологический комплекс: троглоксены – организмы, случайно попавшие в пещерное сообщество, вследствие заноса водами, или в результате проникновения с поверхности материнской особи (характерно для насекомых). Информация об экологических особенностях найденных видов основана как на результатах собственных исследований, так и на данных литературных источников, главный из которых: «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий» (1997, 1999, 2001).

Результаты. Видовое разнообразие. Всего в собранных пробах обнаружено 17 видов беспозвоночных, принадлежащих к четырем классам: Nematoda, Oligochaeta, Crustacea и, наиболее разнообразно представленные, Insecta. Среднее число видов на пробу варьировало от 1 до 8. Обилие организмов в пробах варьировало от 1 до 26 экземпляров.

Большинство отмеченных организмов относились к размерной группе макробентоса. Мейобентосная фауна, обитающая на глинистых грунтах изученных пещер в зимний период, оказалась крайне бедна. Мейобентос был представлен одним видом Copepoda (*Megacyclops viridis*) и спорадически встречающимися Nematoda, которых не удалось определить до вида.

Среди обнаруженных таксонов троглобионтным является один вид амфипод – *Pallasea* sp. n.; троглофильными – два вида: веслоногий рачок *Megacyclops viridis* и олигохета Enchytraeidae indet. Троглоксены, представленные исключительно насекомыми и их личинками, наиболее многочисленны – 14 видов. Общий список фауны изученных пещер представлен в таблице 1.

Наиболее разнообразной оказалась бентосная фауна пещеры Олимпийская, через которую протекает река Насониha – 11 видов. Для видового богатства отношение насекомые / прочие группы составляет 9/2. Река Насониha, не является полностью пещерным водотоком, и берет свои истоки в поверхностных озерах и ручьях. В связи с этим практически все организмы, отмеченные в подземной части реки, являются троглоксенами. Специфическую троглофильную фауну в пещере Олимпийская представляют только Enchytraeidae indet., массово обитающие в глине вдоль уреза воды и на других влажных участках грунта.

На втором месте по разнообразию бентоса находится пещера Музейная – 7 видов. Для видового богатства отношение насекомые / прочие группы составляет 5/2. В двух крупных озерах этой пещеры представлены как троглоксены, так и троглофильные (*Megacyclops viridis* и Enchytraeidae indet.) организмы. Крупные циклопы *M. viridis* очень обычны для подземных вод, где часто достигают значительного обилия (Рылов, 1948). По сравнению с пещерой Олимпийской водоемы пещеры Музейной более труднодоступны для фауны наземных экосистем. Озера в Музейной слабопроточные и наполняются только за счет паводковых грунтовых вод, но не ручьевого стока с поверхности. Отсутствие стока поверхностных вод значительно ограничивает возможности проникновения в озера организмов троглоксенов. Однако, расстояние от основного входа в пещеру до озер составляет не более двух сотен метров, что, несмотря на достаточно узкие ходы, слабо препятствует проникновению в залы пещеры летающих имаго насекомых.

Для пещер Голубинский провал и Китеж, в которых были исследованы сифонные участки, удаленные от входа не менее чем на 400 метров, отмечен единственный вид – троглобионт *Pallasea* sp. n. (Сидоров и др., 2011). Эта новая для науки амфипода

встречается на глинистом дне сифонных участков, иногда даже в значительном количестве – до 6 экземпляров на пробу (пещ. Голубинский провал).

Характерно, что комплексы видов, обнаруженные в разных пещерах, практически не пересекаются. Только четыре вида встречены в двух из четырех рассмотренных пещер. Один из этих видов является троглобионтным – *Pallasea* sp. n., один – троглофильным – *Enchytraeidae* indet., а два – троглоксенами (поденка *Cloeon luteolum* и веснянка *Taeniopteryx nebulosa*), вероятно, массовыми в поверхностных водоемах. Предположительно, значительные различия видового состава бентоса разных пещерных систем объясняются недостаточной изученностью фауны. Дальнейшие исследования несомненно приведут к расширению видовых списков и увеличению их перекрытия. Кроме того в разных пещерах различаются принципы формирования фауны: в одном случае основную роль играет занос наземных видов с водой, в другом – перемещения крылатых стадий насекомых. Иногда, когда фауна обитает в условиях относительной изоляции, ее формирование частично происходит за счет образования специализированных пещерных таксонов.

Таблица 1. Встречаемость таксонов макро- и мейобентоса в изученных пещерах*.

Список видов	Пещеры			
	Олимпийская	Музейная	Китеж	Голубинский провал
Кл. Nematoda				
<i>Nematoda</i> indet.	+	-	-	-
Кл. Oligochaeta				
<i>Enchytraeidae</i> indet.	+	+	-	-
Кл. Crustacea				
Отр. Copepoda				
<i>Megacyclops viridis</i>	-	+	-	-
Отр. Amphipoda				
<i>Pallasea</i> sp. n.	-	-	+	+
Кл. Insecta				
Отр. Ephemeroptera				
<i>Baetis rhodani</i>	+	-	-	-
<i>Cloeon luteolum</i>	+	+	-	-
<i>Siphonurus lacustris</i>	-	+	-	-
Отр. Plecoptera				
<i>Diura nanseni</i>	+	-	-	-
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	+	+	-	-
<i>Nemurella pictetii</i>	+	-	-	-
<i>Nemoura sahlbergi</i>	+	-	-	-
<i>Nemoura</i> af. <i>avicularis</i>	-	+	-	-
Отр. Heteroptera				
<i>Sigara semistriata</i>	+	-	-	-
Отр. Diptera				
<i>Dicranota bimaculata</i>	+	-	-	-

<i>Eloeophila mundata</i>	+	-	-	-
<i>Cnetha</i> sp.	+	-	-	-
<i>Guttipelopia guttipennis</i>	-	+	-	-
Число видов	11	7	1	1

* Все указанные в таблице виды не отмечены для водной фауны Пинежского заповедника.

Заключение. Считается, что в период голоценовых оледенений как поверхностные водоемы, так и пещеры приполярных областей Евразии значительно промерзали, что привело к практически полной гибели их эндемичной фауны. Вероятно, практически вся пресноводная фауна северных регионов России является постгляциальной, расселившейся здесь после последнего оледенения в течение нескольких тысячелетий. В субтропических пещерах Средиземноморья, напротив, пресноводная фауна существует в относительно стабильных условиях с третичного периода, вследствие чего насчитывает много специализированных и эндемичных таксонов (Боруцкий, 1952). В свете данной точки зрения, вероятность обнаружения специализированных троглобионтных видов как в регионах умеренной полосы, так и в приполярье, очень низка. До настоящего времени, в Евразии самым северным троглобионтным видом являлась амфипода *Crangonux chlebnikovi*, обнаруженная в Кунгурской пещере (Паньков, Крайнев, 2003). При этом Кунгурская пещера находится в Пермском крае на Среднем Урале, что примерно на 1000 км южнее, чем Пинежский карстовый массив.

Таким образом, найденная в пещерах Голубинский провал и Китеж *Pallasea* sp. n. является самой северной находкой троглобионтных организмов в Евразии. Этот факт представляет несомненный интерес как при биогеографическом анализе распространения пресноводных амфипод, так и при модельной оценке распространения реликтовых пещерных фаун в целом.

Литература

Баянов Н.Г. Зоопланктон и бентос озер. Harpacticoida пресных вод. В кн.: Структура и динамика природных компонентов Пинежского заповедника (северная тайга етр, Архангельская область). Биоразнообразии и георазнообразии в карстовых областях. Архангельск: СОЛТИ, 2000. С.113-128.

Боруцкий Е.В. Ракообразные. Harpacticoida пресных вод // М.-Л.: 1952. Фауна СССР. Т. 3. Вып. 4. 424 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Паукообразные. Низшие насекомые. Т. 3. С.-Пб.: 1997. 440 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые. Двукрылые. Т. 4. С.-Пб.: 1999. 998 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые. Т. 5. С.-Пб.: 2001. 837 с.

Паньков Н.Н., Крайнев Е.Ю. Беспозвоночные животные Кунгурской Ледяной пещеры // Кунгурская Ледяная пещера: 300 лет научной и туристической деятельности. Материалы международной научно-практической конф. Пермь, 2003. С. 183-186.

Рылов В.М. Cyclopoidea пресных вод. Ракообразные. Фауна СССР. Т.3. М.-Л.: И-во Академии Наук СССР, 1948. 319 с.

Сидоров Д.А., Чертопруд Е.С., Семиколенных А.А., Шаврина Е.В. Загадочная *Pallasea* (Crustacea: Amphipoda) из пещер Голубинский провал и Китеж / Материалы Международной конференции, посвященной 300-летию со дня рождения М.В.Ломоносова "Карстовые системы Севера в меняющейся среде." 2011. (Россия, пос. Красная Горка, 5-10 сентября 2011). В печати.

Студенова М.А., Завиша А.Г., Новоселов А.П., Студенов И.И., Дворянкин Г.А. Зообентос. В кн.: Компоненты экосистем и биоразнообразии карстовых территорий европейского севера России. Архангельск: СОЛТИ, 2008. С.309-314.

Чертопруд Е.С., Чертопруд М.В., Пономарев С.А., Удалов А.А. Зообентос реки Шульган и пещеры Капова (Южный Урал, Башкирия) // Изучение заповедной природы Южного Урала. 2006. Вып. 3. С. 403-419.

EXAMPLES OF MODELING OF KARST PROCESSES

A.Ya. Gaev, Yu.A. Kilin, I.N. Alferov, N.S. Alferova

Public Institute of karstology and speleology, Russian geographical society
Orenburg State University

ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Я. Гаев, Ю.А. Килин, И.Н. Алферов, Н.С. Алферова

Институт карстологии и спелеологии Русского географического общества,
Оренбургский государственный университет

Схема гидродинамической зональности по Г.А. Максимовичу (1969) включает в себя все зоны, в том числе переходную зону и зону поддолинного стока под реками Сылва, Ирень и др. Дренируются воды зоны постоянного горизонтального стока и грунтовые воды водосборов. Интенсивность карстовых процессов в разных зонах существенно отличается, как и значения модулей и относительных модулей подземного химического стока в т/км² в год (А.Я. Гаев, 1969, 1989). Установлено, что значения интенсивности химической денудации в переходной зоне в 3÷8 раз выше, чем в зоне аэрации (табл. 1, рис. 1). А это значит, что объемы карстовых пустот в переходной зоне и в зоне аэрации должны быть пропорциональны величинам интенсивности карстового процесса. То есть, в переходной зоне происходит наиболее активное формирование карстовых полостей и формируются основные объемы карстовых пещерных систем, развивающихся унаследованно и характеризующихся многоэтажностью (Г.А. Максимович, 1963, 1969). Ниже по разрезу воды насыщаются растворенными солями, агрессивность их и интенсивность процессов снижаются. Включение гидрогеохимических методов в комплекс геолого-геофизических работ помогает в прогнозе объемов подземных карстовых форм. Химическая денудация гипсов и ангидритов в условиях техногенеза оценена рядом исследователей для зон интенсивного развития подземного стока в 582,5 микрона в год, что на порядок выше, чем в среднем в Пермском Прикамье.

Характер старения карстовых пещер зависит от знака и интенсивности неотектонических движений. Г.А. Максимович указал на связь уровней спелеогенеза с террасами рек, проявляющуюся при неотектонических движениях. При отрицательных движениях наступает стадия аккумуляции с заполнением полостей рыхлым материалом типа терра-росса, почв и кор выветривания. При положительных движениях

Таблица 1. Расчетные значения подземной химической денудации по трассе магистрального газопровода (Ординский район)

Гидродинамические зоны	Модуль стока л/с, км ²	Концентрация сульфатов в водах, мг/дм ³	Модуль химич. стока, т/км ² год	Модуль химич. денудации, т/км ² год	Мощность зоны,	Относит. модуль подземной химич. денудации, т/км ² в год
Зона аэрации	3,5	до 0,65	67	67	11	6,34
Переходная зона	2,71	до 2,5	207	123	5,7	20,85

спелеосистемы вовлекаются вверх, растут в размерах, соединяются через провалы с земной поверхностью.

Спелеозтажи геоморфологически соотносятся с надпойменными речными террасами. То есть, в карстовом массиве идут два противоположных процесса – активного формирования и старения спелеосистем с заполнением карстовых полостей. Эти представления отражены в разработанных нами моделях карстовых процессов (рис. 1, 2).

Карстовые депрессии, котловины, лога и суходолы формируются вдоль тектонически ослабленных зон земной коры и в условиях высокой физико-химической неустойчивости пород превращаются в ядра слабо изученных элементов неоландшафта – мульды оседания и растяжения, которые представляют основную опасность для пересекающих их трубопроводов. Бортовые зоны карстовых депрессий, котловин, логов, суходолов чаще всего бывают достаточно широкие с пологими задернованными склонами и блюдцеобразными воронками. Но на отдельных участках они приобретают обрывистый характер, из-за более энергичных неотектонических поднятий, особенно в при водораздельной части. По бортам долин рек нередко фиксируются трещины бортового отпора шириной до 2 м и глубиной до 3 м и более. Из цепочек слившихся карстовых воронок нередко формируются слепые эрозионно-карстовые лога.

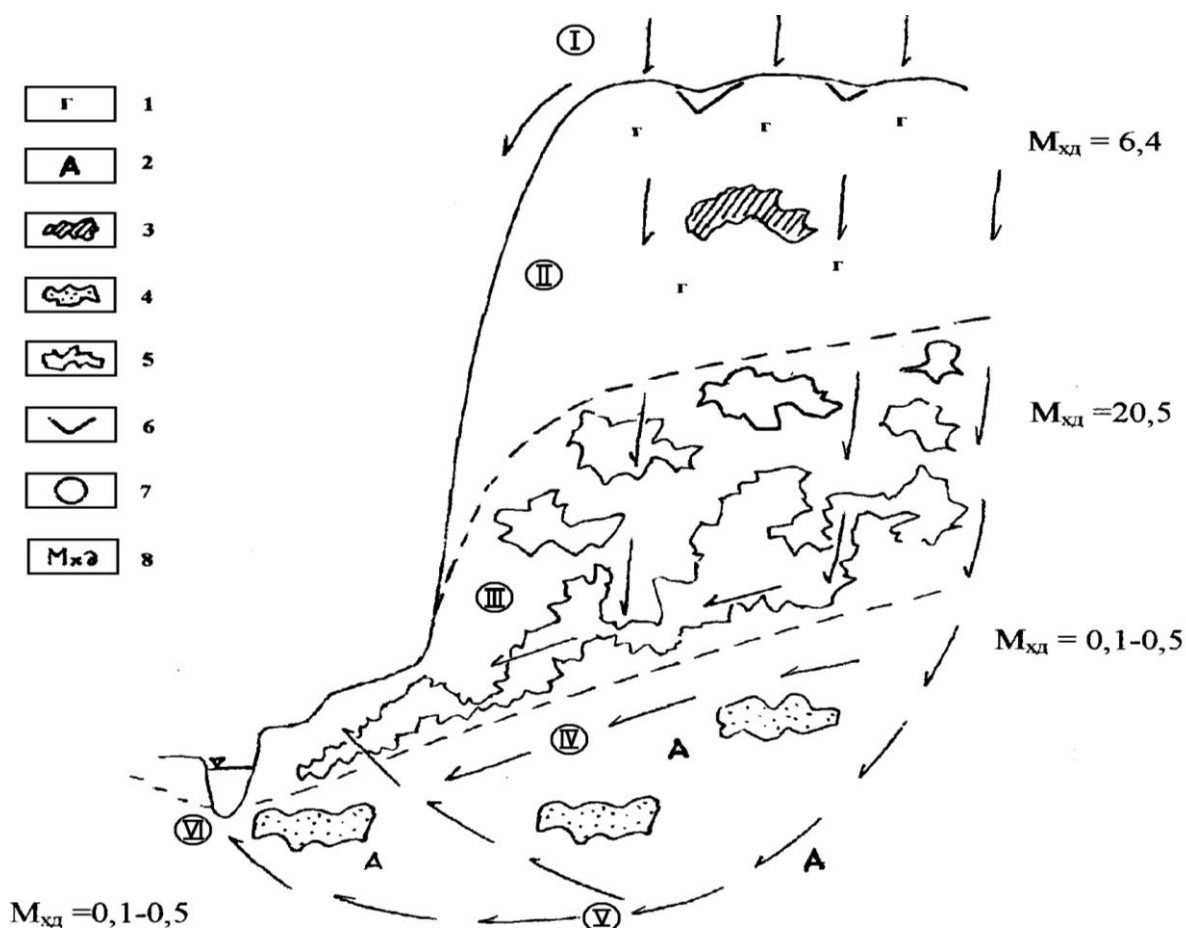


Рис. 1 Гидродинамическая модель образования карстовых форм.

1-гипсы; 2-ангидриты; 3-открытые подземные карстовые полости; 4-карстовые полости, заполненные или частично заполненные продуктами обрушения кровли; 5-карстовые полости, заполненные или частично заполненные продуктами аккумуляции

типа тера-росса; 6-участки площадных деформаций поверхности земли над карстующимися породами; 7-гидродинамические зоны карстовых вод: I-поверхностной циркуляции, II-вертикальной нисходящей циркуляции (аэрации), III- переходная, IV- горизонтальной циркуляции, V-сифонной циркуляции, VI- поддолинного стока; 8-модуль химической денудации и его значение в т/км² в год.

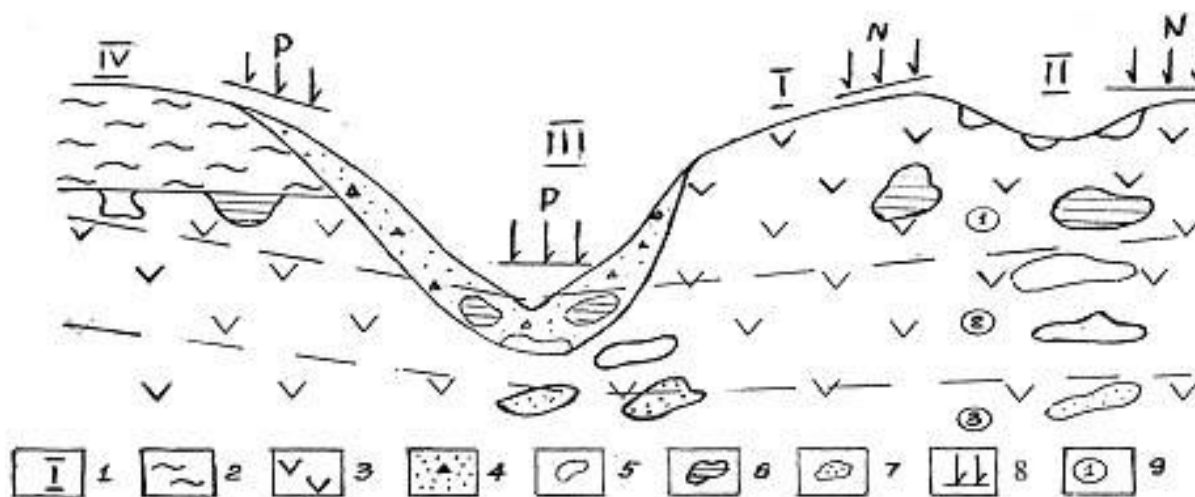


Рис. 2. Модель формирования карстовых процессов в зонах сосредоточения поверхностного и подземного стока:

1 - типы карста по Г.А. Максимовичу: I – голый, II – задернованный, III – подэлювиальный и подаллювиальный, IV – закрытый; 2 – песчаники, алевролиты; 3 – гипсы и ангидриты; 4 – пески, гравий, щебень, суглинки; 5 – открытые подземные карстовые полости; 6 – карстовые полости, заполненные или частично заполненные продуктами обрушения кровли; 7 – карстовые полости, заполненные продуктами аккумуляции типа тера-росса; 8 – участки площадных деформаций поверхности земли над карстующимися породами; P– мульда оседания; N – деформации оседания-обрушения; 9 – гидродинамические зоны карстовых вод: 1 – вертикальной (нисходящей) циркуляции, 2 – переходная, 3 – горизонтальной циркуляции.

Элементы геодинамической модели системы труба – массив горных пород показан на рис. 3. Совокупность карстово-суффозионных и эрозионно-тектонических процессов оказывает глубокое влияние на формирование рельефа и при существенных изменениях линии профиля по трассе газопровода может оказать интенсивное деформирующее воздействие на такие линейные жесткие коммуникации, как трубопроводы большого диаметра (1420 мм).

Разработанные модели и результаты гидрогеологических исследований могут эффективно использоваться при создании единого информационного пространства с целью осуществления сквозного геоэкологического мониторинга карстовых районов (СГМКР). Основой технологии СГМКР является создание детальной геолого-геофизической и геоэкологической моделей карстового объекта с оценкой состояния ОС (рис. 1, 2, 3). По мере изучения и освоения объекта их модели уточняются, что позволяет принимать оптимальные решения. Представленные модели позволили установить, что для коммуникаций и сооружений основную опасность представляют деформации типа оседания и растяжения в крупных карстовых депрессиях, к которым приурочены зоны

сосредоточения подземных вод.

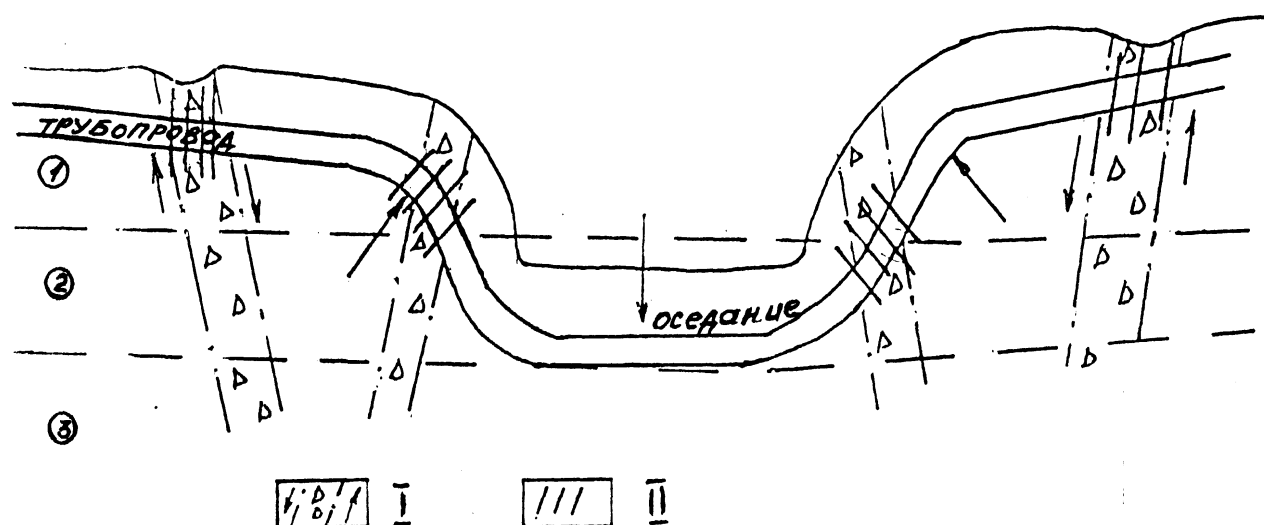


Рис. 3. Схема формирования мульды оседания земной поверхности и дополнительных напряжений в системе труба-массив горных пород:

I – тектонически ослабленные зоны, определяющие блоковый характер векторных деформаций земной коры. II – дополнительные напряжения на металле трубопровода в связи с формированием мульды оседания земной поверхности с развитием карстово-суффозионных и эрозионно-тектонических форм. Гидродинамические зоны: 1 – аэрации или вертикальной нисходящей циркуляции вод; 2 – переходная; 3 – зона постоянного горизонтального стока.

Выводы. На основе анализа разработанных нами моделей развития подземных карстовых процессов нами опровергнут тезис о том, что для коммуникаций и крупных сооружений основную опасность представляют провальные карстовые мезоформы. Установлено, что эта опасность связана с деформациями типа оседания и растяжения в крупных карстовых депрессиях, к которым приурочены зоны сосредоточения подземных вод. В результате геологической деятельности вод и проявляются наиболее активно суффозионно-карстовые процессы, сопровождающиеся обрушением пород сводов в формирующиеся карстовые полости. Органные трубы и колодцы в их кровле соединяют полости с понорами и карстовыми воронками, через которые вода беспрепятственно проникает до уровня карстовых вод, порождая интенсивный карст в переходной зоне. Гравитационное обрушение пород сводов в карстовые полости является второй важнейшей составляющей процесса. Вода, стекая в карстовые воронки, поноры и трубы, падает на продукты обрушения в карстовых полостях, и при подъеме уровня вод вновь подвергает продукты обрушения суффозионно-карстовому процессу. Гидрогеохимические методы в комплексе геолого-геофизических работ помогают в прогнозе подземных карстовых форм. Параметры объема и интенсивности подземной химической денудации мы вслед за А.Я. Гаевым выражаем через модуль и относительный модуль подземного химического стока, в т/км^2 в год. Сопоставляя параметры химической денудации пород зоны аэрации с объемными показателями поверхностной закарстованности, мы установили, что подземный карст в переходной зоне протекает в 3÷5 раз интенсивнее, чем на поверхности земли. Интенсивность техногенной химической денудации гипсов и ангидритов оценивается нами в массивах карстующихся пород Пермского Прикамья еще на порядок выше.

ABOUT METHODOLOGY AND METHODS OF HYDROGEOLOGICAL RESEARCHES OF KARST PROCESSES

A.Ya. Gaev, Yu.A. Kilin, I. I. Minkevich, N.S. Alferova, I.N. Alferov

Public Institute of karstology and speleology, Russian geographical society

Orenburg State University

О МЕТОДОЛОГИИ И МЕТОДИКЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Я. Гаев, Ю.А. Килин, И.И. Минькевич, Н.С. Алферова, И.Н. Алферов

Институт карстоведения и спелеологии РГО,

Оренбургский государственный университет

Вопросы методологии исследований и методики выполнения полевых и камеральных карстологических работ изложены неоднократно Г.А. Максимовичем, К.А. Горбуновой, авторами и другими исследователями. С научно-технической революцией связаны процессы экологизации науки, производства и образования, проявившиеся и в гидрогеологии массивов карстующихся пород. Гидрогеология – это фундаментальная наука о подземной гидросфере Земли (Е.В. Пинеккер, 1999), а ее составная часть, гидрогеоэкология – это междисциплинарная наука об экологических проблемах гидросферы Земли. Объектом исследований гидрогеологии служит гидросфера, находящаяся во взаимосвязи с другими геосферами Земли, или система вода – порода – газ – живое вещество – нооценос. Ведущую роль в формировании системы играет человек. В связи с обострившимся экологическим кризисом требуется переоценка ситуации и принципиально новый подход к информационному обеспечению управленческих решений по прогнозу и функционированию инженерной инфраструктуры, особенно в районах развития карста. Опыт показал, что такие задачи эффективно решаются на основе создания опорных полигонов, на которых уже имеются проектируемые, строящиеся, или эксплуатируемые и реконструируемые инженерные сооружения и коммуникации. Это частично реализовано под руководством Ю.А. Килина за последние 25 лет на Ясылском участке Ужгородского коридора трансконтинентального газопровода в Пермском крае. Здесь запроектирован полигон с участками эксплуатируемых производственных коммуникаций и сформированы базы данных для прогноза условий эксплуатации аналогичных объектов.

Учение о единстве природных вод Земли заложены в трудах В.И. Вернадского и развиваются в фашиально-формационном гидрохимическом (Г.А. Максимович) и в генетическом (Н.С. Курнаков, М.Г. Валяшко, В.С. Самарина, А.Я. Гаев, С.Л. Шварцев) направлениях, что позволяет в совокупности охватить все разнообразие вод, формирующихся на Земле в природных и техногенных условиях. Главными, определяющими факторами при гидрохимической характеристике режима вод мы считаем гидрохимические фации и химические типы (подтипы) вод, установленные в соответствии с классификацией этих авторов. Принадлежность к химическому типу, подтипу и группе вод мы определяем путем вычисления соответствующих коэффициентов по трем наиболее важным супертехнофильным элементам – Cl, S (SO₄) и N(NO₃).

По частным миграционным кривым (В.С. Самарина, 1977) классифицируем воды водоносных горизонтов по минерализации и среднестатистическому ионно-солевому составу в пределах соответствующих интервалов минерализации. Техногенная метаморфизация химического состава вод охарактеризована через технофильность по Ф.И. Тютюновой, (1987). Исследованы супертехнофильные анионогенные и высоко технофильные элементы. Полной метаморфизацией мы называем смену химического типа

вод в результате воздействия природных и техногенных факторов, а неполной – смену химического подтипа или группы вод в пределах сульфатного типа. Отклонения от ПДК по одному или нескольким показателям по ГОСТ «Вода питьевая», мы называем загрязнением, происходящим при метаморфизации химического состава вод или без нее.

В эпоху научно-технической революции перед гидрогеологией стоят задачи разработки методических основ картографирования гидросферы и создания системы мониторинга для оценки и прогноза гидрогеоэкологической ситуации урбанизированных территорий. Эффективными являются информационные технологии, обеспечивающие накопление, обработку и интерпретацию информации для принятия решений по конкретным задачам. Используются традиционные и оригинальные методы обработки материалов при построении гидрогеоэкологической карты, разработанные авторами при поддержке грантов Минобрнауки (Гаев и др., 1994-2007). Используются так же дистанционные методы с аппаратурой зондирования в тепловом, инфракрасном, оптическом, рентгеновском и радиоволновых диапазонах, обеспечивающие получение цветосинтезированных оцифрованных карт, включая уточненную топооснову, а так же спектрзональные и синтезированные снимки масштаба от 1:40000 до 1:1000000. Наземные методы включают гидрогеологическое и карстологическое обследование исследуемой территории с опробованием природных вод. При дешифрировании аэрокосмоснимков выделены линейные и кольцевые зоны, соответствующие тектонически ослабленным и карстоопасным участкам; выделены так же нарушенные земли и техногенные процессы с признаками опустынивания. На зимних фотоснимках хорошо видны пылевые шлейфы и выбросы предприятий через трубы и коммуникации.

Для оценки процессов в открытой неравновесной системе вода – карстующаяся порода выполнены натурные экспериментальные исследования с использованием метода стандартных образцов (И.И. Минькевич, 2003). Растворение гипса протекает более активно, чем кальцита, что позволяет рассчитать показатели интенсивности растворения породы в зависимости от воздействия различных факторов. Хорошие результаты получены благодаря стандартизации образцов по литолого-текстурному фактору и организации большого числа станций с типовыми условиями взаимодействия воды с породой. Образцы изготовлены из единых партий плотных скрытокристаллических пород без включений и трещин в форме таблеток диаметром 40÷45 мм, толщиной 7÷8 мм, весом 18÷25 г., а в контакте с родниковыми водами использованы более крупные образцы. Первоначально они были установлены на 50 станциях и 5-ти опытных участках, а после 5-тилетних наблюдений по единой методике исследования продолжены на 38 станциях пяти опытных участков.

В Кунгурской ледяной пещере исследования по растворимости сульфатных пород проведены в комплексе с ежемесячными режимными наблюдениями за параметрами вод, атмосферы и пород. Пещера оказалась хорошей натурной лабораторией для исследования растворимости пород.

Методика типизации территории позволяет выделить площади по степени уязвимости к карсту и к загрязнению. Параметром оценки этих процессов служит модуль предельно допустимого загрязнения по А.Я. Гаеву (1989, 2008), значения которого варьируют от ≥ 100 т/км² в год до < 5 т/км² в год и который мы используем для оценки активности системы вода - порода.

Наряду с обследованием и опробованием вод, почв, грунтов и илов, на ряде площадей проведены режимные гидрогеологические наблюдения. Построены схемы типизации территории, отражающие одновременно степень техногенной нагрузки и уязвимости к загрязнению. Схемы ретроспективного плана отражают уровень экологического благополучия территории, интенсивность проявления карстовых процессов и служат обоснованием для прогноза и размещения производительных сил в

соответствии с методикой, разработанной под руководством А.Я. Гаева и В.С. Самариной (1989-2008) при участии авторов. Гидрогеологические методы применены в комплексе с геолого-геофизическими и дистанционными, включая тепловизионную съемку, выполненную Институтом аэрокосмического приборостроения (г. Казань), что позволило выявлять зоны проявления карста и сосредоточения карстовых вод.

Принадлежность к химическому типу, подтипу и группе вод определена путем вычисления генетических коэффициентов по наиболее важным супертехнофильным элементам – Cl , S (SO_4^{2-}) и $N(NO_3^-)$. Полной метаморфизацией мы называем смену химического типа вод, происходящую под совокупным воздействием природных и техногенных факторов, а неполной – смену химического подтипа, или группы вод в пределах сульфатного типа (Самарина, Гаев и др., 1999). Отклонения в составе вод от ПДК или ГОСТ «Вода питьевая» по одному или нескольким показателям, мы вслед за гигиенистами называем загрязнением воды. Оно может сопровождаться и не сопровождаться метаморфизацией химического состава вод.

Методика построения гидрогеохимической карты районов развития карстующихся пород масштаба 1:100000 содержит 4 уровня информации: 1) Отнесение вод к генетическим типам и подтипам; изменение химического типа свидетельствует о метаморфизации химического состава вод; 2) Классификацию вод по минерализации в пределах каждого типа и подтипа; градации минерализации выбираем по миграционным кривым (Самарина, 1977), отражающим статистическую зависимость %-эквивалентного содержания каждого макрокомпонента от минерализации воды. Точки пересечения кривых, в которых происходит перестройка состава воды по преобладающим компонентам, ограничивают интервалы минерализации. 3) Классификацию состава воды по преобладающим компонентам, или среднестатистический состав вод водоносного горизонта, типа (подтипа) вод в определенном интервале минерализации. Такой состав отражает тенденцию главных компонентов к накоплению или рассеянию с ростом минерализации. 4) Наличие загрязнителей в конкретной точке опробования, превышающих ПДК. Карта сопровождается профилями и информацией по источникам загрязнения, отходам и очистным сооружениям. Картографические построения использованы для создания системы мониторинга.

В основе технологии сквозного гидрогеоэкологического мониторинга карстовых районов (СГМКР) лежит создание постоянно трансформирующихся геолого-геофизических и геоэкологических моделей объектов. Технология СГМКР базируется на использовании современных автоматизированных систем сбора, хранения, обработки и интерпретации геолого-геофизической и экологической информации, включая данные тепловизионной съемки. Методика позволяет оперативно выявлять зоны сосредоточения карстовых вод и участки проявления интенсивного карста.

Целью создания системы мониторинга является снижение негативных последствий карстовых процессов путем своевременных противокарстовых мероприятий, разрабатываемых на основе комплексных наблюдений за геолого-гидрогеологической обстановкой территории, техногенными воздействиями на геологическую среду, изменениями физико-механических свойств покровных отложений, за режимом подземных вод, как в карстующихся, так и в не карстующихся породах. Гидрогеохимические методы могут эффективно использоваться при создании единого информационного пространства в процессе осуществления системы мониторинга.

Использованная в работе методика гидрогеологических исследований позволила учесть наиболее важные процессы формирования карстовых форм и химического состава подземных вод, и связать их с гидродинамическими условиями.

SEASONAL CRYOGENIC CAVE DEPOSITS OF NORTHERN CASPIAN REGION

I.V. Golovachev

Russian geographical society, Astrakhan

СЕЗОННЫЕ КРИОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПЕЩЕР СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

И.В. Головачёв

Русское географическое общество, Астрахань

In the article description of the seasonal snowy- ice deposits, characteristic for the karst of the North Caspian region is given.

Keywords: karst, cryogenic deposits, cryogenic mineral formations, cave Baskunchakskaya, Baskunchak lake, elevation Bish-chokho, Inder lake, northern of the Caspian region.

В статье даётся описание сезонных снежно-ледовых отложений, характерных для карста Северного Прикаспия.

Ключевые слова: карст, криогенные отложения, криогенные минеральные образования, пещера Баскунчакская, озеро Баскунчак, возвышенность Биш-чохо, озеро Индер, Северный Прикаспий

На территории Северного Прикаспия (под термином «Северный Прикаспий» автор подразумевает восточную часть Прикаспийской низменности, ограниченную с западной стороны Волго-Ахтубинской долиной) отмечается наличие не менее 500 соляных куполов, различных очертаний и по-разному выраженных в рельефе. К некоторым из них приурочены небольшие по площади разрозненные карстовые районы. Они связаны с выходом на дневную поверхность древних позднепалеозойских пород, представленных нижнепермскими гипсами (P₁kg), в ядрах соляных куполов.

Климат Северного Прикаспия резко континентальный и характеризуется засушливостью, высокой испаряемостью (около 880 мм), малым количеством осадков (около 200 мм/год), высокой среднегодовой величиной относительной влажности (68%). Климат этого региона относится к климату северной пустыни. Аридность климата Северного Прикаспия обусловлена особенностями атмосферной циркуляции над Евразией. Формирование пустынного климата происходит под преобладающим влиянием таких барических образований, как Сибирский антициклон и квазистационарная депрессия над Чёрным морем.

В холодное время года территория Северного Прикаспия оказывается под влиянием Сибирского антициклона. В этот период с восточными и юго-восточными ветрами сюда поступают континентальные полярные воздушные массы, характеризующиеся малой влажностью и низкими температурами. Также в холодный период года резкие похолодания могут происходить и вследствие вторжения сильных северных ветров, приносящих сухой и морозный арктический воздух.

В зимний сезон в карстовых формах рельефа происходит накопление снежно-ледовых масс и холодного морозного воздуха, который будучи более тяжелым, застаивается в карстовых пустотах на довольно длительный период сохраняя от стаивания криогенные отложения.

Криогенные отложения представлены в пещерах Северного Прикаспия конжеляционными льдами, имеющими сезонный характер и формирующимися за счёт замерзания инфильтрационных вод. Отложения этого типа включают в себя разнообразные ледяные натёчные образования. Так, например, в карстовом районе окрестностей озера Баскунчак в пещере Баскунчакская в зимнее время образуются на

стенах ледяные натёчные коры, занавеси и сталактиты, на полу пещеры – ледяные сталагмиты кеглеобразной или палкообразной формы. Рост ледяных натёчных образований в этой пещере только на одном участке (40-90 м по Центральной галерее от Входа №1) обусловлен значительной разницей температур воздуха по вертикали: от +1°C у потолка, до -0,5°-3,4°C у пола [2]. В январе 1996 года в Центральной галерее этой пещеры автору довелось наблюдать ледяные палкообразные сталагмиты высотой до 1,5 м при толщине около 3-4 см. В некоторых пещерах этого района льдом покрываются подземные озёра (пещера Шаровская-2) и тальвеги подземных периодических потоков (пещера Баскунчакская). Т.е., согласно В.Н. и Г.Н. Дублянским, образуется «*речной и озёрный лёд*» [5]. В период весеннего снеготаяния или кратковременной зимней оттепели в привходовых частях пещеры Баскунчакская на полу образуются покровные наледи. Такие ледяные подушки в пещере Баскунчакская, расположенные в районе II Входа и Зала IV Выхода, имели зимой 1996 года мощность до 30-40 см, площадь около 40-50 м², объём льда до 20 м³. Снежно-ледовые конусы, образующиеся за счёт *офирнования снега*, накапливаются в снежные холодные зимы под входными колодцами в пещерах Кристальная и Баскунчакская (Вход I). В пещере Кристальная в особо холодные зимы снежно-ледовый конус может сохраняться до мая месяца (когда температура воздуха на поверхности достигает 20-25°C) [4].

Аналогичные криогенные отложения наблюдались автором в пещерах возвышенности Биш-чохо и в окрестностях озера Индер. В этих карстовых районах снежно-ледовые отложения также сохраняются до середины мая.

На возвышенности Биш-чохо они характерны для пещер Биш-чоховская-1 и Биш-чоховская-2, представляющих собой крупный «холодовой мешок» с небольшим входом. Однако к началу лета эти отложения стаивают. В пещере Кененбай в зимний период на полу пещеры образуются небольшие ледяные сталагмиты. В 1997 году на полу этой пещеры были обнаружены необычные грунтовые образования по форме напоминающие маленькую юрту или перевёрнутую чашку 4-6 см высотой, 6-10 см диаметром, с толщиной стенок 2-3 мм и верхним отверстием 1-1,5 см диаметром. Эти образования сформировались благодаря невысоким ледяным сталагмитам. Путём погребения их ранней весной, занесённым ветром через входное отверстие пещеры, песком и дальнейшим намерзанием поверхностной песчаной корки на ледяное тело. Причём продолжающаяся капель, образовала водобойную ямку на верхушке ледяного сталагмита. Вследствие последующего таяния ледяного тела и просачивания талой воды в рыхлые песчаные отложения пещеры, грунтовая корка осталась стоять слепком сталагмита. Получившиеся в результате этого процесса грунтовые слепки являются весьма специфичными для данной пещерной полости и, к сожалению не долговечными. С наступлением летней жары, эти грунтовые образования высыхают и рассыпаются [3].

В окрестностях озера Индер в течение холодного сезона также происходит накопление криогенных пещерных отложений. В ходе экспедиционных работ в мае 2011 года были встречены пещеры - «холодовые мешки», в которых все стены обильно покрыты кристаллами льда, пол покрыт толстой ледяной корой, а под входными отверстиями располагаются снежно-ледовые конусы. В это время температура на поверхности превышала +25°C. По данным З.В. Яцкевича [6] на дне некоторых воронок на северном берегу озера Индер отложения снега сохраняются в течение всего года. Причём, в то время когда на поверхности температура воздуха превышает +35°C, на дне некоторых карстовых пустот и воронок температура держится около 0°C (по данным от 22 июля 1936 г). На основании проведённых замеров [6] было установлено, что на глубине от 5 до 11 м от поверхности земли происходит резкое падение температуры воздуха с +29,5°C до +1,5°C (т.е. на 6 м по вертикали амплитуда температур составила 28°C!)

Криогенные минеральные образования были встречены в баскунчакских пещерах и представлены «гипсовой мукой» [1] - белым мучнистым порошком, образующимся в процессе замерзания пещерных вод и сублимации пещерных льдов (т.е. имеет криохимическое происхождение). Наиболее ярко эти образования наблюдались в январе 1996 года в пещере Баскунчакская. Белого цвета «гипсовая мука» покрывала тонким слоем верхушки ледяных сталагмитов и ледяных натёчных покровов пола. Во время весеннего подтопления пещеры Баскунчакская в 1996 году, мучнистые гипсовые образования были смыты водным потоком и переотложены в виде длинного белого шлейфа вдоль стен, поверх отложений пола.

Литература

1. Андрейчук В., Галускин Е. Криогенные минеральные образования Кунгурской ледяной пещеры. // Пещеры. - Пермь: изд-во Перм. ун-та. 2001. - С. 108-116.
2. Белонович А.В., Цой О.Б. Пещера Баскунчакская. Краткая история и результаты исследования (К 20-летию спелеосекции г. Саратова). // Спелеология Самарской области. Выпуск 2, - Самара, 2002. - С. 83-90.
3. Головачёв И.В. Пещера «Кененбай». // Материалы комплексной научно-исследовательской экспедиции по Волго-Уральским пескам. - Астрахань, Астраханское отделение РГО, 1998. - С.39-44.
4. Головачёв И.В. Карст и пещеры Северного Прикаспия [Текст]: монография / И.В. Головачёв. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 215 с.
5. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстоведение. Ч.1. Общее карстоведение: Учеб. пособие // Перм. ун-т. - Пермь, 2004. - 308 с.
6. Яцкевич З.В. Материалы к изучению карста Индерского поднятия. // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 69, выпуск 6, 1937. - С. 937-955.

THE OVERVIEW OF KARST TOPOGRAPHY IN THE NORTHERN PART OF SIBERIA ACCORDING REMOTE SENSING DATA

D.V. Dobrynin*, A.A. Semikolennykh **

Moscow State University

* - R&D Centre Scanex, ** - soils faculty

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ФОРМ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ СИБИРИ

Д.В. Добрынин*, А.А. Семиколенных **

*- ИТЦ СКАНЕКС, **-факультет почвоведения

МГУ им. М.В.Ломоносова

Сообщения в публикациях о наличии форм карстового рельефа в северной части Сибири носят отрывочный характер. В источниках встречаются упоминания о карсте более южных районов: в карбонатных породах бассейна реки Алдан, в районах Патомского нагорья, Енисейского кряжа, Приангарья, за западе Вилюйской впадины, в истоках и среднем течении реки Лены, на водоразделах между рр. Леной и Вилюем, рр.Леной и Нижней Тунгуской, на западе Вилюйской впадины. Исключение составляют районы Норильского плато и западной части плато Путорана. Ряд исследований проведен на центральном и западном Таймыре (Чижишев, 1959; Мирошник, 1962; Парамурзин, 1984; Цыкин, 1994).

Вместе с тем изучение карста северных территорий представляет несомненный интерес с точки зрения понимания закономерностей формирования и эволюции форм

рельефа, палеогеографии, геокриологии, неотектоники Севера Евразии. Особое значение могут иметь работы по изучению особенностей существования и эволюции географически разобщенных сообществ психрофильных организмов в разнообразных экстремальных климатических обстановках.

Распространенное мнение о генезисе и развитии карста крайнего севера можно свести к трем основным утверждениям:

- подавляющее большинство карстовых форм являются унаследованными от более теплых и влажных климатических периодов;
- интенсивное развитие карста происходило в периоды, предшествующие формированию криолитозоны этих районов, или во время климатических оптимумов и приуроченных к ним морских трансгрессий;
- карст находящийся в криолитозоне – стабилизируется.

В настоящей работе нами была предпринята попытка выявления и первичной типизации контуров карстовых форм рельефа по данным дистанционного зондирования Земли обзорного и среднего пространственного разрешения. Первичное выделение районов выхода на поверхность карбонатных пород проводилось по данным спектрорадиометра MODIS. Обзорная карта, созданная по результатам дешифрирования данных низкого пространственного разрешения дает основные представления о территориях, нуждающихся в детальных дистанционных, а в перспективе, наземных исследованиях. (Рис. 1) На следующих этапах проводилось детальное обследование выделенных территорий по данным космической съемки среднего пространственного разрешения. В качестве основных данных использовались изображения, полученные прибором ETM+ со спутника Landsat-7.

Карстовые формы рельефа, выявляемые по данным дистанционного зондирования в разных районах (секторах) Севера Евразии, характеризуются, в целом, сходным морфологическим строением, выявляемым по структурным признакам космических изображений. По морфологическим характеристикам выявлены нескольких типовых ландшафтных рисунков, которые прослеживаются в субширотном направлении в поясе известняков практически от Енисея до Чукотки. В ходе дешифрирования и были выделены объекты следующих типов:

Тип 1. Сеть мелких и средних воронок изометрической формы, иногда, в комплексе с крупными изоморфными карстовыми депрессиями по долинам рек, сочетающиеся с короткими мелкими линейными формами по склонам долин, как правило, поперек залегания пласта.

Тип 2. Узкие долины каньонного типа с переменной глубиной, сопряженные с мезоформами линейного и воронковидного вида, как правило, вдоль залегания пласта.

Тип 3. Карстовые формы заполненные частично или полностью минеральными осадками или торфяными отложениями, прекратившие активную фазу развития, вследствие тектонических или криогенных процессов.

Тип 4. Участки развития «сухих русел».

Тип 5. Короткие долины карстового облика по берегам крупных рек, образование которых связано с увеличением трещиноватости, коррозии и эрозии пласта в краевых образованиях (бортовой отпор).

Тип 6. Морфологические структуры карстового облика не связанные непосредственно с рельефом. Участки развития аномально дренированных равнинных тундр.

Тип 7. Морфологические структуры карстового облика не связанные непосредственно с рельефом. Территории с развитой регулярной сетью воронковидных

понижений в современных рыхлых и биогенных отложениях, без видимых выходов карбонатов на дневную поверхность.

Среди выделенных регионов, вероятно, наибольший интерес представляют левый берег среднего течения р.Котуй, где развитие карста происходит в приподнятых блоках на левом берегу структурной долины Котуя, а также Горы Бырранга на полуострове Таймыр. В отношении Гор Бырранга имеется ряд литературных сообщений о нахождении карстовых форм. Ранее сообщалось о наличии карстовых форм в виде башенных останцов и замкнутых долин по рекам Тарей и Шренка (Цыкин, 1994). В среднем течении р. Нижняя Таймыра в 6 км от впадения в нее речки Траутфеттер находится пещера Миддендорфа, где русский путешественник и исследователь Сибири провёл 18 дней в 1842 г заболев во время проведения экспедиции, и который составил описание грота (Миддендорф, 1861). В 1929 году в этой пещере останавливался еще один русский ученый и исследователь Таймыра Николай Николаевич Урванцев, который и дал в своих отчетах имя пещере (Магидович, Магидович, 2004). Горы Бырранга сложены в основном глинистыми сланцами, железистыми песчаниками и алевролитами (на поверхности они выветрены до щебня и дресвы), с отдельными выходами долеритов, габбро и диабазов. Для центральной части характерны выходы известняков, иногда встречаются мраморные купола. Известняки и доломиты слагают колосовскую свиту позднего рифея Шренк-Ленинградской фашиальной зоны. Карбонатный тип разреза характерен для девона, отложения которого развиты главным образом по склону Хребта Бырранга (Цыкин, 1994). Вся территория находится в зоне сплошной многолетней мерзлоты. С настоящее время тектонические условия в горах относительно спокойные. Важным фактором формирования системы долин является проработка водами прошлых морских трансгрессий, выветривание и эрозия обусловлены в значительной степени морозобойным растрескиванием горных пород.

Предложенная выше классификация легла в основу легенды первичной карты распространения признаков карста Северного Таймыра (Рис 1). Наиболее распространенным типом для Гор Бырранга является: 1 – выявлено более 200 объектов. За ним следуют 3 и 5 по 120 соответственно. Но по площади лидирует 6 тип, контура которого образуют непрерывную зону в центральной части северного склона Бырранга. 1 и 2 типы тяготеют к центральным частям массивов бырранга с наивысшими локальными отметками рельефа. 3,6,7 встречаются больше на подножьях склонов, с выходом на равнинные ландшафты. Ожидаемым результатом было обнаружение признаков интенсивного развития карстовых процессов в местах, где карстующиеся отложения неглубоко подстилалась водоупорными некарбонатными породами. При этом довольно неожиданным было выявление интенсивно развивающихся карстовых процессов 5 типа вне пределов Бырранга. Речь идет о равнинных тундрах, расположенных к северу от гор в среднем – нижнем течении рек Ниж. Таймыра и Ленинградская.

В целом предварительный анализ имеющейся информации не выявил каких-либо системных закономерностей. Вероятно, эту проблему стоит изучать по материалам более регулярных съемок среднего разрешения с привлечением детальных субметровых снимков и данных дистанционной термометрии. Исключение, вероятно, составляют представители 6 типа, чья аномальная дренированность может быть связана с льдистостью подстилающих пород.

Анализ участия процессов ледниковой экзарации в формировании облика карстовых территорий Таймыра, геоморфологически выявляемый в настоящее время, по нашему мнению показал, что признаки ледниковой экзарации незначительно коррелируют с признаками коррозионной карстовой проработки. В ряде случаев выявляются локальные структуры 2 типа. Реже – 1ого.

В целом можно заключить, что существующие ранее карстовые процессы в современных условиях маскируются аккумулятивными и денудационными явлениями характерными для северных территорий, однако, при этом те карстовые формы, которые «читаются» на контурной основе хорошо, свидетельствуют о возможном проявлении современных карстовых явлений.

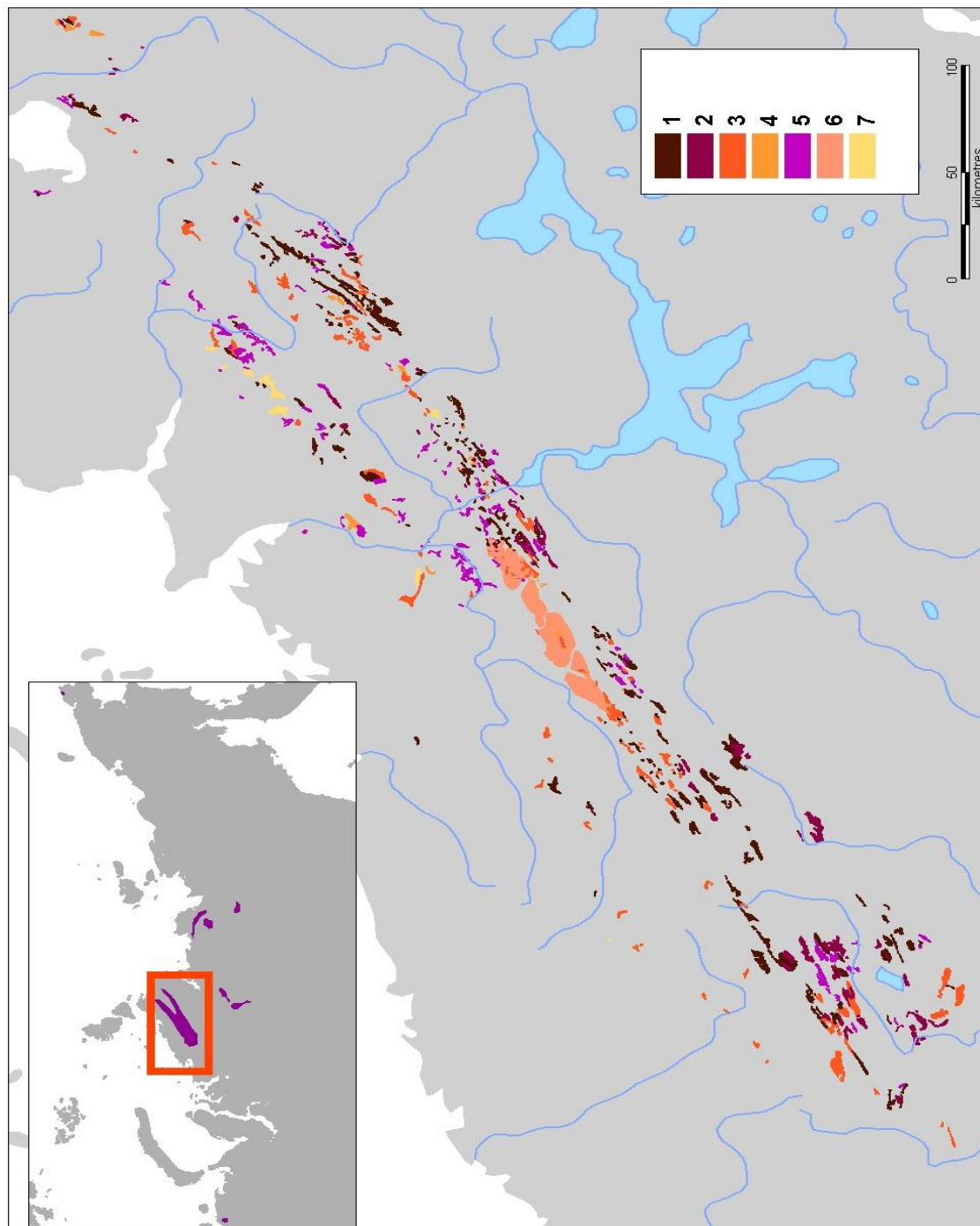


Рис. 1. Обзорная карта перспективных районов нахождения карстовых форм на п-ове Таймыр по данным дешифрирования космоснимков (легенда в тексте).

Литература

- Магидович В., Магидович И.: Географические открытия и исследования 17-18 веков, М., Центрполиграф, 2004
- Цыкин Р.А. Следы карбонатного карста Северного Таймыра // Геоморфология, №4. 1994. Стр. 82-87.
- Миддендорф А. Путешествие на Север и Восток Сибири. Часть 1. География и гидрография. Санкт-Петербург. 1860. Стр. 75, 90-93, 295.
- Мирошников Л.Д. Карст арктической части Сибирской платформы// Сов. геология. 1962. №27. С. 145—148.
- Пармузин Ю. П. Карст в мерзлых грунтах // Природа. 1984. № 10. С. 34—40. .
- Аникеев Н. П., Гусев А. И. Геологический очерк юго-западной части Таймырского полуострова. Л.: Тр. АНИИ, 1939. Т. 140. 190с.
- Чижишев А.Г. Карстовые пещеры СССР // Материалы совещания по спелеологии и карстоведению 17-18 декабря 1958. Изд-во МОИП. 1959.

MICROFUNGI IN SOME CAVES OF SWEDEN: LUMMELUNDA CAVE (GOTLAND ISLAND), ICEKRISTALL AND HOPPLET CAVES (VADVE UPLAND).

A.E., Ivanova, A.A. Semikolennykh

Soil Science Faculty, Moscow State University

Moscow, Russia

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В НЕКОТОРЫХ ПЕЩЕРАХ ШВЕЦИИ: ЛАМЕЛУНДА (ОСТРОВ ГОТЛАНД), АЙСКРИСТАЛЛ И ХОППЛЕТ (ПЛАТО ВАДВЕ)

А.Е. Иванова, А.А. Семиколенных

Факультет почвоведения, Московский Государственный Университет им

М.В.Ломоносова

Микроскопические грибы в пещерах, как и в некоторых экстремальных наземных местообитаниях выполняют крайне важную функцию разложения органических субстратов различного происхождения: от рассеянного органического вещества горных пород до биомассы хемосинтезирующих прокариот и случайно попадающих в пещеры организмов иных трофических уровней. Проникновение человека в пещеры может служить причиной дополнительного приноса органических субстратов антропогенного происхождения и вместе с ними зародышей грибов. Исследование культивируемых микроскопических грибов в пещерах Южной Швеции (пещера Ламелунда, остров Готланд) и Северной Швеции (пещеры Плато Вадве) было выполнено методом глубинного посева суспензий образцов поверхностных почв и грунтов пещер на среду Чапека при разных температурах. Были установлены следующие закономерности.

1. Разнообразие микромицетов в пещерных и почвенных местообитаниях было ниже на севере Швеции, чем на острове Готланд. Во всех почвенных образцах с Плато Вадве повышенная численность микромицетов была обнаружена при +5°C по сравнению с +15°C. В то же время при экстремально низких поверхностных температурах пещерная среда способствовала отбору и сохранению мезофильных популяций организмов, возможно, за счет уменьшения температурных амплитуд, более стабильных климатических условий. Так, в пещерах с Плато Вадве разнообразие выделяемых при +15°C видов часто было больше, чем психротолерантных (выделяемых при +5°C) грибов.

*2. Во всех исследованных пещерных и почвенных местообитаниях Швеции и почвах над ними доминировал вид *Geotomus rannogit*, с высокими показателями обилия и встречаемости были выявлены *Penicillium solitum*, *P. citrinum*, и также частым по встречаемости в южном объекте (пещере Ламелунда) был *P. viridicatum*. Представители родов *Doratomyces*, *Mortierella*, *Raecilomyces*, *Trichoderma* присутствовали как типичные*

и частые в мезофильных популяциях во всех местообитаниях, но выделялись более редко при низкой температуре.

3. Влияние рекреационной нагрузки, рассмотренное на примере пещеры Ламелунда, проявилось в нижеследующих эффектах:

- в посещаемой (туристической) части практически в 2 раза возросла численность культивируемых мезофильных грибов, выделяемых преимущественно при +15°C, не при +5°C;

- в посещаемой части выявлено сокращение почти в 2 раза биоразнообразия микромицетов по сравнению с заповедной частью пещеры, в основном, за счет уменьшения числа редких и малочисленных видов, которых было много в заповедной части; при этом в посещаемой части пещеры доминирующие виды сохранялись те же, что в заповедной.

- выявленные изменения численности и разнообразия пещерной микобиоты свидетельствуют о наличии антропогенной нагрузки, однако, не столь значительной, так как не произошло смены доминирующих видов.

Introduction. Some recent microbiological researches (Cunningham et al., 1995, Koilaj et al., 1999, Khizhnyak et al., 2003, Semikolennykh et al., 2004) demonstrate the important role of micro fungi in the functioning of subsurface ecosystems and different geochemical processes. Microfungi as one of the trophic level in cave ecosystem which could consume an organic matter of different origin: primary biomass of chemosynthetic prokaryotes, organic detritus, dispersed organic compositions in bedrocks. Visiting caves by human could create the additional flows of untypical organic substances as well as fungal diversity associated with human and anthropogenic artifacts. That is why the characteristics of cave fungal communities could be used as the indicator of recreation traffic and anthropogenic load on natural cave ecosystems. In the early papers authors (Khizhnyak et al., 2003) described an increasing of total fungal biomass in often visiting caves and exchange of aborigine fungal populations on new dominants such as representatives of genera *Penicillium* and *Mucor*, and also general decreasing of fungal biodiversity in caves with hard visiting traffic (Shapiro and Pringle, 2010)...

Aim of our investigation was to deduce the features of cave mycobiota in cold climate of Sweden and its sensitive to anthropogenic load.

Objects. We studied Lummelunda Cave (Gotland Island, 18,405619 E.lon., 57,735134 N.lat) at the South and the caves of Vadve Upland karst massive (Icekrystall Cave: 18,3597665 E.lon., 68,5316167 N.lat; Hopplet Cave: 18,2871916 E.lon., 68,5540111 N.lat.) at the North of Sweden. The Lummelunda Cave is separated into two functional parts: preserved and visiting. The samples pattern is represented in the table 1.

Methods. The isolation of microfungi from samples was performed by dilution plate technique (CBS course..., 1998) on Czapek agar in combination with different temperature of incubation - 15°C and 5°C. The composition and structure of microfungi assemblages were characterized by using ecological indices, such as occurrence rate and relative species abundance.

Results. There was no clean difference between the account of microfungi cultivated into 5 and 15 °C (fig.1). There was a tendency of exceeding the account of fungi which grew at +5 in comparison with the account of fungi isolated at +15°C, this tendency was shown everywhere in north Vadve Upland ecosystem especially in upper soil horizons. Usually it was similar account of growing fungal colonies from cave samples of both temperatures. Prevailing of mesophiles was discovered only into visiting part of more southern Lammelunda Cave.

Table 1. The location of samples.

№ sample	Sampling site
Lammelunda Cave, Gotland Island	
1	visiting part with recreation, ground
1+ (20тп)	visiting part with recreation, dead bodies of insects
2	wild part, ground
2+ (90тп)	wild part, dead bodies of insects
Vadve Upland, northern part, Hopplet Cave	
3	top peat-like day-light soil horizon (0-5 cm)
4	ground on cave ceiling
5	ground on cave floor
Vadve Upland, southern, Icekristall Cave	
6	top peat-like day-light soil horizon (0-4 cm)
7	mineral soil horizon (4-10 cm)
8	ground on cave floor

The species weald was higher in southern Lammelunda Cave than in the caves of northern Vadve Upland (fig.2). Total biodiversity was higher twofold in preserved part than in visiting part of the cave. Shapiro and Pringle (2010) discovered the decrease of fungal biodiversity into the often visiting caves in comparison with the rarely visiting caves. Thus, we also found a reduction of mould diversity in result of anthropogenic recreation by example of caves from cold climate. Moreover, a variety of mesophilic fungi in comparison with the psychrophilic species was greater only in visited parts of the caves (fig.2), in other variants of caves and upper soils the diversity of mesophilles and psichrophilles was similar.

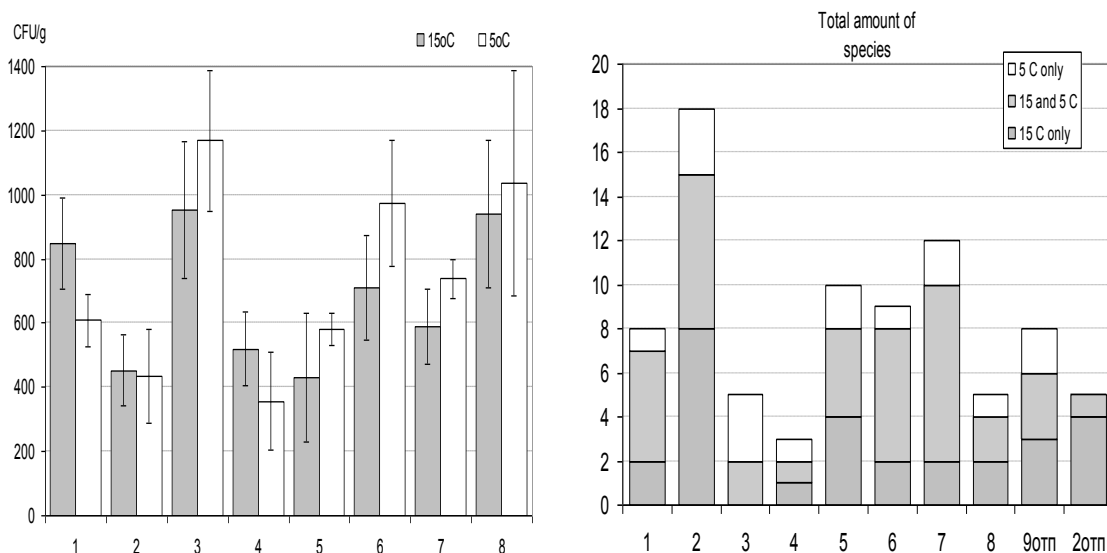


Fig. 1. (left) The amount of fungal colony forming units (CFU) per a gram of dry sample. Samples numbers are in table 1.

Fig. 2. (right) The microfungual species richness into different temperature conditions. Samples numbers are in table 1.

In the northern caves of Vadve Upland it was found that generally the fungal biodiversity in the caves is similar to the surface soils. *Geomyces pannorum* is the main dominant in the majority of habitats both in caves and soils (tabl.2 and Fig. 3). This species is typical in tundra soils, cold and humid oligotrophic mineral horizons (Parinkina, 1989; Domsch et al., 1993), it is viable in long-term (up to 3 million years) permafrost layers and crioconservation soils of Arctica and Antarctica (Kochkina et al., 2001), so it is indicator of cold and humidity habitats.

Species *Penicillium solitum*, *P. citrinum* had a high rate of abundance and occurrence also. Other molds of genera *Doratomyces*, *Mortierella*, *Paecilomyces*, *Trichoderma* were identified as typical only in the mesophylic populations of all investigated habitats.

By comparison, the reserved (wild) and visiting parts of Lammelunda cave, we showed that the same dominants were in both habitats. But occurrences of other species were different. Only few typical species (frequency of occurrence was in range 30-60%) were isolated from visiting part with recreation. On the contrary, mainly rare species (frequency of occurrence <30%) were found in the wild part. Also *P.viridicatum* was frequent in visiting part, it was common as overgrown on surfaces of discrete organic substrates on clay in low temperatures of Pinega region caves near by 64 northern latitude (Ivanova, pers. comm.).

Table 2. The dominate microfungi. Samples numbers are in table 1.

Sample*	Dominant species, frequency of occurrence >60%	Typical species, frequency of occurrence 30-60%
1	<i>Geomyces pannorum</i>	<i>Ulocladium chartarum</i> , <i>Penicillium solitum</i> , <i>Penicillium viridicatum</i> , <i>Acremonium strictum</i>
2	<i>Geomyces pannorum</i>	<i>Acremonium strictum</i>
3	<i>Geomyces pannorum</i> , <i>Penicillium solitum</i>	
4	<i>Penicillium solitum</i>	<i>Paecilomyces carneus</i>
5	<i>Geomyces pannorum</i> , <i>Penicillium solitum</i> , <i>Penicillium citrinum</i>	<i>Chaetomium funicola</i> , <i>Fusarium verticilloides</i> , <i>Penicillium glabrum</i>
6	<i>Penicillium solitum</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Penicillium glabrum</i> , <i>Mucor plumbeus</i>	<i>Geomyces pannorum</i> , <i>Fusarium sporotrichioides</i>
7	<i>Geomyces pannorum</i> , <i>Penicillium solitum</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Penicillium glabrum</i> , <i>Mucor plumbeus</i> , <i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>Ulocladium chartarum</i>	<i>Alternaria alternata</i>
8	<i>Geomyces pannorum</i> , <i>Penicillium solitum</i>	

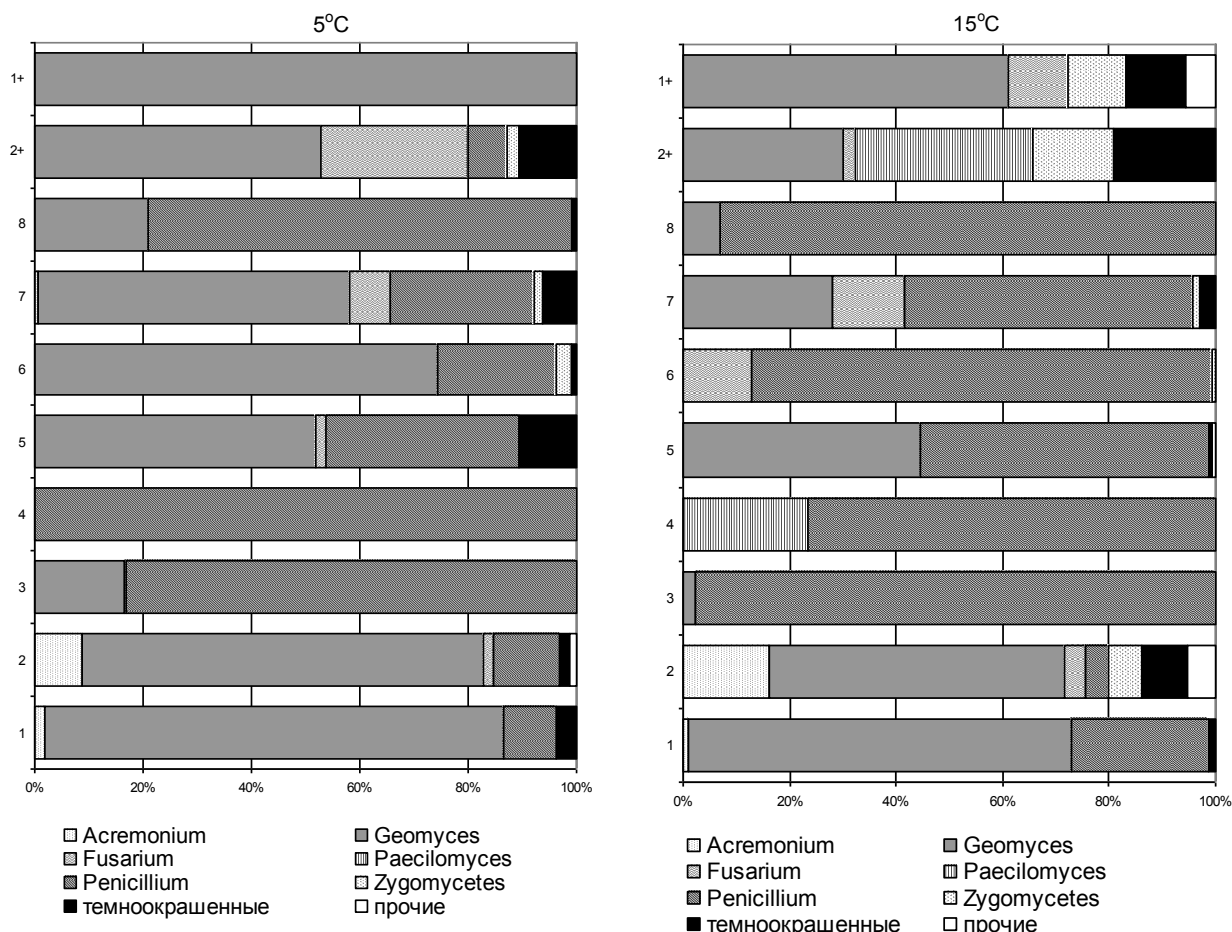


Fig. 3. The composition of microfungal associations structure by species abundance (medium for 3 temporal replications). Samples numbers are in table 1.

Thus we found a greater fungal diversity in south Lammelunda cave than in north Vadve Upland caves of Sweden. We believe that subsurface conditions of caves in cold climate of Sweden contribute to preserve the diversity of mesophilic organisms. It was also found that the anthropogenic recreation results in the introduction of mainly mesophilic microfungal populations. At the same time the abundance of moulds increases sharply as a result of recreation. And the diversity of species reduced due to occupation of a few dominant fungi that displaced a lot of rare species.

References

- CBS Course of Mycology. (1998) Fourth edition. Eds. by *W.Gams, E.S.Hoeksna and A.Aptroot*. Printed by Ponsen & Looyen BV, Wagenigen, The Netherlands,. 165 pp
- Cunningham K.I., Northup D.E., Pollastro W.G., Wright W.G., LaRock E.J. (1995) Bacteria, fungi and biokarst in Lechugilla Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico. *Environmental Geology* 25:2-8.
- Domsh K, Gams W, Andersen T (1993) *Compendium of soil fungi*. Academic press: London, 1, 859 pp
- Khizhnyak S.V., Tausheva I.V., Berezikova A.A., Nesterenko E.V., Rogozin D.Y. (2003). Psychrophilic and Psychrotolerant Heterotrophic Microorganisms of Middle Siberian Karst Cavities. *Russian Journal of Ecology*. July 2003, vol. 34, no. 4, pp. 231-235(5).

Kochkina G, Ivanushkina N, Karasev S., Gavrish E, Gurina L, Evtushenko L, Spirina E, Vorob'eva E, Gilichinskii D, Ozerskaya S (2001) Survival of Micromycetes and Actinobacteria under Conditions of Long-Term Natural Cryopreservation. *Microbiology* 70:400-408

Koilraj A.J., Marimuthu G., Natarajan K., Saravan S., Maran P., Hsu M.J. (1999) Fungal diversity inside caves of Southern India. *Current Science* 77(8):1081-1083.

Parinkina O.M. (1989) The microflora of tundra soils. Ecological and geographic characteristics and productivity. Leningrad: Nauka. 159 pp

Semikolennykh A., Ivanova A., Dobrovolskaya T. (2004). Microbial Communities in Gypsum Caves and Soils of Karst Landscapes of Arkhangelsk Oblast. *Eurasian Journal of Soil Science*, Vol.37, #2, pp 191-198.

Shapiro J. and Pringle A. (2010). Anthropogenic Influences on the Diversity of Fungi Isolated from Caves in Kentucky and Tennessee. *The American Midland Naturalist* 163(1), pp. 76-86.

INTERACTION BETWEEN A KARST AND A FROZEN GROUND (ON AN EXAMPLE OF CAVES OF SOUTHEAST BELOMORSKO-KULOISKOE A PLATEAU)

S.A. Iglovsky

Institute of ecological problems of North ASC Ural branch the Russian Academy of Science, laboratory of the complex analysis of space and terrestrial data for the ecological purposes, Arkhangelsk, Russia

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАРСТА И МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЕЩЕР ЮГО-ВОСТОКА БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОГО ПЛАТО)

С.А. Игловский

Институт экологических проблем севера, Архангельск

По характеру «питания» можно выделить атмосферные (сублимационные), конжеляционные или гидрогенные (наиболее распространенные) и снежно-водяные пещерно-карстовые льды. Типичными формами льда в пещерах являются ледяные кристаллы, покровные льды, наледи (сталактиты, сталагмиты, сталагматы, каскады, ансамбли – гетерогенные ледяные «кораллитовые» сталагмиты), льды-цементы, сегрегационные кристаллы. К гетерогенным льдам можно отнести, покровную наледь, в толще которой есть гнезда льда, возникшие из опавших со свода сублимационных кристаллов. Многообразие видов пещерно-карстовых льдов обусловлено различным воздействием водных и воздушных потоков на карстовый массив. Расположение их связано с локальным воздействием на участок карстового массива охлажденного воздуха, а также от режима влажности и температуры. Это отражается на формировании того или иного вида пещерно-карстового льда.

Сульфатный карст юго-востока Беломорско-Кулойского плато высокоактивен, что обусловлено скоростью химического выноса веществ из массива до $684 \text{ т/км}^2 \times \text{год}$ и повышенной плотностью карстовых форм - 100 - 500 на 1 км^2 , в зонах слабо развитого рыхлого четвертичного покрова - до 2800 на 1 км^2 [1, 3]. Формирование пещерно-карстовых льдов обязано материковым оледенениям московского и валдайского возраста, которые вызывали перестройку рельефа предшествующих карстовых генераций. Основное поверхностное закарстование района связано с наступлением и деградацией поздневалдайского (осташковского) оледенения. Карст содержит сформированные полости широкого возрастного диапазона (средний - поздний плейстоцен - голоцен). Сток ледниковых вод вызвал формирование карстовых форм и пещер. Пещеры заложены в гипсово-ангидритовой толще соткинской свиты сакмарского яруса нижней перми. Формирование пещерно-карстовых льдов подчинено широтной зональности и

определяется расположением карстующегося массива в северной зоне (64° с.ш.), что характерно и для других регионов [1, 2, 5]. На равнинах граница распространения пещерно-карстовых льдов совпадает с широтой $50-60^{\circ}$. Это косвенно может быть связано с распространением их вблизи южной границы многолетнемерзлых пород (ММП). На юго-востоке Беломорско-Кулойского плато они располагаются приблизительно в 100-150 км к югу от границы ММП. Отмечены спорадические находки ММП в окрестностях г. Пинеги. В основном они приурочены к торфяникам.

Наибольший возраст пещерно-карстовых льдов отмечен для пещер Кузнецкого Алатау и составляет более 500 лет. Максимальный возраст пещерных льдов района был установлен для наледей в пещере Юбилейная (Сотка-26) и Олимпийская. По данным экзогенного отряда ОАО «АГД» он составляет 200 лет, (определение проводилось радиоуглеродным методом, по остаткам древесины вмерзшей в лед) [1, 3, 4, 7]. Лед таких наледей отличается слоистостью, высоким уровнем метаморфизма. Он, как правило, непрозрачный, с включением воздушных пузырьков. Горизонтальные прослойки песчано-глинистого состава фрагментов наледей свидетельствует о многолетнем характере развития.

В настоящее время объемы подземных пещерно-карстовых льдов района значительно сократились по сравнению с наблюдавшимися 15 лет тому назад. Сходные процессы отмечаются и в пещерах Урала [1, 2]. Ритмические процессы в оледенении пещер проявляются в виде динамики смещения границ охлаждения пород в полостях до нулевого значения температуры, их промерзания, динамики химизма и морфологии льда. Так как размеры и форма полости определяют возможный объем накопления льда в пещере, то возникают многолетние ритмические процессы в оледенении пещер, обусловленные заполнением всего объема полости льдом. Это было характерно для пещеры Ледяная Волна и ряда Кулогорских в 80-е годы, которые впервые были описаны в середине 70-х годов как открытые, однако входы, в которые были в 80-е годы прошлого века закрыты льдом и открылись лишь в конце XX века.

При промерзании карстующихся пород даже при значительной открытости входа в пещеру, возможно, действует как «температурная компенсация», так и наличие отрицательных температурных аномалий. Последние, могут быть связаны с расположением нескольких входов на разных высотных уровнях, что обеспечивает сохранность различных видов льда и образование карстового типа криотекстур, который представлен сетью трещин в карстовых породах, заполненных льдом. В пещерах, со значительным перепадом между паводковым и межнным уровнем вод, происходит термоденудация сводов и термоабразия льда до уровня максимального подъема воды.

Велика роль пещерных льдов, как в повышении устойчивости карстового массива, так и в развитии нивальной коррозии. Льды-цементы в условиях трещиноватых пород, продляют время существования пещер, являясь механизмом поддержания стабильности их современного состояния [1, 2, 3, 4, 6, 7]. Взаимодействие карстовых и криогенных процессов проявляется в увеличении скорости развития карстовых провально-просадочных процессов за счет растворения карстующихся пород (таблица 1). Возможны обрушения на входах в пещеры. Внутри пещер обвально-осыпные явления связаны и с гравитацией, и с таянием многолетних наледей, сталагнатов. В настоящее время в пределах района отмечается возрастание активности провально-просадочных и обвально-осыпных активизаций. Интенсивные явления приурочены к зонам карстовых логов и речным долинам. В таблице 1 представлена региональная классификация взаимодействия карстовых и криогенных процессов. Имея общую криогенную генетическую группу, аккумуляция холода в карстовых массивах имеет специфические формы проявления в виде разнообразных пещерно-карстовых льдов. Последние имеют важное значение для сохранности пещер в зонах дробления пород карстовых логов. С таянием многолетних

подземных льдов связаны обвальные явления в породах на поверхности и в пещерах, вскрытие или обрушение пещерных входов.

Таблица 1 Взаимодействие карстовых и криогенных процессов

Факторы энергомассо-переноса обусловившие возникновение процесса	Генетическая группа	Типы процессов	Формы проявления	Места проявления
		Промерзание и оттаивание пород	Криогенная	Термокарст
Криогенное растрескивание	Полигональные образования			Болотные массивы
Деградация многолетней мерзлоты	Таяние островов ММП, усиление активности криогенных процессов			Периферийные части болот и «острова» в них, склоны крупных карстовых форм
Аккумуляция холода в карстовых массивах	Криогенная	Образование включений и залежей пещерно-карстового льда	Пещерно-карстовые сезонные и многолетние льды: сублимационные кристаллы, наледи, покровный лед, многолетнемерзлые грунты	Карстовые полости (привходовая 100-200 метровая зона)
		Промерзание обвально-осыпных образований	Промерзшие обвально-осыпные образования	Карстовые цирки, лога (около карстовых полостей)
		Образование снежников. Фирнизация	Снежные пробки, гнезда, фирновые языки	Открытые участки поверхностных карстовых форм (склоны, днища)

Список литературы

1. *Игловский С.А., Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н.* Криолитозона Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 124 с.
2. *Мавлюдов Б.Р.* Размышления о льдах в пещерах // Северный спелеологический альманах, 2005. № 6.
3. *Малков В.Н., Гуркало Е.И., Монахова Л.Б., Шаврина Е.В., Гуркало В.А., Франц Н.А.* Карст и пещеры Пинежья. М.: Экост, 2001. 208 с.
4. *Шаврина Е.В., Гук Е.В.* Современная динамика ледяных отложений Пинежских пещер // Северный спелеологический альманах, 2007. № 7.
5. *Ford D.C., Williams P.W.* Karst geomorphology and hydrology. London: Unwin Hyman, 1989. 601 pp.
6. *Potapov S., Parshina N., Shavrina E., Maksimovich N., Kadebskaja O.* Mountain flour ice stalagmites of Pinega Caves // 3-rd International Workshop on ice Caves: Volume of Abstracts, Kungur ice Cave, Perm region, Russia May 12-17, 2008. P.34.

7. *Shavrina E.V., Guk E.V.* Modern dynamics of ice formations in Pinega caves. Glacier Caves and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions. Ed. B.R. Mavlyudov, Institute of geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow. 2005. C. 113-117.

Работа была выполнена при поддержке проектов РФФИ № 11-05-98806-р_север_а, 11-05-06078-з.

Summary. It has been established that cave-karst ice southeast Belomorsko-Kuloiskoe plateau presented by crystals, stalactites, stalagmites, stalagnates, ice cover, underground icing, by vein icy bodies, traffic jams, ice-cement, which by nature of food can be divided into sublimation, congelation and snow-water species. The formation of ice in the caves of the area is influenced by the morphology of the caves, their hydrodynamics and microclimate, the activity of karst processes, water. The greatest development of the ice noted in entered areas of the caves, in the zone of negative temperatures up to 200 m. Great is the role of the cave of ice, as in increase of stability of karst massif, but also in the development of nival corrosion. Ice-cements in terms of fractured rocks, prolong the time of existence of the caves, being a mechanism maintaining their stability.

On character of «supply» it is possible to allocate atmogenic (sublimation), congelation or hydrogenic (most widespread) and snow-water cave-karstic ices. Typical forms of an ice in caves are ice crystals, integumentary ices, icing (stalactites, stalagmites, stalagnates, cascades, ensembles – heterogeneous ice «corralling» stalagmites), ices-cements, segregation crystals. It is possible to carry to heterogeneous ices, integumentary icing in which thickness there are the jacks of the ice which has arisen from fallen down with arch sublimation of crystals. The variety of kinds of cave-karstic ices is caused by various influences of water and air streams on a karstic file. Their arrangement is connected with local influence on a site of a karstic file of cooled air, and also from a mode of humidity and temperature. It is reflected in formation of this or that kind of a cave-karstic ice.

The sulphatic karst of southeast Belomorsko-Kuloiskoe a plateau is highly active, that is caused by speed of chemical carrying out of substances from a file up to 684 т/км²; and raised density of karstic forms - 100 - 500 on 1 км², in zones poorly developed friable quaternary a cover - up to 2800 on 1 км² [1, 3]. Formation of cave-karstic ices is obliged to continental congelations of the Moscow and Valdai age which caused reorganization of a relief previous karstic generation. The core superficial carsting area is connected with approach and degradation Last-Valdai (Ostaschkov) age congelations. The karst contains the generated cavities of a wide age range (average - late Pleistocene - Holocene). The drain of glacial waters has caused formation of karstic forms and caves. Caves are incorporated in gyps-anhydrite deposits Sacmar, bottom Perm age. Formation of cave-karstic ices is subordinated latitudinal ash values and defined by an arrangement carstic massive in northern zone (64 n.l.), that is characteristic and for other regions [1, 2, 5]. On plains border distribution of cave-karstic ices coincides with breadth 50-60 n.l. It can be indirectly connected with their distribution near to southern limit of permafrost. In southeast Belomorsko-Kuloiskoe a plateau they settle down approximately in 100-150 km to the south from permafrost limit. Sporadic finds of permafrost in vicinities of s. Pinega are noted. Basically they are dated for peatlands.

The greatest age of cave-karstic ices is noted for caves of Kuznetsk Ala-Tau and makes more than 500 years. The maximal age of cave ices of area has been established for icing in a caves «Yubileinaya» «Anniversary» (Sotka-26) and Olympic. According to exogenic group of joint-stock geology company «AGD» it makes 200 years, (definition was spent by a radiocarbon method, on the rests of wood freezing in an ice) [1, 3, 4, 7]. The ice such icing differs lamination, a high level metamorphism. It, as a rule, opaque, with inclusion bubble of air. Horizontal layers of sandy-argillaceous structure of fragments of icing testifies to long-term character of development.

Now volumes of underground cave-karstic ices of area were considerably reduced in comparison with observed 15 years ago. Similar processes are marked and in caves of Urals Mountains [1, 2]. Rhythmic processes in a congelation of caves are shown in the form of dynamics of displacement of borders of cooling of rocks in cavities up to zero value of temperature, then freezing, dynamics of chemistry and morphology of an ice. The sizes and the form of a cavity define possible volume of accumulation of an ice in a cave there are long-term rhythmic processes in a congelation of the caves, caused by filling of all volume of a cavity with an ice. It was characteristic for a cave the Ice Wave and of some Kulogor caves in 80th years which for the first time have been described in the middle of 70th years as opened, however inputs in which in 80th years of the last century have been closed by an ice and have opened only in the end of XX century.

At freezing of karstic rocks even at a significant openness of an input in a cave, probably, operates as «temperature indemnification», and presence of negative temperature anomalies. The last, can be connected with an arrangement of several inputs at different high-altitude levels that provides safety of various kinds of an ice and formation of karstic type cryotextures which is presented by a network of cracks in the karstic rocks filled by an ice. In caves, with significant difference between freshet level of waters, occurs thermodenudation the arches and thermoabrasion an ice up to a level of the maximal rising of water.

The role of cave ices, both in increase of stability of a karstic file, and in development nival corrosion is great. Ices-cements in conditions cracking rocks prolong time of existence of caves, being the mechanism of maintenance of stability of their modern condition [1, 2, 3, 4.6, 7]. Interaction of karstic and cryogenic processes is shown in increase in speed of development karstic failure- subsidence processes due to dissolution karstic rocks (table 1). Are possible destroying on entering in caves. Inside of caves landslidelily-fallen the phenomena are connected both with gravitation, and with thawing long-term icing, stalagnates. Now within the limits of area increase of activity failure- subsidence and landslidelily-fallen activation is marked. The intensive phenomena are dated for zones of karstic broad gullies and river valleys. In table 1 regional classification of interaction of karstic and cryogenic processes is presented. Having the general cryogenic genetic group, accumulation of a cold in karstic massive has specific forms of display in the form of various cave-karstic ices. The last have great value for safety of caves in zones of crushing of rocks of karstic broad gullies. The landslide phenomena are connected with thawing long-term underground ices in breeds on a surface and in caves, opening or collapsing cave inputs.

References

1. Iglowskiy S.A., Shvartsman Y.G., Bolotov I.N. Cryolithozone Dvinsko-Mezeyskoi ravnini i poluostrova Kanin (Cryolithozone of Dvinsko-Mezeyskaya plane and Kanin peninsula). Yekaterinburg: Ural branch, Russian Academy of Sciences, 2010. 124 p. (in Russian)
2. Mavludov B.R. Razmishleniya o ldah v pesherah (Reflection about cave ice) // Severniy speleologicheskiy almanah, 2005. № 6.
3. Malkov V.N., Gurkalo E.I., Monahova L.B., Shavrina E.V., Gurkalo V.A., Franz N.A. Karst and cave of Pinega. M.: Ecost, 2001. 208 p. (in Russian)
4. Shavrina E.V., Guk E.V. Sovremennay dinamika ledyannih otlogeny (Modern dynamic of ice deposits) // Severniy speleologicheskiy almanah, 2007. № 7. (in Russian)
5. Ford D.C., Williams P.W. Karst geomorphology and hydrology. London: Unwin Hyman, 1989. 601 pp.
6. Potapov S., Parshina N., Shavrina E., Maksimovich N., Kadebskaja O. Mountain flour ice stalagmites of Pinega Caves // 3-rd International Workshop on ice Caves: Volume of Abstracts, Kungur ice Cave, Perm region, Russia May 12-17, 2008. P.34.

7. Shavrina E.V., Guk E.V. Modern dynamics of ice formations in Pinega caves. Glacier Caves and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions. Ed. B.R. Mavlyudov, Institute of geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow. 2005. P. 113-117.

Acknowledgments.- Work supported Russian Found of Basic Research (RFBR) № 11-05-98806-p_north_a, 11-05-06078-Г.

Table 1. Interaction of karstic and cryogenic processes.

Factors of power-carry caused occurrence of process	Genetic group	Types of processes	Forms of display	Place of display
Freezing and thawing of rocks	Cryogenic	Thermokarst	Zapadini (bottoms)	Water-separate spaces
		Cryogenic cracking	Polygonal formations	Bogs massive
		Degradation of permafrost	Thawing of islands permafrost, strengthening of activity of cryogenic processes	Peripheral parts of bogs and «islands» in them, slopes of large karstic forms
Accumulation of a cold in karstic massive	Cryogenic	Formation of inclusions and deposits of a cave-karstic ice	Cave-karstic seasonal and long-term ices: sublimation crystals, icing, an integumentary ice, permafrost	Karstic cavities (entering 100-200 meter zone)
		Freezing of the landslide and fallen formations	Freezing of the landslide and fallen formations	Karstic circuses, a broad gully (about karstic cavities)
		Formation of a snowing. Firnisation	Snow fuses, jacks, firn tongues	Opened speed up superficial karstic forms (slopes, the bottoms)

PROTECTION AND SOUND MANAGEMENT OF CAVES OF THE URALS

Kadebskaya O.I.

Mining institute, Perm, Russia

ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕЩЕР УРАЛА

О.И. Кадебская

Горный институт УрО РАН, Пермь

В данной работе проведена оценка уникальности пещер Урала и проблем их охраны. Рассмотрены основные категории ценности для карстовых ландшафтов Урала.

A large variety of the surface and underground karstic structures encounters at the Ural region. The karstic features are most intensively developed in the Paleozoic sediments. At the eastern edge of the East-European platform and adjoining area of the Pre-Ural foreland basin, the dissolution processes are active in the interlayered gypsum, anhydrite, limestone, and dolomite beds of the Irenian horizon (P_{1ir}), and less in limestone and dolomite rocks of the Fillippovian horizon of the Kungurian Stage, as well as in the Artinskian (P_{1ar}) limestone strata. Salt and sulphate Irenian deposits are predominantly encountered at the northern and central parts of the Pre-Ural basin. At the area of the West-Uralian Folding Zone and Central Uralian Uplift, the karstic features develop in the Devonian, Carboniferous, and Permian carbonates of a total thickness of up to 2000 m. More intensive the karstic processes are on the western slope of the South Ural.

Over 3200 caves of total length of about 244 km are known at the Ural region today (see Table). The longest of them are: Dihvja (10100 m), Sumgan (9860 m), Kinderlinskaya (9113 m), Kizelovskaya (Vihasherskaya, 7600 m), Kungurian Ice Cave (5700 m), Ordinskaya (4900 m). The deepest caves of the Ural region are Kinderlinskaya (elevation difference 215 m), Shulgan-Tash (165 m), Kutukskaya-4 (155 m), Sumgan (134 m), Tjomnaya (132 m).

Table. Caves distribution at the Ural and Pre-Ural region (Caves of Volga, Ural and Pre-Ural region, 2010)

Region	Total caves number	Total length, m	Longest cave, m / deepest cave (m)
Republic Komi	129	2450	Medvezhja (480)
Tumen region	10	370	Lulinskaya (140/18)
Perm kray	761	75960	Dihvja (10100) / Tjomnaya (132)
Sverdlovsk region	463	18200	Severnaya (2250) / shaft Sadykovskaya (88)
Republic Bashkortostan	983	103000	Sumgan (9860) / Kinderlinskaya (215)
Tcheljabinsk region	765	35000	Sukhaya Alia (2130) / Shumikha (108)
Orenburg region	34	3009	Podarok (700)
Republic Tatarstan	32	3268	Yurjevskaya (1005)
Astrakhan region	37	2663	Baskuntchakskaya (1480)
Total	3214	243920	Dihvja (10100) / Kinderlinskaya (215)

Karstification affects the underground and surface hydrologic regime. Cave development starts with formation of the fracture and karstic water pathways, which later transform to the network of cave conduits.

At the Ural region, the most complicated and interesting model object for hydrogeological study is Ordinskaya Cave. Here is a good opportunity to get very new data about development of the karstic features providing permanent control of the karst aquifer regime in zone of the siphon circulation. The same observations can be conducted in hydro speleo system Shulgan-Tash, which is a continuation of the cave named after Ozhiganov.

A particularity of underground hydrosphere of the karst areas, having well developed conduits network, is a high quantity of water stored in karstic rocks, especially in carbonates. Large springs appear at the karstic water discharge areas. Such bright unique objects, as “Krasniy Kljuch”, the largest karstic spring of the Ural region (Bashkortostan republic), and mineralized karst spring “Kurgazak”, can become the natural heritage sites of the region.

Another particularity of the areas of well developed caves network is interconnection of the surface and underground hydrospheres. Terrestrial rivers and underground karstic conduits create a common hydrologic-hydrogeological system.

Formation of the karstic structures is controlled by the tectonic history of the region and the climate changes. During the process of speleogenesis, the geological processes (weathering, gravitational, suffusion, erosion, glacial, etc.) expand deeper beneath the Earth surface.

Uniqueness of investigation of the caves and cave's deposits is contained in feasibility of usage of the obtained data for characterization and modeling of the continental climate and its changes. The most intensive development of the karstic processes was from the Middle Jurassic to Lower Oligocene in relatively stable tectonic conditions and wet tropical and sub-tropical climate. These ancient karstic features are matched now only like sinkholes in the erosional depressions filled with later deposits. The same buried sinkholes, related to the river valleys, remained after the second upper Paleocene karstification stage. Formation of the modern karstic landscape started in Pliocene and continues at present. A zone of development of the karst structures at this stage (caves, ponor, vauclose) is related to the present river valleys.

Cave's mineralogy has not been studied well until now. Often, the caves are used as a source of mineral resources. Cave's minerals are not classified so far. Secondary deposits of the Ural's caves are presented by all the basic genetic types (Maksimovich, 1963).

Gravitational deposits are presented by the fallen and collapse subtypes. At the entrance parts, the deposits of the thermo-gravitational subtype encounter. Hydro-mechanical deposits develop in all the karstic voids, but beds of significant thickness occur only in the large caves. Deposits are from Holocene to late Pleistocene in age. Locally, the voids are filled with paleo-karstic material.

Hydro-chemical deposits occur rarely. Carbonate crystals, crusts, stalactites and stalagmites, which development is related to the overlying carbonate beds, predominate. There are encountered the gypsum crystals (more often ephemers), rosette-shaped concretions, and gypsum crystal crusts.

From this point of view, the most interesting objects are Kinderlinskaya, Kizelovskaya Viasherskaya, and Sukhoy Log (Perm kray) caves.

Frost weathering is most intensive in the ice caves. Glacial deposits are presented by all the genetic types and have a versatile morphology. In the zone of the downward vertical circulation, the stalactites, stalagmites, curtains, ice falls, and ice shields dominate. In zone of horizontal circulation, the crusts, veins, frazils, and, in zone of atmogenic circulation, ice crystals and crusts occur. The specific forms of underground ice are the ice plugs, ice shields and ice-cements. The most significant quantity of the ice encounters at the pre-entrance parts of up to 200 m in length. The most famous cave with ice features is the Kungur Ice Cave. Here is observed over 120 genetic types of the ice features. Just the annual and perennial ice is the

general landmark of the cave excursion tour. Beside the Kungur cave, the ice encounters in the Askinskaya, Kinderlinskaya, Ylacy, Ice Lipovaya, Marihinskaya, Medeo, and other caves.

History of formation and development of the Pleistocene landscape as habitat of the primitive human is one of the current term of investigation of the Paleolithic age. Into the strata of cave deposits, there is observed a high concentration of the archaeological artifacts, plant's pollen and spores, animal fossils, which can be used as evidence of the environment changes that took place through the Quaternary.

Cave's paleolithic settlements are the significant part of the historic and natural heritage of the Ural region. Many of them are well known due to the scientifically interesting and valuable paleontological and archaeological findings. In this regard, the Medvezhja, Unjinskaya, Kizelovskaya, Mahnevsкая, Ignatjevskaya, Storumadymovskaya, Vogulskaya, and Shulgan-Tash caves can be considered as the unique objects.

The most unique are the caves having the deposits of Pleistocene age. These caves are located at the area of 4 administrative subdivisions of the Perm kray, 3 subdivisions of the Cheliabinsk region, and 6 subdivisions of the Republic Bashkortostan. The majority of the caves, as it is proved by rich findings of the osseous remains, were populated by animals. In some caves, the tracks of the prehistoric human staying were discovered. Malaya Makhnevskaya cave is the only cave at the Ural region, which have the remains of animal species of the last interglaciation age. This age (110-130 thousand year) at the Ural region is referred to as "streletskiy interglaciation age", and at Eastern Europe as "Mikulinskiy interglaciation age". This is the northern occurrence of fossils of the Himalayan bear and porcupine. This Himalayan bear is defined as new subspecies named a perm black bear or *Ursus thibetanus permjak* (Baryshnikov, 2001). At present, this site is entirely destroyed by the commercial "black paleontologists".

Because of activity of the "black paleontologists", presently, 84 from 130 known in the Perm kray caves have lost the pleistocene deposits, which could be used for studying of the climate and landscape changes in the region, entirely or partially.

Caves are the habitat of the modern specific species, staying permanently (troglobionts) or temporally (troglophiles). Speleogenesis is accompanied by the penetration of the hydrosphere, atmosphere, and biosphere into the earth crust, and changing and complicating of the boundaries of the objects. The consequences of these processes are the concentration of the groundwater flow, formation of the water abundant zones and reservoirs of underground atmosphere that creates conditions for the adaptation and habitat of the species in the underground environment. An isolation from external influence and relatively stable internal climate of the caves lead to appearance and preservation of large quantity of the endemic species.

From the karts species of the Ural and Pr-Ural region, only *Crangonyx Chlebnikowi* is the specialized stygobiont, having distinct morphological forms adapted to the karstic habitat. This is a relic of the Turgay fauna, which is a voiceless witness of the climate cataclysms and great migration of fauna and flora, comprised large areas of the Earth surface. These are eyeless and translucent amphipods. The color of crangonix is explained by the whitish tissue transilluminated through the transparent crust (Pankov, 2010). Separate crangonix subspecies inhabit the Kungur Ice, Mechkinskaya, Babinogorskaya, and Ordinskaya caves. Crangonix settled into the caves at the beginning of the earlier pleistocene glaciation approximately about 400-500 thousand years ago. Ancestors of the troglobiont *Crangonyx chlebnikowi* remained on the surface and did not survive due to severe pleistocene climate changes. There are not encountered amphipod species analogous to this crangonix in the surface water streams of the Ural and Pre-Ural region.

The largest at the Ural region bats settlement (of about 4 thousand) existed in the Smolinskaya cave (Sverdlovsk region). Unfortunately, despite of the status of natural heritage,

uncontrolled human visiting destroyed the environmental conditions of the habitat of these animals. Today only single examples can be met in this cave.

Peculiar vegetation is also an attribute of the karstic landscape. Karstic processes and specific environments (dry soil, high summer temperatures, bedrock outcrops) contribute to preservation of the local extrazonal vegetation areas, such as the Kungur forest steppe in Perm kray (the northern area of kovyl steppes of Eurasia) and Yuzhniy Kraka steppe (Bashkortostan republic). Ice Mountain (Kungur) is an area, where a number of unique plants, included in the Red Book (list of threatened and endangered species) of Perm kray or in the Red Book of Russia (*Stipa pennata* and *Cephalanthera rubra*), grow. Today, forest steppe ecosystems at the Middle Ural are under threat of disappearance and protecting the existed areas of steppe vegetation is an essential problem.

The Kungur Ice Cave was a first cave used for touring purposes in Russia. Since 1914 this cave is regularly visited by tourist. It is a research laboratory of the Mining Institute UB RAS and is also used for field curses for students of the Perm State University. The excursions in the Shulgan-Tash cave were resumed in 1992, and a length of the excursion rout is today above 370 m. Underwater part of Ordinskaya cave is used for training the speleo-divers.

Today only 5% of 3200 caves, located at the Ural region, have a status of protected natural heritage objects. The lowest quantity of protected karstic objects are in Bashkortostan republic, where only 32 of 983 caves are recognized as the natural heritage and some caves are located in the national parks or at other protected areas (Abdrachmanov et al, 2002).

The protected heritage objects status restricts the business operation at the area, but does not affect the uncontrolled visiting. The caves, often visited by informal tourists, are in really bad condition. Local authorities and enthusiasts attempted many times to establish a cave protection.

Dumping with trash is another problem associated with preservation of the caves, even located in remote and hard accessible places. The worst conditions are noted in the Kinderlinskaya (Bashkortostan) and Sukhoy Log (Perm kray) caves.

Since the 90th's, paleolithic heritage objects of Ural region have been threatened by the illegal commercial excavations. Unique for Russia, sites, where the remnants of ancient animals (not studied entirely) were found, are almost destroyed. It is noted, that the fossil bones from these sites were sold at the geological fairs in Germany and America and encountered in European geological museums.

Despite the fact that speleological objects of Ural region are unique and related to natural, historical, and archaeological heritage, no cave has today a status of the federal heritage object, excluding only the caves located at the conservation areas.

The grand caves of the world (Carlsbad, Mammoth, Sarawak) are included in the World Heritage List. There are about 250 countries in the world, and in 58 of them the world heritage objects, which are of interest for speleology and spelestology, are recognized (Maksimovich and Mescheriakova, 2010). Unfortunately, the Russian objects are not presented in that list, though, undoubtedly, they exist in the country and at Ural region too. In 2004, the International Union for Conservation of Nature and karst and caves conservation executive committee included the Kungur Ice Cave in the list of the karstic objects nominated for natural World Heritage sites of UNESCO. Undoubtedly, Ordinskaya cave, which is the longest among the world caves developed in sulphates, and Shulgan-Tash (Kapova cave), which is a unique site of the Paleolithic culture at South Ural, might be included in this list.

REFERENCES

1. Abdrachmanov R. F., Martin V. I., Popov V. G., et al. Karst of Bashkortostan. "Informreklama", Ufa, 2002. P. 384 (in Russian).
2. Maksimovich G. A. Fundamentals of Karstology. V. 1., Perm, 1963., P. 444 (in Russian).

3. Maksimovich N. G., Mescheriakova O. Yu. Speleological and speleological objects of world significance. Speleology and speleology: development and interaction of sciences. Proc. of Conf., Naberezhniye Chelny, NGPI, 2010, pp. 325-332 (in Russian).
4. Caves of Volga, Ural and Pre-Ural region. Statistic Handbook. Naberezhniye Chelny, NGPI, 2010, P. 71 (in Russian).
5. Pankov N.N., Andreev A.I., Starova O.S., Maleev A.S., Shustov V.M. Some aspects of physiology of subterranean amphipod *Crangonyx Chlebnikovi* Borutzky, 1928. Caves, NGPI, 2010, pp. 136-142 (in Russian).

CRYOMINERAGENIC PROCESSES ON AN EXAMPLE OF CAVES OF THE URALS

О.И. Кадебская, Т.А. Калинина
Mining institute, Perm, Russia

ПРОЦЕССЫ КРИОМИНЕРАЛОГЕНЕЗА НА ПРИМЕРЕ ПЕЩЕР УРАЛА **О.И.Кадебская, Т.А.Калинина**

Cryomineragenic processes are quite common. Unfortunately, up to the present time there is no general classification of their conditions, types etc., supporting our discussion on cryomineral origin.

The conditions where cryomineragenic processes occur in the largest scale (no matter if marine or continental) seem to be the regions with currently existing ice cover, where cryochemical processes are related to surface glaciers and the regions where the cryochemical processes are connected with underground ice. The latter covers the regions with perennial permafrost and also the regions, located more to the south, where underground ice forms in underground cavities – caves.

History of investigation of cryomineral formations of caves is very short. There are some special works concerning mainly glaciers and naled ice, where investigation of their chemical contents gave some important data on their chemical components and also cryochemical processes connected with them Alexeyev (1987), Alexeyev, Ivanov (1976), Ivanov (1981, 1983), Shumskiy (1955), Bukowska-Jania, Pulina (1984, 1990), Bukowska-Jania (1998), Clark, Lauriol (1992), Courty, Marlin, Dever, Tremblay, Vachier (1994), Drozdowski (1982), Fairchild, Bradby, Spiro (1993), Fairchild, Bradby, Spiro (1994), Fairchild, Killawee, Sharp, Spiro, Hubbard, Lorrain, Tison (1999), Fairchild, Killawee, Spiro, Tison (1996), Faure, Hoefs, Jones, Curtis, Pride (1988), Ford, Fuller, Drake (1970), Galuskin, Bukowska-Jania (1999), Gokhman (1997), Grasby (2003), Griselin, Marlin (1998), Hallet (1979), Jazuel, Sauchez (1982), Killawee, Fairchild, Tison, Janssens, Lorrain (1998), Souchez, Lemmens (1985), Vogt, T., Corte A.E. (1996), et.al.

Various similarities and differences in the mechanism of the cryomineragenic processes can be observed in all the mentioned cases. As a rule, precipitation of salts from the solution appears to be a part of the circulation system of such substances as calcium carbonate.

It is not possible to characterize all the mentioned conditions, but in all cases formation of a large amount of cryomineral powder take place (different in each case). The particles of cryomineral powder are usually dispersed in the whole mass of the rocks (e.g. in debris), however, after melting of ice bodies its can accumulate in various forms and sizes.

Dispersed masses of cryomineral material, mostly carbonate one, significantly enrich cave sediments determining many of their lithologic features and epigenetic transformations. For example, cryochemical material, dispersed in broken parts of rocks covering mountain slopes and then dissolved, forms hard crust or breccia as a result of its evaporation in summer time.

“Cryochemical factories” were especially active in production of dispersed carbonate material in Pleistocene. Cementation replaced production of dispersed enriching carbonate

material in deglaciation periods that resulted in formation of various types of carbonate sediments. Carbonate contents in Pleistocene loess is also mostly of primary-cryochemical origin.

Cryomineral enrichment of sediments in moraines, outwash plains and other areas connected with land-ice are also very good examples of such process. After melting of ice sheet large amounts of carbonates were washed into loose fluvioglacial sediments not only enriched them, but also influenced in some cases their lithological character (e.g. carbonate moraines).

Mineralogy and morphology of cryomaterial from gypsum and limestone caves is various. Gypsum is a dominating material (over 95 % of cryomineral mass) in gypsum caves. It occurs mainly in the form of split crystals, often twin crystals, and spherulites. Calcite and celestite occur less frequently, but they also occur in split forms. Numerous phases of calcium carbonate are the most common in limestone caves.

Unfortunately, it is impossible to find features definitely determining cryogenic origin of minerals at this stage of research. It is necessary to examine bigger number of samples, possibly to carry on their statistic analysis, to study their morphology and make an attempt to find "isotopic support" for the morphological features, etc. Currently, the investigation can be based only on results of underground observations, few experimental data and also on the number of morphological features always accompanying cryocrystals.

Importance of "speleocryomineralogical" researches

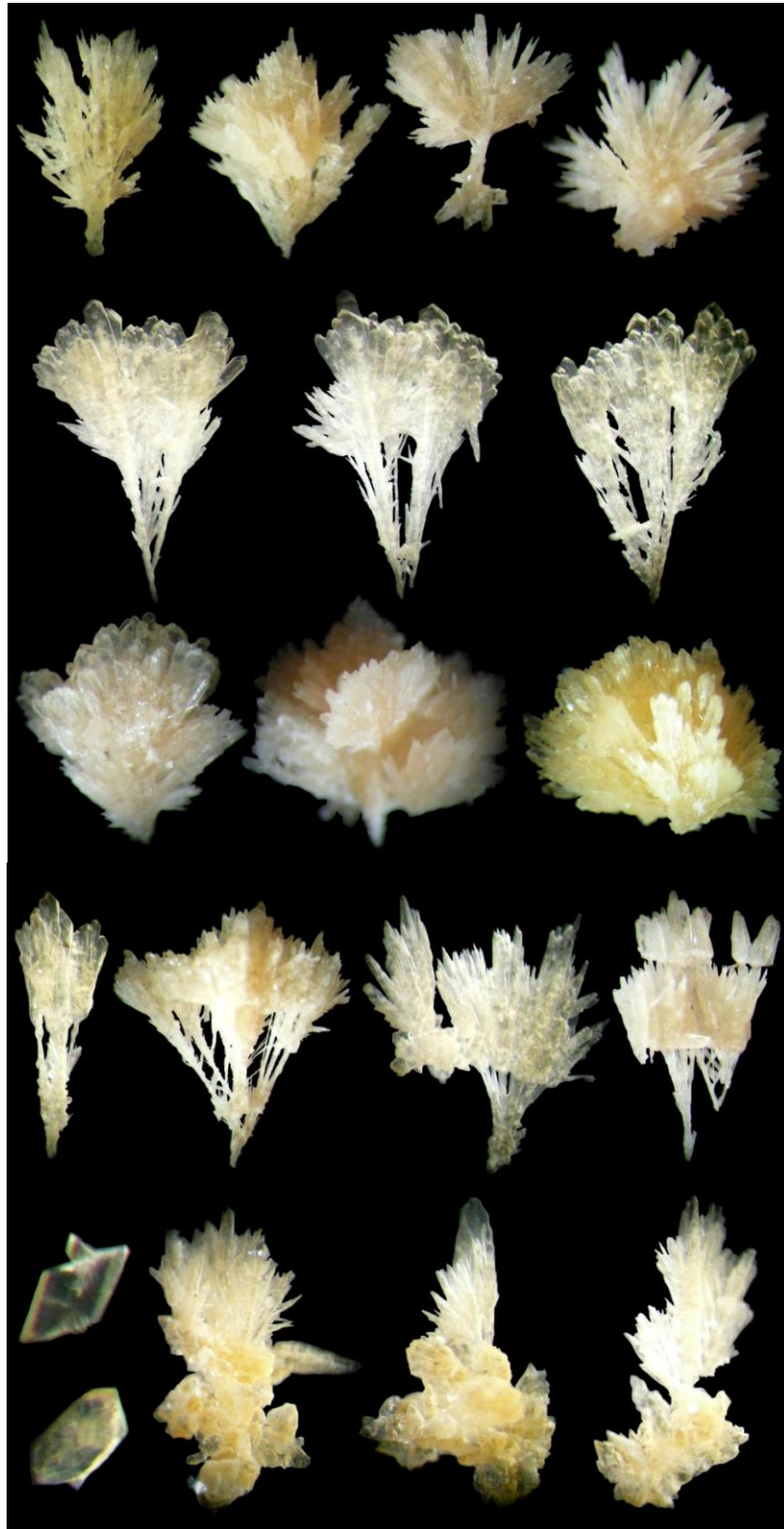
- Age of cryomineral formations is also very interesting for investigation. Their dating could distinctly show the growth of underground ice, so the cryominerals could serve as age markers much more stable than ice which can melt, recrystallise, etc.

- Aerosol material, including particles transported by air from outside, is preserved in cryomaterial growing layer by layer in underground naled ice. It can also be the source of information about pelaeoclimatic conditions of the past.

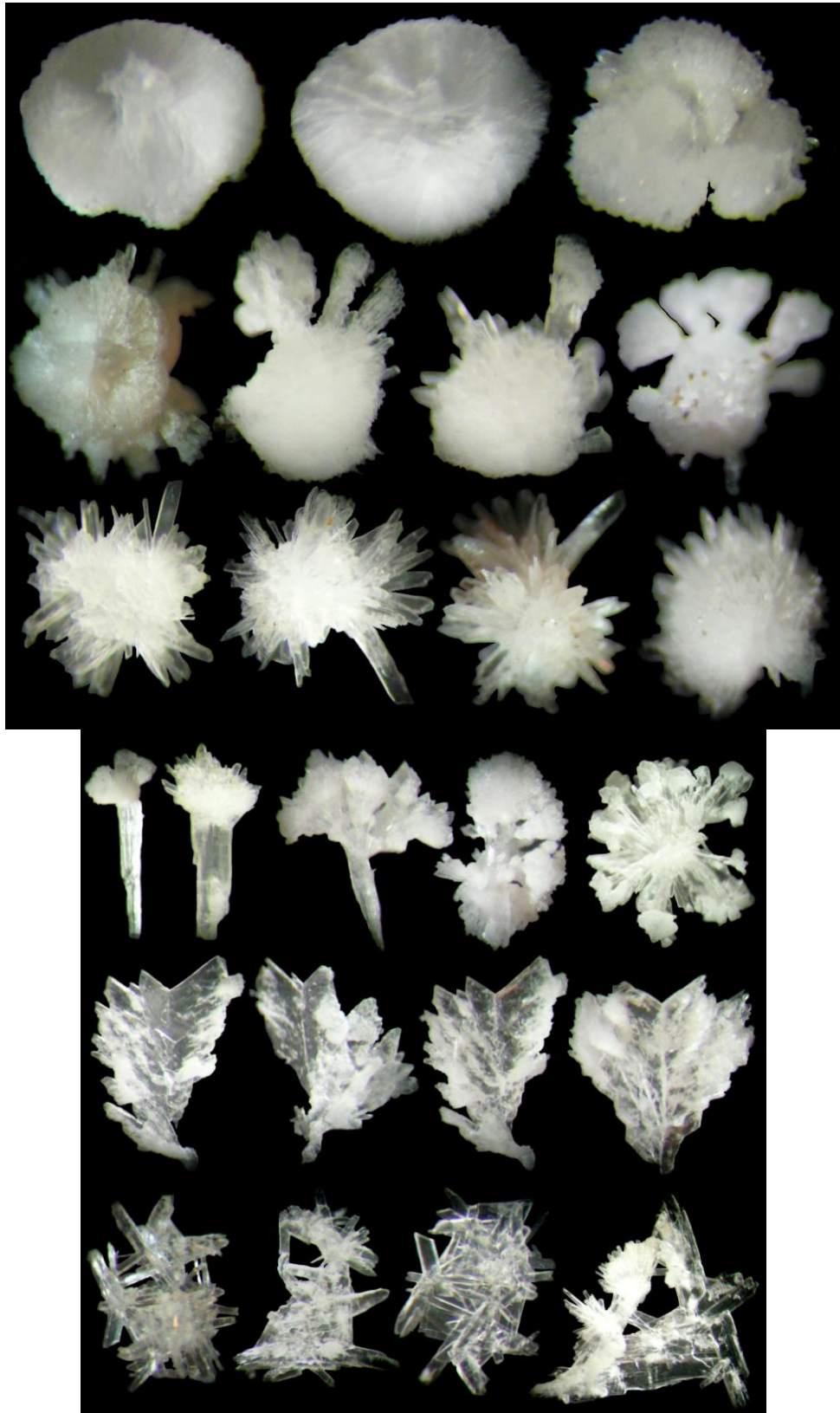
Cave material varies greatly in its content and morphology, reflecting, not only different formation mechanisms, but also varied factors of unbalanced conditions of the solution and changing environmental conditions in the cave.

Detailed mineralogical investigations, applying the latest research methods, including isotopic analysis, will undoubtedly explain unknown effects and consequences accompanying cold mineral

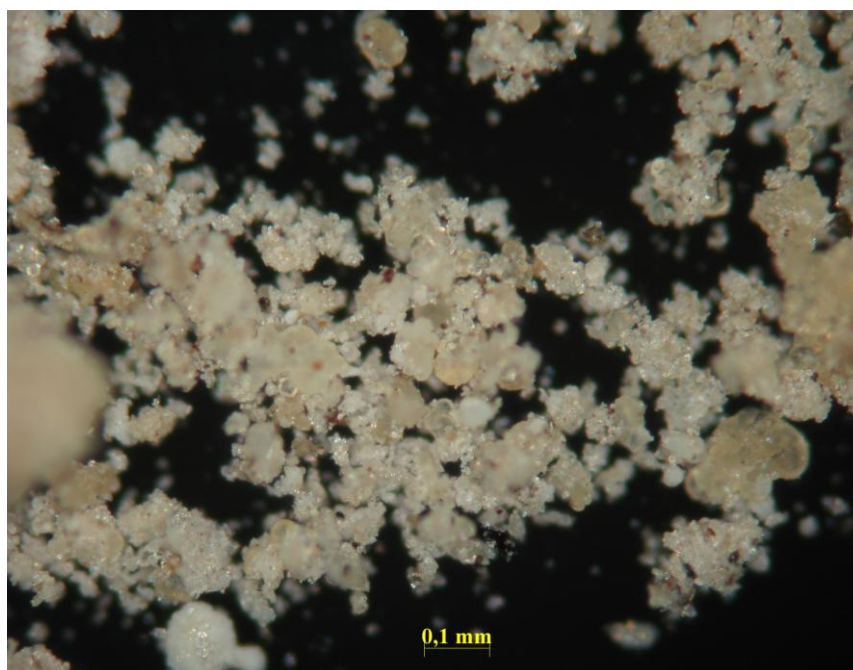
Successive stages of mineral crystallisation, tempo of the process, cryomorphic transformation of crystals in the surrounding ice (recrystallisation in changing environmental conditions), inclusions in cryocrystals (for example, water or other minerals), phase transformation of the mineral matter, its aggregation, structure of crystals (growth zones etc.) and many other problems also are very interesting.



The separated pine-skeletal dendrites in different stages of regeneration (at the left), zonal aggregates and separated crystals with new formed on them split crystals. Pervyj Grotto, Kungur Ice Cave



*Regenerated (in different degree) spherulites, sometimes with the signs of 2 stages of splitting (at the left). Split crystals of gypsum and flat aggregates (twins and joints).
Scandinavskyj Grotto, Kungur Ice Cave*



Recrystallisation of carbonate cryogenic powder, Mariinskaya Cave, Perm Region

INVERTEBRATES FROM CAVES OF PINEGA AREA: BRIEF REVIEW

S.A. Kapralov

Niziy Novgorod State University

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ПЕЩЕР ПИНЕГИ: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

С.А. Капралов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,

СК ГД ГПС, Нижний Новгород

Available data about invertebrates from caves and some karst habitats of White Sea-Kuloi plateau were summarized. Notholca caudata (Rotatoria, Brachionidae), Mysis relicta (Mysidacea, Mysidae), Pallasea quadrispinosa (Amphipoda, Pallaseidae), Ephemeroptera indet., Culicidae gen. sp., Helomyza serrata (Diptera, Helomyzidae) were recorded in caves. In

addition, 12 mite species (*Mesostigmata*) and 18 springtails (*Collembola*) were adduced for sinkholes & other cold karst habitats of Pinega area. Cave fauna of the region is very poor, but only special studies can give the representative pattern of hypogaeic life in the North.

В сообщении обобщена доступная информация о находках беспозвоночных животных в пещерах и некоторых карстовых местообитаниях Беломорско-Кулойского плато.

Пещеры Беломорско-Кулойского плато являются преимущественно горизонтальными, для гипсового массива характерно развитие большого количества трещин и вертикальных водопродводящих каналов, что в совокупности с климатическими условиями региона приводит их к раннему зимнему промораживанию (Голод, Голод, 1974). Согласно многолетним мониторинговым микроклиматическим исследованиям значения средних зимних температур в модельных полостях остаются относительно постоянными, около $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Шаврина, 2010). В то же время в ряде пещер отмечены локальные участки положительных зимних температур на уровне $+2-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Бузунов, 1974; Воеводин, Малков, 1974).

Фауна беспозвоночных животных пещер региона практически не изучена, существующие обзоры (Бирштейн, Левушкин, 1966; Книсс, 2001) не несут никакой информации о северных пещерах. Имеющиеся сведения фрагментарны и зачастую носят случайный характер.

Н.Г. Баянов (Bayanov, 2003) на основании гидробиологических исследований карстовых озер Пинежского заповедника приводит для пещерных вод коловратку *Notholca caudata* (Rotatoria, Brachionidae), отмеченную ранее также в планктонных сообществах Швеции и Канады (Кутикова, 1994, с. 71), а также ракообразных *Mysis relicta* (Mysidacea, Mysidae) и *Pallasea quadrispinosa* (Amphipoda, Pallaseidae). *M. relicta* – обитатель водоемов бассейна Северного Ледовитого океана и Балтийского моря (Фильчаков, 1995, с. 165). *P. quadrispinosa* населяет олиготрофные озера Европы (Старобогатов, 1995, с. 189). Бокоплавы (Amphipoda) отмечены также в пещерах Кулогорская, Китеж, Голубинский провал, Водная (Семиколенных, 1992; Франц, 1992, 2003а, 2003б; Бикулов, 2003). Указанные виды, вероятно, являются реликтами ледникового времени (Bayanov, 2003).

О.Л. Макаровой (2006, 2007, 2009) и А.Б. Бабенко (2008) проведены исследования мезофауны карстовых ландшафтов – обследованы Массеев, Северный и Тараканий лога, скальные обнажения и изолированные карстовые воронки. Был исследован также органический материал (древесная труха, листовая опад) из пещер Голубинский провал и Ледяная волна. Материал из пещер не был заселен микроартроподами, температура в полостях была отрицательной (Макарова, 2006); фауна поверхностных ландшафтов напротив содержала комплекс специфических видов, отмеченных только в холодных карстогенных местообитаниях заповедника.

Среди гамазовых клещей (Parasitiformes, Mesostigmata) это арктические *Dinychus micropunctatus* (Uropodidae), *Arctoseius* sp. (Ascidae), североевропейско-сибирские *Trachytes edleri* (Polyaspididae) и *Pachylaelaps kievati* (Pachylaelapidae), арктомонтанные *Veigaia belovae* (Veigaiidae), *Trachytes hirschmanni* (Polyaspididae), *Iphidinychus gaieri* (Uropodidae), *Cheiroseius* cf. *sayanicus* (Ascidae), *Zercon* sp. (Zerconidae), виды с монтанными связями *Gamasellus* sp. (Rhodacaridae), *Arctoseius* sp. (Ascidae), *Syskenozercon kosiri* (Zerconidae) (Макарова, 2009).

Среди коллембол (*Collembola*) также присутствуют как сибирские, демонстрирующие восточно-палеарктическое влияние на фауну заповедника виды (*Protaphorura jacutica* (Onychiuridae), *Desoria alaskensis*, *Pachyotoma* sp., *Isotomodella psammophila* (Isotomidae)), так и разнообразные по типу ареала арктоальпийские

(*Chaetophorura simplex*, *Ch. bella* (Onychiuridae)) и арктические, свойственные зонам тундр и полярных пустынь (*Desoria tshernovi*, *D. inupikella*, *Isotoma* sp. aff. *variudentata*, *Pseudisotoma sensibilis*, *Folsomia ciliata*, *F. cryptophila*, *F. bisetosa*, *Tetracanthella wahlgreni* (Isotomidae), *Oligaphorura* cf. *ursi* (Onychiuridae), *Hypogastrura tullbergi* (Hypogastruridae)) (Бабенко, 2008). Отмечены также психрофильный европейский вид *Appendisotoma abiskoensis* (Isotomidae) и *Willemia trisphaerae* (Hypogastruridae), известная из местообитаний как с севера Европы, так и из гор южной Сибири. *Desoria tshernovi* и *D. inupikella* являются наиболее массовыми из арктических видов в карстовых воронках, обуславливая, как и бóльшая относительная численность *Folsomia rossica*, высокую специфичность их сообществ (Бабенко, 2008). *D. tshernovi*, *I. sp. aff. variudentata*, *A. abiskoensis* и *W. trisphaerae* ранее отмечались в пещерах Среднего Урала (Потапов, 2003 – цит. по: Бабенко, 2008).

Судя по всему, холодные карстовые местообитания способствовали сохранению криофильных видов, оказавшихся здесь во время ледникового периода (Макарова, 2007), что в сочетании с возможным расселением или заносом северных видов привело к формированию современных сообществ микроартропод (Бабенко, 2008).

Сведения о насекомых пещер отрывочны. В лужицах пещеры К-1 обнаружены личинки поденок (Ephemeroptera) (Франц, 2003в, 2003г). Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) отмечены в дальней части пещеры К-2 (Франц, 1992), вероятно возможность использования ими пещер как места зимовки. Не идентифицированные комары наблюдались также в пещере К-5 (Франц, 1992). *Helomyza serrata* (Diptera, Helomyzidae) встречена в пещерах Голубинский Провал, Китеж, им. Высоцкого, системе им. Терещенко (Семиколенных, 1992). Вид имеет голарктическое распространение, обычен в подземных полостях средней полосы Русской равнины, Южного Урала (Капралов, 2010).

Суrowые климатические условия негативно сказываются на формировании и сохранении подземной фауны региона. В то же время существование участков положительных температур, специфические биоценозы наземных карстовых форм и существование реликтовых популяций криофильных видов дают основания надеяться на новые фаунистические находки в пещерах Пинеги. Биоспелеологические исследования в таких условиях должны опираться на микроклиматические, гидрологические, гидрохимические данные, быть частью мониторинга подземной природной среды.

Благодарим Д.А. Сидорова (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток) за замечания по таксономии ракообразных и О.Л. Макарову (ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Москва) за помощь в поиске литературы.

Литература

- Бабенко А.Б., 2009. Ногохвостки (Hexapoda, Collembola) карстовых ландшафтов Пинежского заповедника // Зоологический журнал. Т. 87, № 3. С. 292–305.
- Бикулов В., 2003. Фишки к пиву или особенности кулогорской рыбалки // Северный Спелео Альманах. Вып. пятый. Архангельск. С. 163–167.
- Бирштейн Я.А., Левушкин С.И., 1966. Подземная фауна Русской равнины // Вопросы изучения карста Русской равнины. М. 115–120.
- Бузунов О.В., 1974. Кулогорская пещера // Пещеры Пинеги-Северодвинской карстовой области. Сб. статей. Л. С. 163–168.
- Воеводин С.Г., Малков С.А., 1974. Пещера Холодильник // Пещеры Пинеги-Северодвинской карстовой области. Сб. статей. Л. С. 178–182.
- Голод В.М., Голод М.П., 1974. Микроклимат гипсовых пещер Пинежья // Пещеры Пинеги-Северодвинской карстовой области. Сб. статей. Л. С. 128–154.

- Капралов С.А., 2010. Helomyzidae (Diptera) из подземных местообитаний европейской части России // Первые международные Беккеровские чтения: Сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. г. Волгоград, 27–29 мая 2010 г. Ч. 1. Волгоград. С. 394–395.
- Книсс В.А., 2001. Фауна пещер России и сопредельных стран. Уфа. 238 с.
- Кутикова Л.А., 1994. Коловратки (Rotatoria) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные. СПб. С. 52–78.
- Макарова О.Л., 2006. Мезостигматические клещи (Parasitiformes, Mesostigmata) Пинежского заповедника // Летопись Природы Пинежского заповедника. Т. 30. С. 193–199.
- Макарова О.Л., 2007. Арктические и альпийские клещи (Mesostigmata) в равнинной тайге: фауна Пинежского карста (Архангельская область) // Проблемы и перспективы общей энтомологии. Тез. докл. XIII съезда Русского энтомол. об-ва. Краснодар, 9–15 сентября 2007 г. Краснодар. С. 212–213.
- Макарова О.Л., 2009. Фауна свободноживущих гамазовых клещей (Parasitiformes, Mesostigmata) северной тайги: анализ зональной специфики // Зоологический журнал. Т. 88, № 9. С. 1039–1054.
- Потапов М.Б., 2003. Тундровые сообщества коллембол (Collembola, Hexapoda) в карстовых пещерах Среднего Урала // Разнообразие беспозвоночных животных на севере. Тез. докл. II междунар. конф. 17–22 марта 2003 г. Сыктывкар. С. 65.
- Семиколенных А.А., 1992. Особенности экологии живых организмов в пещерах Пинеги // Северный Спелео Альманах. Вып. второй. Архангельск. С. 33–37.
- Старобогатов Я.И., 1995. Отряд Amphipoda // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные. СПб. С. 184–206.
- Фильчаков В.А., 1995. Отряд Mysidacea // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные. СПб. С. 165–168.
- Франц Н., 1992. Где обитают шуршики? // Северный Спелео Альманах. Вып. второй. Архангельск. С. 41–49.
- Франц Н., 2003 а. Мир. Дружба. Кулогоры // Северный Спелео Альманах. Вып. пятый. Архангельск. С. 147–151.
- Франц Н., 2003 б. Заключение специалиста – с.н.с. Института Биологии Развития РАН (Москва), кандидата биологических наук Николая Мюге (из письма) // Северный Спелео Альманах. Вып. пятый. Архангельск. С. 167–168.
- Франц Н., 2003 в. «Семинар пенсионеров» 2002 год. Лето. Июль. Жара. Кулогоры // Северный Спелео Альманах. Вып. пятый. Архангельск. С. 171–178.
- Франц Н., 2003 г. Мнение специалиста – старшего научного сотрудника Института Биологии Развития РАН (Москва), кандидата биологических наук Николая Мюге (из письма) // Северный Спелео Альманах. Вып. пятый. Архангельск. С. 178–179.
- Шаврина Е.В., 2010. Мониторинг динамических компонентов подземной среды // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Мат. междунар. науч.-практ. конф. 16–20 ноября 2010 г., Набережные Челны. Набережные Челны. С. 102–105.
- Вауанов N.G., 2003. About finds of glacial relicts in caves of White sea-Kuloi plateau // Разнообразие беспозвоночных животных на севере. Тез. докл. II междунар. конф. 17–22 марта 2003 г. Сыктывкар. С. 86–87.

INFLUENCE OF KARST PROCESSES ON THE FORMATION OF GROUNDWATER (South-Western Crimea)

E.P. Kayukova

St. Petersburg State University (SPSU), St. Petersburg

ВЛИЯНИЕ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Е. П. Каюкова

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), г. Санкт-Петербург

Within the second (inner) ridge of Crimean mountains in the midstream of the river Bodrak (surroundings of the village Trudolyubovka) there is a unique geological site existing for nearly 60 years, where St. Petersburg State University conducts geological field training for 2nd year students. Since 1998, during the geological training hydrogeological studies that include surface water and precipitation research, are carried out. Since the training is held in the summer, all the studies are seasonal (June - July).

Within the site, the river Bodrak flows from the south-east to the north-west (the catchment area is 76.5 km², average height of the catchment is 430 mm, average altitude of the longitudinal profile is 250 m, underground flow, calculated by morphometric method according to A. Green [4] is 125 mm).

The average annual temperature in the vicinity of the site varies around 11,6° C (at present, there is a trend of temperature increase of 0,37°/10 years). Negative anomalies of mean monthly air temperatures are associated with periods of dominance of the north-east winds.

The study area is divided into the following zones and aquifers: Quaternary aquifer (Q); Lyutetsky aquifer (Pg_{2lt}); Danish aquifer (Pg_{1d}); Hauterivian aquifer (K_{1(v-h)}); water bearing zone of Karadag series (J_{2b}). Unweathered sediments of Karadag, Eskiordinskoy and Taurian series form the regional aquitard.

Groundwater developed in the study area mostly belongs to zone of active water exchange. Only fracture-vein water of Karadag volcanic-sedimentary series (northern part of the village Trudolyubovka) belongs to the deeper zone. Groundwater of the Bodrak river basin are formed by precipitation (685 mm is a middle precipitation value of the river catchment), as well as by the transit water and condensation. About half of total precipitation value is spent on evaporation and transpiration. In the warmer months, the groundwater resources are replenished by condensation. Condensing flow is estimated as 2% of the precipitation, it is 11 mm (module of condensation flow is 1.85 l/sec·km²) [1]

From 1998 till present time there is a negative trend in precipitation (with the dynamics of about 1 mm/year) within the studied area. The chemical composition of precipitation corresponds to continental areas (contribution of the marine component is about 20%). The average salinity is 40 mg/l, pH ranges around 7. The predominant component of 30% of precipitation is calcium bicarbonate, other rainwater is of sulfate-bicarbonate calcium (18%), bicarbonate sodium-calcium (15%), sulfate- bicarbonate sodium-calcium (12%) composition.

About 250 kg of chemicals falls annually on the one hectare of the Eastern part of Bakhchisaray region. Contents of all macro components are well correlated with salinity, but the highest correlation rates are between hardness cations and bicarbonates.

Higher mineralized precipitation is associated with north-eastern winds. Winds of NNE direction bring dusty soil rich in iron minerals, eastern winds contain clay particles. Sources of major ions of HCO₃⁻, Ca²⁺, K⁺ and of significant part of Mg²⁺ and SO₄²⁻ ions are soil and rocks (often these are particles of carbonate rocks).

The leading role in the formation of trace-element composition of rainfall in the study area belongs also to continental sources. Due to the wind directions, there is an ecologically favorable situation in the lower layer of the atmosphere of the study (anthropogenic contribution to the chemical composition of precipitation is negligible).

Karst processes in the study area are associated with carbonate deposits of the Paleogene (they form the cuesta scarps of the Second ridge), as well as with the Cretaceous deposits composing the top of mesas.

Karst of the Inner ridge is developing mainly due to water absorption of transit streams and their tributaries. This leads to the formation of fairly numerous, but smaller (length is about 300 m) Ponor caves in Danish and nummulite limestone [2, 3].

In the inner ridge, the underground karsting is nearly absent, due to the deepening of river valleys below the base of the Cretaceous and Paleogene limestone. Small forms (funnels, ditches), sometimes of anthropogenic origin [2], appear.

According to A.B. Klimchuk, manifestations of karst foothills of Crimea have hypogene nature. It means that they are associated with the regime of the ascending groundwater discharge and with water exchange between aquifers. The share of the karst rocks in Paleogene sections is 45%, in Cretaceous sections it is 18%. [5].

Carbonate deposits have a significant impact on the formation of both chemical composition and quantity of natural waters. In the study area there are permanent springs, their outputs are confined to carbonate rocks (Afeniz spring). There are also springs discharging along the fracturing zone of flysh rocks those who carried on unloading zone cracked flysch rocks. However, their chemical composition indicates that they form in the upper carbonate rocks (spring in the north- western slope of Patil mountain, a spring near Maly Kermen mountain). The formation of calcareous tuff is observed near the spring.

The condensing flow from Cretaceous limestone ($K_{1(v-h)}$) is estimated as 1,8% of the precipitation. The condensing flow is counted up on summer minimum flow of Patil springs (in hot period).

Water formed in carbonate rocks, are hard and alkaline (pH 7-7.5), of calcium bicarbonate composition with salinity of 0.6 - 0.7 mg/liter.

Ag	Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu
0,0047– 0,0048	0,14– 0,19	0,00015– 0,0002	0,028– 0,080	0,70– 0,75	0,00002– 0,00017	0,0002– 0,00026	0,0020– 0,0044	0,0038– 0,0041

Fe	Li	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Rb	Sb
0,15– 0,38	0,0050– 0,0077	0,003– 0,0065	0,00011– 0,00032	0,0009– 0,0042	0,012– 0,033	0,00073– 0,0034	0,00043– 0,0007	0,0001– 0,0002

Se	Si	Sn	Sr	Ti	Th	U	V	Zn
<0,001– 0,001	5,8–11	<0,001– 0,0036	0,27–0,36	0,002– 0,0041	<0,0001	0,0022	0,0005– 0,0006	0,019– 0,145

A water associated with karst deposits has good drinking quality.

В пределах Второй (Внутренней) гряды Крымских гор в среднем течении р. Бодрак (окрестности д. Трудолюбовки) существует уникальный геологический полигон, на котором уже почти 60 лет Санкт-Петербургский Государственный университет проводит учебную геологическую практику для студентов 2 курса.

С 1998 г. в рамках геологической практики ведутся гидрогеологические исследования, а также изучаются поверхностные воды полигона и атмосферные осадки. Так как практика проходит в летний период – все исследования носят сезонный характер (июнь – июль).

С юго-востока на северо-запад полигон пересекает р. Бодрак (площадь водосборного бассейна - 76,5 км²; уклон - 15 ‰; средняя высота водосбора - 430 мм, средняя отметка продольного профиля – 250 м; подземный сток, подсчитанный морфометрическим способом по методу А. И. Зеленого [4], - около 150 мм).

Средняя годовая температура в районе полигона Крымской геологической практики варьирует около 11,6 °С (в настоящий период наблюдается тенденция повышения температуры 0,37 °/10 лет). Отрицательные аномалии среднемесячной температуры воздуха связаны с периодами преобладания северо-восточных ветров.

На изучаемой территории выделяются следующие водоносные горизонты и зоны: четвертичный водоносный горизонт (Q); лютетский водоносный горизонт (Pg_{2lt}); датский водоносный горизонт (Pg_{1d}); готеривский водоносный горизонт (K_{1h}); водоносная зона карадагской серии (J_{2b}). Невыветрелые отложения карадагской, эскиординской и таврической серий представляют региональный водоупор.

В подавляющем большинстве своем воды развитые на изучаемой территории относятся к зоне активного водообмена. Исключение составляют трещинно-жильные воды карадагской серии вулканогенно-осадочной толщи (участок в северной части д. Трудолюбовки). Подземные воды бассейна р. Бодрак формируются за счет атмосферных осадков (685 мм – средний слой осадков водосбора р. Бодрак), транзитных вод и процессов конденсации. Примерно половина, выпавших на территории атмосферных осадков, тратится на испарение и транспирацию. В теплые месяцы подземные воды пополняются за счет конденсации. Конденсационный сток оценивается как 2 % от выпавших атмосферных осадков и составляет 11 мм (модуль конденсационного стока - 1,85 л/с км²) [1]

В период 1998 г. по настоящее время в районе Крымского учебного полигона наблюдается отрицательный тренд количества атмосферных осадков (с динамикой около 1 мм/год). Химический состав осадков отвечает континентальным районам (вклад морской составляющей около 20 %). Средняя минерализация составляет 40 мг/л, величина рН варьирует около 7. По преобладающим компонентам осадки в 30 % случаев гидрокарбонатные кальциевые; на остальные проценты приходятся сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые (18 %), гидрокарбонатные натриево-кальциевые (15 %), сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые (12 %).

На один га территории Восточной части Бахчисарайского района в течение года с атмосферными осадками выпадает около 250 кг химических веществ. Все макрокомпоненты хорошо коррелируются с минерализацией, но наибольшие коэффициенты корреляции имеют катионы жесткости и гидрокарбонаты.

С северо-восточными ветрами связаны более минерализованные осадки, ветры ССВ румбов несут почвенную пыль богатую железистыми минералами, ветры восточных направлений – глинистыми частицами. Источники поступления основных ионов НСО₃⁻, Са²⁺, К⁺ и значительной части Mg²⁺ и SO₄²⁻ – почвы и горные породы (часто это частички карбонатных пород).

Ведущая роль в формировании микроэлементного состава дождевых осадков в изучаемом районе принадлежит также континентальным источникам. Благодаря розе ветров (преобладают ветра северо-восточные и восточные, в меньшей степени южные, юго-западные и западные) приземной слой атмосферы в изучаемом районе имеет устойчивую экологически благоприятную обстановку (антропогенный вклад в химический состав осадков незначителен).

Карстовые процессы на изучаемой территории связаны с карбонатными отложениями палеогена (ими сложены куэстовые уступы Второй гряды), а также с нижнемеловыми отложениями слагающими вершущи столовых гор (Шелудивая, Длинная, Патиль, Большой и Малый Кермены).

Карст Внутренней гряды развивается в основном за счет инфлюационного поглощения вод транзитных водотоков и их боковых притоков. Это приводит к образованию довольно многочисленных, но небольших (протяженность до 300 м) пещерно-поноров в датских и нуммулитовых известняках [2, 3].

Во внутренней гряде подземное закарстование, в связи с углублением речных долин ниже подошвы хорошо карстующихся известняков мела и палеогена, практически прекращается. Образуются небольшие формы (воронки, карры), иногда имеющие антропогенное происхождение [2].

По мнению А. Б. Климчука проявления карста Предгорного Крыма имеют гипогенную природу, то есть связаны с режимом восходящей разгрузки подземных вод и поперечным водообменном между горизонтами в слоистом водонапорном комплексе в процессе его гидрогеологического раскрытия. Доля карстующихся пород в разрезах палеогена составляет 45 %, в разрезах мела – 18 %. [5].

Карбонатные отложения оказывают значительное влияние на формирование как химического состава, так и количества природных вод. На изучаемой территории имеются постоянно действующие родники, выходы которых приурочены к карбонатным отложениям (родник Афениз); имеются и такие, разгрузка которых осуществляется по зоне трещиноватости флишевых пород, однако (судя по химическому составу) формирование связано с вышележающими карбонатными отложениями (родник на северо-западном склоне г. Патиль, родник у г. М. Кермен). На месте выхода родника у г. М. Кермен отмечено образование известковых туфов.

Конденсационный сток нижнемеловых пород ($K_{1(v-h)}$), сложенных известняками и известняковистыми песчаниками составляет 1,8 % от атмосферных осадков. Конденсационный сток подсчитан по межennomу родниковому стоку г. Патиль (который в жаркий период осуществляется за счет конденсации).

Воды, формирование химического состава которых связано с карбонатными отложениями, жесткие щелочные (рН 7-7,5) по составу гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,6 – 0,7 мг/л. Микрокомпонентный состав представлен в нижеследующей таблице (содержания элементов в мг/л); зафиксированы минимальные и максимальные значения.

Ag	Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu
0,0047– 0,0048	0,14– 0,19	0,00015– 0,0002	0,028– 0,080	0,70– 0,75	0,00002– 0,00017	0,0002– 0,00026	0,0020– 0,0044	0,0038– 0,0041

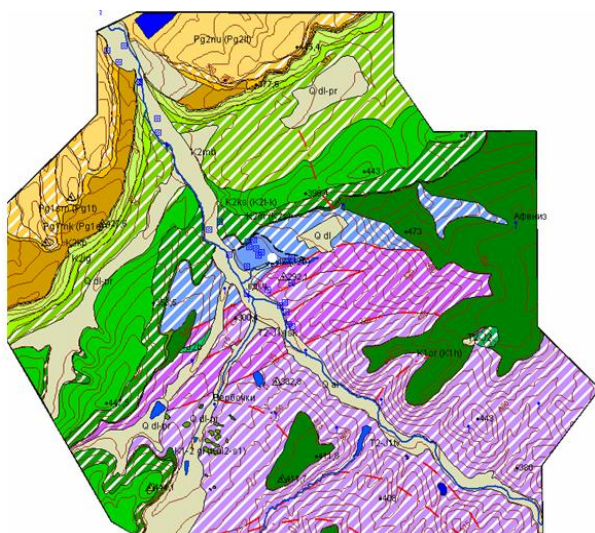
Fe	Li	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Rb	Sb
0,15– 0,38	0,0050– 0,0077	0,003– 0,0065	0,00011– 0,00032	0,0009– 0,0042	0,012– 0,033	0,00073– 0,0034	0,00043– 0,0007	0,0001– 0,0002

Se	Si	Sn	Sr	Ti	Th	U	V	Zn
<0,001– 0,001	5,8–11	<0,001– 0,0036	0,27–0,36	0,002– 0,0041	<0,0001	0,0022	0,0005– 0,0006	0,019– 0,145

Подземные воды Крымского учебного полигона, связанные с карстующимися отложениями имеют хорошие питьевые качества.

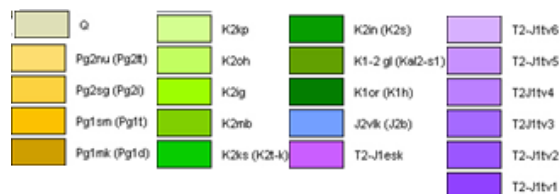
Литература

1. Вахрушев Б. А. Конденсаційна складова підземного живлення річок і джерел Кримсько-Кавказького карстового регіону // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: Ніка-Центр, 2001. - Т.2. – С. 283-289.
2. Вахрушев Б. А. Палеогеографія Крыма в світє новейших карстолого-



ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

(Цыпин М.А.)



**ECOLOGICAL EDUCATION AT THE EXCURSION ACTIVITY OF THE LLC
"STALAGMIT-TOUR" COMPANY
(KUNGUR, PERM REGION)**

N.N. Kozlova, D.V. Naumkin

“Stalagmit – Tour” Company, Kungur

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЩЕНИЕ В ЭКСКУРСИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

ООО «СТАЛАГМИТ-ЭКСКУРС» (Г. КУНГУР, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Н.Н. Козлова*, Д.В. Наумкин**

* ООО «Сталагмит-Экскурс», г. Кунгур;

** Государственный природный заповедник «Басеги», г. Гремячинск.

*«И потому, познавший камень
Движенье времени постиг
И от общения с веками
Дороже ценит каждый миг»
Н.Г. Кондратковская*

Территория Предуралья – это юго-восток Пермского края, самобытный в природном и социально-экономическом отношении регион. Это еще не горный Урал с его суровой тайгой, горными лугами, гольцами и курумами – цепи Уральских хребтов тянутся здесь восточнее границы края. Уральская геосинклиналь имеет на этих широтах необычайно широкий Предуральский краевой прогиб, на основании которого сформировалась платообразная и холмистая увалистая поверхность. Это ареал сульфатно-карбонатных горных пород и карста [3; 7].

Река Сылва разрежала обширное Уфимское плато, создав глубокую каньонообразную долину, особенно живописную на участке от села Усть-Кишерть до города Кунгура. По берегам реки высятся величественные скалы-«камни», являющиеся замечательным музеем природы под открытым небом [16]. Эту полосу выходящих на поверхность рифовых построек артинского времени геологи зовут Сылвенскими рифами [1]. Не случайно именно здесь в 1943 году была создана первая в Прикамье охраняемая территория – Кунгурский заповедник «Предуралье» [18], в организации которого приняли участие многие столичные и пермские ученые – А.П. Протопопов, Р.Ф. Геккер, В.А.

Варсонофьева, Г.А. Максимович, А.Г. Воронов, а также кунгурские энтузиасты охраны природы, в первую очередь Л.Н. Лелюхов и Г.Т. Мауэр [5; 6; 11; 13].

Уникальным феноменом современной природной обстановки Предуралья является реликтовая степная растительность – Кунгурская островная сосново-березовая лесостепь. В качестве самостоятельной ботанико-географической единицы она впервые была выделена П.Н. Крыловым (1878), им же в ботаническую литературу введен термин «лесостепь», предложенный на основании знакомства с природой этого региона [8]. Высокая хозяйственная освоенность лесостепных районов Пермского края сильно сглаживает естественные ботанико-географические границы, тем не менее, для специалистов они вполне очевидны. Особенно явно выражена западная граница Кунгурской лесостепи, проходящая по долине р. Ирень. Это связано с геологическими причинами – именно вдоль р. Ирени южнее г. Кунгура проходит линия замещения нижнепермских отложений кунгурского яруса терригенными породами уфимского яруса верхней перми. Река Ирень является и границей распространения лесостепных почв, и, соответственно, характерного для них остепненного растительного покрова. Ниже г. Кунгура остепненные фитоценозы встречаются по обоим берегам р. Сылвы на север до с. Серга. Окрестности этого села являются наиболее северным форпостом степной растительности (Пермь-Сергинская карстовая каменистая степь), хотя ее небольшие фрагменты встречаются и севернее – до с. Насадка, а многие степные растения проникает на север еще дальше – в таежную зону, однако там они не играют особой роли в составе растительного покрова.

В отличие от зональных лесостепей европейской части России, Кунгурская лесостепь имеет ярко выраженный сибирский облик [15]. Преобладание открытых ландшафтов, низкая лесистость, флористическое своеобразие растительных группировок и другие особенности позволили выделить эту территорию в отдельный геоботанический район, значительно отличающийся от прочих районов таежного Прикамья [4; 8]. Примечательно, что даже болотные фитоценозы карстовых воронок Кунгурской лесостепи по ряду черт весьма близки болотным формациям Зауралья, и не имеют аналогов в Пермском крае [2].

Кунгурский и прилегающие к нему районы – это край карстовых пещер, многие из которых имеют статус памятников природы [3; 11]. Самой знаменитой из них по праву является Кунгурская Ледяная пещера. Становление экскурсионной деятельности в пещере освещено во многих публикациях [5; 9; 10; 14]. Оно началось в 1914 году и связано с именем первого экскурсовода Александра Тимофеевича Хлебникова. Кунгурский мещанин стал арендатором, приступил к расчистке завалов, обустройству крепежей и созданию экскурсионных маршрутов. Пещера в то время была открыта для посещений в любое время суток, посетителей снабжали специальной одеждой и обувью. Осмотр продолжался 3 – 5 часов до Большого подземного озера. Оплата производилась по соглашению. С 1930 по 1938 год пещера находилась в ведении Отдела народного образования, позднее, до 1948 года, в ведении Кунгурского горисполкома. Состояние ее в этот период было далеко не благополучным, о чем свидетельствует докладная на имя председателя ВЦСПС Кузнецова: «Пещера, имеющая мировую известность, находится в нетерпимом положении, необходимо благоустройство входа и тропы». В 1948 году на базе Уральского филиала комплексной научно-исследовательской станции МГУ был организован Кунгурский стационар по изучению карста и пещеры. Его руководитель Вячеслав Семенович Лукин энергично взялся за обустройство пещеры, которая стала впоследствии естественной научно-исследовательской базой. Опираясь на научный потенциал, сотрудники организовали культурно-просветительскую работу, систематическое экскурсионное и лекционное обслуживание посетителей пещерного уральского феномена.

Любопытство, желание познать мир влекут в пещеры множество посетителей. Соприкасаясь с сотворенным за тысячелетия подземным миром, неосторожный человек может (осознанно или неосознанно) нанести ему значительный вред. Пещеры – часть природного наследия, о которой часто забывают, несмотря на то, что пещерные системы – это удивительная и прекрасная часть естественных ландшафтов. На территории России насчитывается более 10 пещер, использующихся для проведения регламентированной экскурсионно-рекреационной деятельности и имеющих специальное оборудование, обеспечивающее безопасность посетителей, а также защиту объекта от несанкционированного доступа. Во всем мире признано, что использование пещер для массового туризма в коммерческих целях возможно лишь при условии их оборудования и сопровождения экскурсий просветительской программой.

Почти 100-летний опыт экскурсионной деятельности Кунгурской Ледяной пещеры показывает, что воспитание экологической культуры посетителей может быть успешным через обзорные и тематические экскурсии. Экскурсию в пещеру можно отнести к природному, экологическому туризму, объектом которого является природа. Объектами собственно экотуризма могут быть как природные, так и культурные достопримечательности, природно-антропогенные ландшафты, где традиционная культура составляет единое целое с окружающей природной средой. Исключительная роль Кунгурской Ледяной пещеры в туристском пространстве России имеет свои причины – это и многолетнее оледенение, чередование объемных гротов и узких проходов, подземные озера, причудливые формы рельефа и весьма выгодное транспортно-географическое положение объекта на автомобильной и железнодорожной магистралях [19]. Близость Кунгурской Ледяной пещеры к крупнейшим агломерациям Урала и Поволжья позволяет привлекать туристов как на выходные дни, так и на более длительное время.

В 2006 году сотрудником Кунгурской лаборатории-стационара ГИ УрО РАН П.Н. Сивинских был проведен учет надписей в Кунгурской Ледяной пещере [17]. На сегодняшний день сохранились и отчетливо читаемы около 100 надписей, оставленных посетителями с середины XIX века. Много надписей относятся к периоду с начала XX века и до электрификации пещеры в 1962 году. В 1980–х годах в период массового профсоюзного туризма многие посетители царапали стены острыми предметами, оставляли названия городов и свои фамилии. Спустя 20 лет отношение к пещере изменилось. Прежде всего, потому, что группы сократили со 100 до 25 человек, и экскурсоводу стало легче контролировать весь процесс подземного путешествия. Важно отметить, что с открытием границ для россиян, с возможностью путешествий по миру появился опыт, культура посещения пещер, возможность сравнения с другими подземными пространствами. Но главное, на наш взгляд, что человек через геологические, палеонтологические, палеоклиматические знания приходит к философскому осмыслению картины мира.

Сейчас ежегодно по окончании летнего сезона на предприятии «Сталагмит-Экскурс» объявляется конкурс фотографий и рисунков, посвященных пещере и другим природно-культурным достопримечательностям Предуралья, в котором участвуют и дети, и взрослые. При этом Кунгурская Ледяная пещера открывается заново при каждом новом посещении, об этом говорит факт неоднократных повторных посещений ее туристами даже в течение одного сезона. Высокий профессионализм и увлеченность экскурсоводов своим делом становятся открытием для посетителей пещеры, и само общение детей с экскурсоводом нередко меняет их отношение к истории земли, к геологии. За время экскурсии происходит открытие нового и неожиданного и в самих себе, и в мире вокруг них. И именно эти открытия оказываются тем стимулом, который в дальнейшем влияет на их мотивации и превращает в ответственных граждан страны. Короткое путешествие в

подземное царство позволяет создать уникальное пространство для воспитания не только школьников, но и взрослых.

Природный комплекс Предуралья позволяет организовать широкий ассортимент экологических экскурсий на многочисленные достопримечательные объекты и территории, и на протяжении двадцати лет туристское предприятие «Сталагмит-Экскурс» организует их для туристов, прибывающих из разных уголков России.

В первую очередь это короткий и несложный даже для неподготовленного человека экскурсионный маршрут по «крыше» пещеры – Ледяной горе под названием «Путешествие в карст». Вряд ли где-то поблизости еще можно увидеть столь ярко выраженный карстовый ландшафт с воронками, провалами и карстовым озером. Попутно туристы знакомятся с археологическими достопримечательностями Ледяной горы и получают краткое представление о реликтовой степной растительности.

Специализированная ботаническая экскурсия, где подробно можно познакомиться с растениями и флорой Кунгурской лесостепи, возможна в красивейшие места бассейна реки Сылвы – на Спасскую и Подкаменную горы, или, как вариант – в Кишертский район, на Колымагины горы и камень Лобач. Особый акцент делается на виды из Красных Книг России и Пермского края, которых здесь довольно много [12]. Такие экскурсии особенно интересны для специалистов.

Необычайно популярными за последние три года стали палеонтологические экскурсии к скалам Ермак и Межевой на территории заказника «Предуралье». Гости знакомятся с геологическим прошлым, наследием которого являются рифы – сами скалы, рассказывают о животном и растительном мире, истории организации заповедника «Предуралье» и истории заповедного дела в России в целом. Такие экскурсии можно совместить с коротким водным маршрутом по р. Сылве (Ермак – «Сталагмит»). Проводят их высокопрофессиональные специалисты, научные сотрудники Кунгурского музея, Горного института и Пермского Государственного Университета.

В проведении экологических экскурсий на названные уникальные объекты мы широко используем междисциплинарные подходы. Одним из наиболее эффективных методов воспитания экологической культуры является организация научно-исследовательской деятельности школьников-экскурсантов. На экскурсиях используется основной метод ознакомления детей с природой – наблюдение. По мнению психологов, наблюдение – это сложная деятельность, основу которой составляет сознательное целенаправленное восприятие. Анализируя объект наблюдения, раскладывая его мысленно на составные элементы, ребенок вычленяет в нем наиболее существенные части. Тот, кто умеет вычленить самое существенное, специфическое, в наблюдаемом объекте, считается наблюдательным человеком. Основа наблюдения – выявление специфических черт облика и повадок пернатых, насекомых. Компенсируя нехватку времени наблюдений на экскурсиях, экскурсовод дает задание по наблюдению за птицами в не экскурсионное время, и что удивительно, эти дети через год приезжают на орнитологические экскурсии, вооруженные знаниями, опытом и жадной узнать новое.

Исследовательский подход к изучению природы позволяет на экскурсиях обучать учащихся ориентироваться на местности, наблюдать мир природы, делать сопоставления, устанавливать связи между наблюдаемыми предметами и явлениями природы, способствуя формированию навыков самостоятельного изучения окружающей действительности. Формируется система представлений о природных комплексах (биоценозах).

Литература

1. Геккер Р.Ф. Биогермы пермского возраста на р. Сылве // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1960. Вып. 1. С. 145-153.

2. Генкель А.А. Торфяники воронок кунгурского карста // Землеведение. Т. IV. М.: МОИП, 1957. С. 81-98.
3. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области Пермь: ПГУ, 1992. С. 45-102.
4. Данилова М.М. Геоботанические районы Пермской области // Доклады IV Всеуральского совещания по физико-географическому и экономико-географическому районированию Урала. Пермь, 1958. Вып. 1. С. 1-5.
5. Долгих Л.А. Страницы жизни А.Т. Хлебникова // Словцовские чтения – 2002. Тюмень: ТюмГУ, 2002. С. 184-187.
6. Долгих Л.А. Краевед Г.Т. Мауэр. Кунгурские страницы биографии // Грибушинские чтения – 2009. С. 183-187.
7. Зырянов А.И. Туристская география Пермского края. Пермь: ПГУ, 2005. С. 12.
8. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / С.А. Овеснов, Е.Г. Ефимик, Т.В. Козьминых, и др. Пермь: Кн. мир, 2007. 743 с.
9. Козлова Н.Н., Наумкин Д.В. К истории экскурсионного обслуживания посетителей Кунгурской Ледяной пещеры. 1980-е годы // Грибушинские чтения – 2009. Кунгур, 2009. С. 373-376.
10. Козлова Н.Н., Наумкин Д.В. Кунгурская Ледяная пещера: «Восхищение на тысячу лет...» // Мир экскурсий. № 13.
11. Кунгурский заповедный край / Д.В. Наумкин, В.М. Севастьянов, И.А. Лавров. Пермь: Раритет-Пермь, 2004. 120 с.
12. Красная книга Пермского края / Отв. ред. д.б.н. А.И. Шепель. Пермь: Книжный мир, 2008. 256 с.
13. Наугольных С.В., Долгих Л.А. Генрих Тимофеевич Мауэр. Жизнь, посвященная палеонтологии // Палеомир. № 1(8), 2010. С. 70-77.
14. Наумкин Д.В. Кунгурской лаборатории-стационару – 60 лет // Горное Эхо. Пермь: ГИ УрО РАН, 2008. № 1(31). С. 4-19.
15. Пономарев А.Н. Лесостепной комплекс северной окраины Кунгурской лесостепи в // Изв. ЕНИ при Молотовском ун-те. 1948. Т. 12. Вып. 6. С. 225-236.
16. Пысин К.Г. О памятниках природы России. М.: Советская Россия, 1982. С. 15-17.
17. Сивинских П.Н. След в веках // Грибушинские чтения – 2006. Кунгур, 2006. С. 247-250.
18. Стенно С.П., Воронов Г.А. К истории учебно-научной базы «Предуралье» Пермского университета // Вестник ПГУ. Пермь: ПГУ, 2000. Вып. 3. С. 11-19.
19. Худеньких Ю.А. Пермский туризм. Пермь: ПГУ, 2006. С. 70.

LITHOTROPHIC MICROBIOTA CAVES OF KINDERLINSKAYA (SOUTH URALS) AND BASKUNCHAKSKAYA (CASPIAN LOWLAND)

L. Y. Kuzmina, Sh. R. Abdullin, A. S. Ryabova

Baskirian State University, Ufa

ЛИТОТРОФНАЯ МИКРОБИОТА ПЕЩЕР КИНДЕРЛИНСКАЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ) И БАСКУНЧАКСКАЯ (ПРИКАСПИЙСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ)

Л.Ю. Кузьмина*, Ш.Р. Абдуллин, А.С. Рябова****

*Учреждение Российской Академии Наук Институт биологии

Уфимского научного центра РАН

**Башкирский государственный университет

The lithotrophic microbiota of carbonate Kinderlinskaya (South Urals) and gypsum Baskunchakskaya (Caspian Lowland) caves and factors, which influence at the communities structure of these microorganisms, are investigated. Intensity development of sulfur bacteria

proceed in grounds of Kinderlinskaya (near (I, II) and remote (IV) zones) and Baskunchakskaya (remote parts) caves. The activity of these bacteria led to sulfur acid weathering. Sulfur compounds oxidation processes in bottom sediments of Kinderlinskaya cave are reduced in tens and hundreds, than in lying near grounds. But sulfur reduction processes, which influence with higher water-exchange (seepage, ground flooding) and ground high anthropogenic pollution by organic matter, are proceeded intensity. Acidophilic iron bacteria are presented in grounds of both speleosystems. The role of lithotrophic microbiota is discussed in geochemical status of caves.

Исследована литотрофная микробиота пещер карбонатной Киндерлинская (Южный Урал) и гипсовой Баскунчакская (Прикаспийская низменность) и факторы, влияющие на структуру сообществ этих микроорганизмов. В грунтах пещер Киндерлинской (ближние (I, II) и дальние (IV) зоны) и Баскунчакской (удаленные части) идет интенсивное развитие тионовых бактерий, где их деятельность вызывает процессы сернокислотного выветривания. В донных осадках пещеры Киндерлинской процессы окисления соединений серы снижены, чем в окружающих грунтах (в десятки и сотни раз), но при этом интенсивно идут процессы восстановления сульфатов, связанные с повышенным водообменом (капель, затопление грунтов) и с загрязнением грунтов органическими веществами при высокой антропогенной нагрузке. В грунтах обеих спелеосистем присутствуют ацидофильные железобактерии. Обсуждается роль литотрофной микробиоты в геохимическом статусе пещер.

Микроорганизмы – наиболее многочисленные организмы биосферы Земли, заселяющие все экологические ниши благодаря гибкости своего метаболизма и устойчивости к неблагоприятным факторам. С помощью литотрофных бактерий окисляющих неорганические вещества, в биосфере происходит образование и разрушение месторождений полезных ископаемых, они осуществляют важные этапы круговорота минеральных элементов.

Известно, что для пещер и подземных вод наиболее характерными являются следующие физиологические группы микроорганизмов: разлагающие клетчатку, окисляющие водород, нитрифицирующие, аммонифицирующие, сероокисляющие, сульфатредуцирующие, железо- и марганецокисляющие бактерии [2, 6]. При этом расселение и интенсивность развития тех или иных физиологических групп литотрофных бактерий находится в тесной зависимости от состава горных пород и осадков, а также от количества и состава органических веществ, мигрирующих с подземными водами. Хемоавтотрофное окисление серы и её восстановленных или частично окисленных соединений в сульфаты в аэробных условиях осуществляется в частности тионовыми бактериями. Образование сульфатов уравнивается деятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий (СВВ) которые в анаэробных условиях, в щелочной и нейтральной средах восстанавливают сульфаты до сероводорода. Автотрофные облигатно – ацидофильные железобактерии способные получать энергию для роста за счет окисления двухвалентного железа до трехвалентного и использовать этот процесс на хемосинтез в кислой среде (рН 2-3 и ниже). При реакции среды, приближающейся к нейтральной, развиваются железобактерии с нитчатой структурой, они окисляют неорганические соединения железа с образованием охристых осадков [4].

Целью настоящей работы было изучение сообществ литотрофных микроорганизмов (сульфатредуцирующих, сероокисляющих, железобактерий) двух спелеосистем – Киндерлинская и Баскунчакская и определение особенностей их формирования.

Пещера Киндерлинская (им. 30-летия Победы) – одна из самых крупнейших пещер Уральской карстовой страны. Находится в южной части хребта Улутау (Южный Урал), на правом склоне долины р. Киндерли. Это самая значительная по амплитуде (–250 м) пещера Урала и вторая по длине пещера Башкортостана (8600 м). Заложена в серых и темно-серых, прослоями битуминозных известняках верхнего девона и располагается на восточном крыле Таш – Астинской синклинали. В пещере имеются подземные озера, сифоны и лужи [1]. Микроклиматические параметры пещеры: в привходовой части сильные сезонные колебания температур; за входным участком – галерея заполненная ледником и температура достигает минимума -1°C , на расстоянии 460 м от входа и далее она практически постоянна $+4...+8^{\circ}\text{C}$. В привходовой зоне и на расстоянии до 560 м от входа рН пещерных грунтов и донных отложений имеет слабо щелочную реакцию (рН 7.58-7.98) и щелочную (8.04-8.50) в удаленных частях пещеры.

Пещера Баскунчакская - крупнейшая гипсовая пещера Западно-Прикаспийской карстовой провинции (Прикаспийская низменность). Пещера находится в верховьях балки Пещерная, впадающей с севера в котловину соляного озера Баскунчак. Пещера имеет протяженность - 1480 м., максимальная глубина около 32 м. Полость залегает в гипсах, в ней есть озера. В привходовой части пещеры наблюдаются сильные сезонные колебания температур, а на расстоянии нескольких десятков метров от входа и далее температура практически постоянна $+7...+11^{\circ}\text{C}$. Значение рН пещерных грунтов изменяется в диапазоне 7.19-7.90.

Для микробиологических анализов в пещерах были отобраны образцы грунтов (0-5 см) и донных отложений водоемов - озер, луж и ручейков (с глубины до 5 см) из некоторых залов и ходов, с различной антропогенной нагрузкой (рис. 1).

Исследовались литотрофные группы микроорганизмов: сероокисляющие, сульфатредуцирующие, железокисляющие бактерии. Наличие и учет численности микроорганизмов в образцах выявляли путем посева на жидкие селективные среды методом разведений. Микроорганизмы выделяли на средах: сероокисляющие бактерии на среде Бейеринка, сульфатредуцирующие – Постгейт Б, железокисляющие бактерии – Летена. Для посева среду разливали в пробирки и вносили грунт (10 : 1). Затем делали серию разведений в 10 раз и инкубировали посеvy при температуре $+28^{\circ}\text{C}$ в течение 7 суток (сульфатредуцирующие и сероокисляющие бактерии) и 21-30 дней (железокисляющие бактерии). Сульфатредуцирующие культивировали анаэробно. Наличие микроорганизмов определяли при появлении в среде: для сероокисляющих бактерий – белой пленки молекулярной серы; сульфатредуцирующих – помутнение среды, появление черной окраски; железобактерии – охристые осадки и порыжение стенок пробирок. Содержание бактерий определяли как наиболее вероятное число колониобразующих микроорганизмов на 1 г сухого грунта (КОЕ/г) по статистическим таблицам Мак-Креди.

Во всех грунтах пещеры **Киндерлинская** активно идет процесс окисления восстановленных соединений серы в сульфаты связанные с развитием тионовых бактерий, где их численность составляет $10^2 - 10^6$ КОЕ/г (рис. 1). Следует отметить, что в некоторых пробах грунта («Терраса на входе», зал Бороды, зал Классический, ход Подарочный) численность тионовых бактерий превышает количество сульфатредуцирующих в 4 - 400 раз (рис. 1). Наиболее активно этот процесс происходит в грунтах некоторых удаленных частях спелеосистемы – зал Классический и ход Подарочный.

Интенсивное развитие сульфатредуцирующих бактерий ($10^5 - 10^7$ КОЕ/г) в грунтах наблюдалось в переувлажненных грунтах или в зонах массового посещения с высокой антропогенной нагрузкой (рис. 1). Численность СВБ в донных отложениях на порядки превышает их количества в окружающих грунтах (табл.). В донные отложениях там, где численность сульфат восстанавливающих бактерий на несколько порядков превосходит

численность сероокисляющих бактерий происходит размножение железокисляющие бактерий.

В спелеосистеме **Баскунчакская** (рис. 2) в изучаемых грунтах численность тионовых бактерий на входе 8×10^2 КОЕ/г, а по мере продвижения вглубь пещеры их количество увеличивается и достигает 2×10^4 КОЕ/г. По-видимому, в глубине пещеры в грунтах идут интенсивнее процессы окисления восстановленных соединений серы в сульфаты. Численность сульфатредуцирующих бактерий в грунтах пещеры Баскунчакская примерно того же порядка как в спелеосистеме Киндерлинская. В пробах грунта на входе численность сульфатредуцирующих бактерий превышает количество сероокисляющих (тионовых) в 114 000 раз, а по мере продвижения вглубь пещеры этот показатель снижается в 44 раза (рис. 2), следовательно процессы восстановления соединений серы интенсивнее происходят на входе в пещеру, чем в более удаленных её частях.

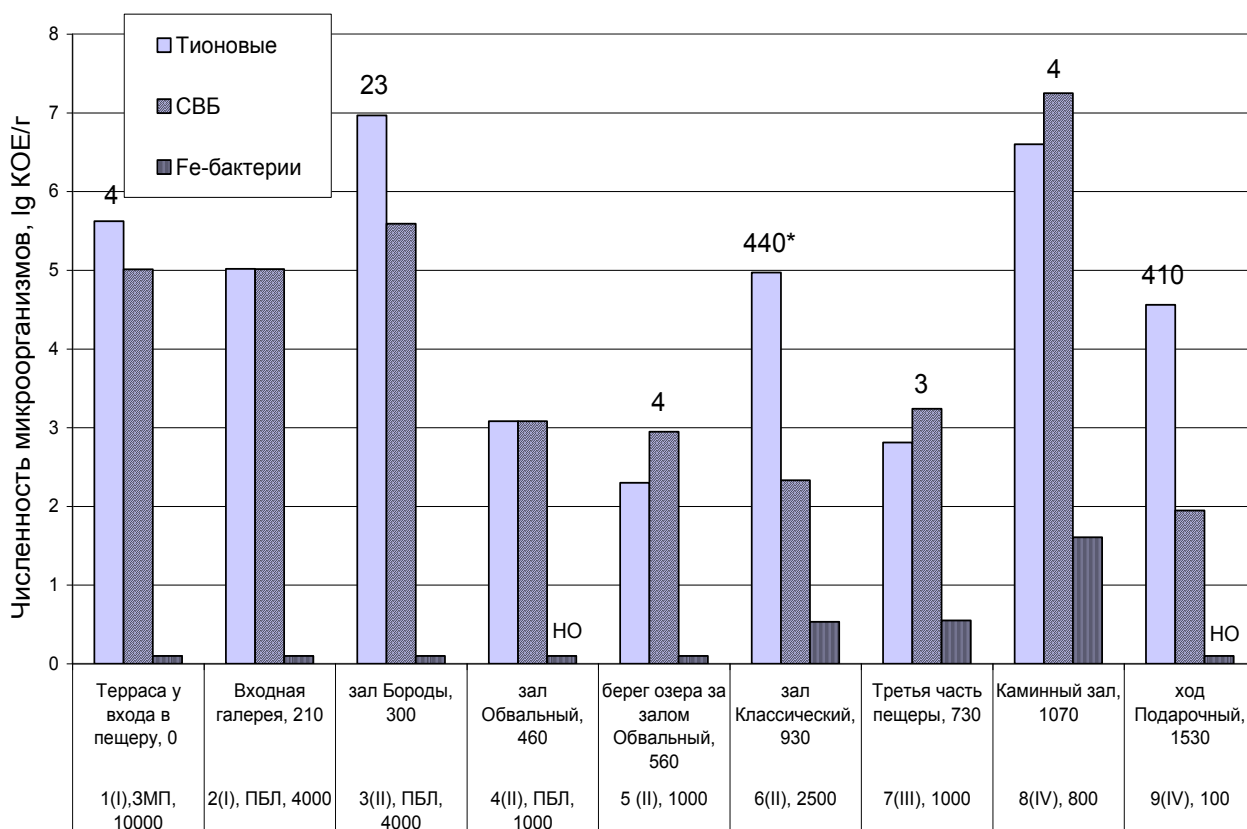


Рис. 1. Численность микроорганизмов в пещере Киндерлинская. но – не обнаружен рост микроорганизмов; * – во сколько раз численность тионовых бактерий превышает количество сульфатредуцирующих или отношение СВБ к тионовым бактериям.

Таблица

Численность сульфатвосстанавливающих (СВБ), сероокисляющих (S) и железокисляющих (Fe) бактерий в донных отложениях пещеры Киндерлинская, КОЕ/г

Место отбора проб	СВБ	$N_{гд}/N_{дг}^*$	S -	$N_{гд}/N_{дг}$	Fe -	$N_{гд}/N_{дг}$
Озеро, х. Подарочный	3.5×10^2	- / 4	3.5×10^2	104 / -	0	-
Ручей, Третья часть	1.1×10^4	- / 6	19	34 / -	7.2	2 / -

Лужица, Классический	1.3×10^5	- / 616	2.4×10^4	4 / -	27.6	8 / -
Озеро, з. Каминный	1.1×10^7	-	1.8×10^4	217 / -	21.3	- / 2
Озеро, за з. Обвальный	8.0×10^2	-	1.8×10^4	- / 90	0	-

* – отношение микробного числа «грунт / донные отложения» (N / -) или «донные отложения / грунт» (- / N); «-» - разница незначительна.

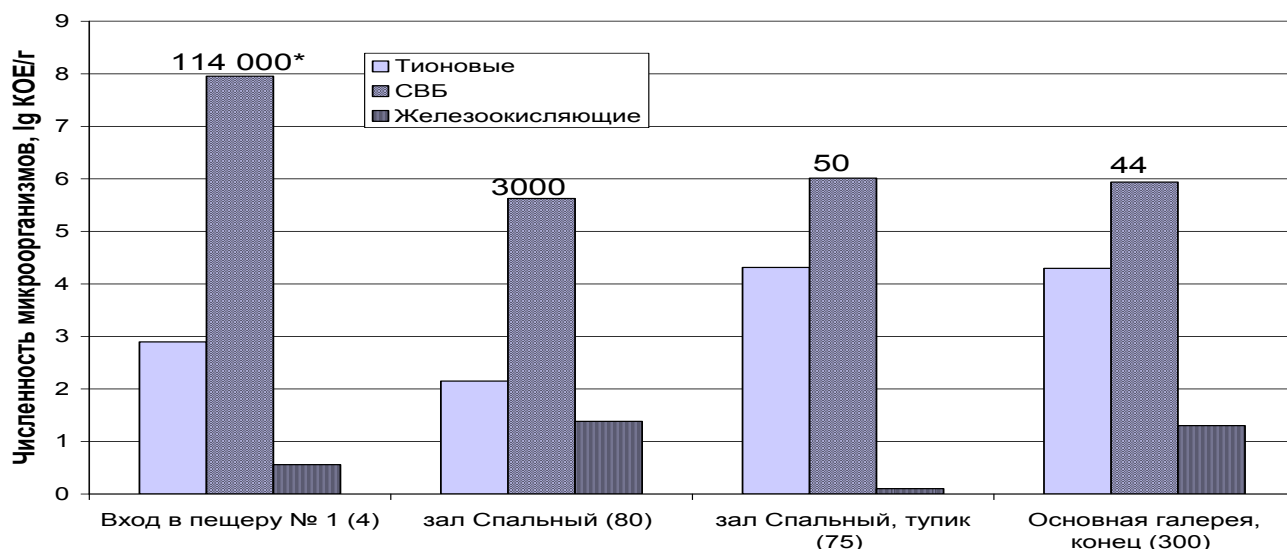


Рис. 2. Численность литотрофных бактерий в грунтах пещеры Баскунчакская.

Во всех пробах грунта спелеосистемы Баскунчакской ацидофильные железобактерии содержатся на уровне 4-24 КОЕ/г грунта (рис. 2) и в образцах пещеры Киндерлинской они также присутствуют, но только в 3-х пробах из 9 (рис. 1). Видимо, это связано с тем, что ацидофильные железобактерии развиваются в кислой среде (рН 2-3), тогда как грунты пещер имеют щелочную реакцию для пород содержащих карбонаты (Киндерлинская) и слабо щелочную – гипс (Баскунчакская). Кроме того, возможно в грунтах пещеры Баскунчакская присутствует большее количество солей железа, которые в присутствии сероводорода образуемого при жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий превращаются в сульфид железа, который в свою очередь используется для хемосинтеза железобактериями. Следует отметить, что отсутствие железобактерий в пробах грунта и донных отложениях не говорит о том, что их там нет. Просто их численность может быть столь незначительна, что их меньше, чем 1 клетка на 1 г пробы.

Проведенные исследования показали, что в пещерных условиях активно действует малый круговорот серы, где образование сульфатов уравнивается деятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий. В грунтах пещеры Баскунчакская процессы окисления соединений серы несколько снижены, чем в спелеосистеме Киндерлинская. Наиболее активно развитие тионовых бактерий в грунтах обеих пещерных систем происходит в наиболее удаленных зонах Баскунчакская и в IV части, а также в I и в ряде залов II части Киндерлинская. При этом в карбонатных породах развитие тионовых бактерий может идти очень долго и приводит к частичному замещению известняка гипсом [4].

В донных осадках (Киндерлинская) процессы окисления соединений серы снижены, чем в окружающих грунтах, при невысокой заболоченности (лужицы и

ручейки) в десятки раз, а для озер в сотню порядков. Кроме того, в донных отложениях (при анаэробии) активнее идет процесс восстановления сульфатов, чем в грунтах. Приведенные результаты показывают, что активное развитие сульфатредуцирующих бактерий и их значительное превышение в численности по отношению к тионовым бактериям следует связывать с анаэробием. То есть с интенсивным водообменом – значительная капель, периодическое затопление – близость русла ручья («Третья часть пещеры») наличие озер (зал Каминный, «озеро за залом Обвальным»). Кроме того, интенсивное развитие в пробах СВБ следует связывать с загрязнением грунта какими-то биогенными (органическими) веществами, в результате которого здесь наблюдается (и наблюдалась в 2009 г.) и большая численность гетеротрофных бактерий [5]. В свою очередь интенсивное развитие сульфатредуцирующих бактерий в пробах, где присутствует кальцит (крошево на частицах породы или глины) приводит к вторичному образованию кальцита в результате их жизнедеятельности [3].

В значительной степени состояние литотрофной микробиоты двух различных спелеосистем Киндерлинская (известняки) и Баскунчакская (гипсы) определяется в основном химическим составом грунтов, скальных поверхностей и подземных вод. Однако прослеживается антропогенное воздействие, связанное с интенсивным развитием сульфатредуцирующих бактерий в местах с высоким уровнем органического загрязнения.

Литература

1. Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И. Карст Башкортостана. Уфа.: Информреклама, 2002. 384 с.
2. Альтовский М.Е. Микрофлора подземных вод и ее значение в образовании природных газов, нефти, серы и некоторых газовых компонентов // Геологическая деятельность микроорганизмов. Труды Института микробиологии. 1961. № 9. С. 57-63.
3. Гуревич М.С. Роль микроорганизмов в формировании химического состава подземных вод. // Геологическая деятельность микроорганизмов. Труды Института микробиологии. 1961. № 9. С. 86-100.
4. Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы. М.: Наука, 1972. 376 с.
5. Кузьмина Л.Ю., Галимзянова Н.Ф., Абдуллин Ш.Р. Микробиота пещеры Киндерлинская (Республика Башкортостан) // Меж. науч.- прак. конф. Спелеология и спелеостология: Развитие и взаимодействие наук. Набережные Челны. С. 302-305.
6. Northup D.E., Lavoie K.H. Geomicrobiology of caves: a review // Geomicrobiol. J. 2001. V. 18. P. 199-222.

STUDY AND CONSERVATION OF THE KAPOVA CAVE AND ITS PALAEO-LITHIC PAINTING

Yu.S. Lyakhnitsky, A.A. Yushko, O.A. Minnikov,

O.Ya. Chervyatsova

Russian Geographical Society, Saint-Petersburg

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ КАПОВОЙ ПЕЩЕРЫ И ЕЕ ПАЛЕОЛИТИЧЕСКОЙ ЖИВОПИСИ.

Ю.С. Ляхницкий*, А.А. Юшко, О.А. Минников**, О.Я. Червяцова****

* ВСЕГЕИ, Русское географическое общество, Про GEO

** Русское географическое общество, Санкт-Петербург

A group of speleologists from VSEGEI and RGO has performed comprehensive studies, monitoring of dynamic parameters, and fixation of Palaeolithic drawings of the Kapova (Shulgantash) Cave from 1995. During this period, the microclimate of the upper stage of the cave was improved, a design for drainage of halls with drawings was elaborated, and about 190

drawings were discovered and frozen, 140 of them have been discovered for the first time. The Kapova Cave Palaeolithic painting is characterized by special features that prove the presence of an ancient centre of the world's culture in the Southern Urals.

Капова пещера (Шульганташ) расположена в Бурзянском районе Республики Башкортостан, на территории государственного природного заповедника "Шульган-Таш", на правом берегу реки Белой в ее широтном течении. Пещера заложена в серых хемогенных известняках нижнекаменноугольного возраста и представляет собой 3-х этажную разветвленную систему крупных карстовых полостей длиной 3323 м и амплитудой 165м, причем около 85 м приходится на подводные полости фреатической зоны. В пещере исследовано 782 м подводных ходов. Исследование сифонов начал В.Э.Киселев, затем подводные работы осуществляли Андрей Шумейко, Евгений Снетков и другие московские спелеологи. Пещера является одной из старейших экскурсионных пещер России. Ее использование, как объекта экскурсий, периодически осуществлялось уже в конце XIX века. В 1959 году Александр Владимирович Рюмин - зоолог Башкирского заповедника обнаружил в ней пещерную живопись эпохи палеолита. Это открытие сделало пещеру памятником мирового ранга. В 1961 году в пещере начались работы экспедиции АН СССР под руководством Отто Николаевича Бадера. Были выполнены работы по поиску и описанию рисунков, реставраторы Государственной мастерской им. И.Э.Грабаря расчистили найденные рисунки. К сожалению, после смерти О.Н. Бадера, реставрационные работы были прекращены и вскрытые изображения стали деградировать значительно интенсивнее, чем раньше.

В 1995 по 2002 году в заповеднике Шульган-Таш на первом этаже пещеры до композиции «Лошади зала Хаоса» действовал не оборудованный экскурсионный маршрут. Экскурсанты ходили по воде, мокрой глине и скользким глыбам завала зала Хаоса. Ввиду нарастающей экскурсионной нагрузки на пещерный комплекс, негативное антропогенное влияния на микроклимат пещеры и сохранность живописи, благодаря нашим настойчивым протестам доступ туристов к оригиналам живописи был прекращен. Художник В.Ю. Черноглазов – участник нашей экспедиции, создал в Главной галерее копии наиболее интересных композиций, что позволило организовать в привходовом районе пещеры небольшой экскурсионный маршрут. Решением НПЦ министерства Культуры РБ, по проекту уфимского архитектора Р.И.Кирайдта, составленном на основании нашего эскизного проекта было начато обустройство современного экскурсионного маршрута. В основу разработок легли результаты наших многолетних комплексных исследований. В частности, микроклиматические наблюдения показали, что подавляющая часть воздушного потока циркулирует в Главной галерее и не проникает через микроклиматические барьеры внутрь пещеры. В 2004 году было сооружено двое новых защитных ворот, перекрывающих проход вглубь пещеры к подлинникам рисунков. В июне 2008 года, было закончено сооружение вертикальной части экскурсионного маршрута. Кроме осмотра величественного входного грота – Портала и огромной Главной галереи туристы получили возможность посетить Сталагмитовый зал, подняться по лестницам и трапам, сделанным из нержавеющей стали на террасу Ступенчатой галереи и осматривать входной участок пещеры с высоты почти 30 м. Протяженность маршрута составила 373 метра. Он оборудован двумя смотровыми площадками, но не имеет стационарного освещением, чтобы не создавать опасности, развитию т.н. «ламповой» микрофлоры, опасной для палеолитической живописи. Для снижения вредного влияния воздушных потоков, привносящих в пещеру тепло и влагу, на Верхних воротах – входе на второй этаж, в летнее время устанавливается полиэтиленовый экран, диафрагмирующий верхний теплый поток. Это значительно улучшило микроклиматическую ситуацию на втором этаже в летнее время. Важнейшей задачей нашей группы является проведение

комплексной фиксации древней живописи. Она включает фотографирование рисунков в различных режимах с эталонами цвета и размера, стереосъемку, привязку изображений к элементам рельефа интерьера карстовых полостей, топографическую и фотографическую фиксацию самих полостей. Наиболее масштабной работой стала съемка кругопанорам крупных залов с рисунками.

Изображения Каповой пещеры формально могут быть разделены на ряд типов, которые в свою очередь делятся на подтипы. Прежде всего, это зооморфные рисунки в значительной мере реалистичные, близкие по стилистике и конфигурациям к мадленским рисункам Западной Европы. Подавляющая часть из них – контурные, в некоторых рисунках наблюдаются зоны расширения линий контуров и закраска деталей и участков фигур. Существует несколько силуэтных рисунков, закрашенных практически полностью, но при этом интенсивность красителя на них неоднородна. Примерами зооморфных контурных рисунков являются большинство рисунков зала Рисунков, например, Идущий Мамонт на восточной стене зала Рисунков. Подтип характеризующийся частичной закраской представлен Большой Лошадью и Носорогом из той же первой композиции восточной стены. К типичным силуэтным рисункам относится Красный Мамонт второй композиции западной стены зала Рисунков.

К следующему типу «знаков» относятся разнообразные геометрические фигуры. Наиболее интересный и многочисленный подтип – это характерные «трапеции», встречающиеся исключительно в Каповой пещере. Они расширяются кверху, имеют внутренние крутонаклонные ребра и свешивающиеся с верхних углов «ушки».

Второй подтип знаков – треугольник. Наиболее хорошо выраженный Двойной Треугольник находится в западной части северной стены зала Знаков.

Третий подтип – трезубец. При ближайшем рассмотрении, оказывается, что эти фигуры являются, производными от трапеций. Отличаются они тем, что содержат только одно внутреннее ребро, боковые грани параллельны, а верхняя грань почти незаметна. Типичный Трезубец находится в северо-восточном углу зала Знаков.

Четвертый подтип – производные трапеции, с внутренней, иногда сложной, структурой, обычно параллельными боковыми гранями и двойными короткими ушками. Его типичным примером является Сложная Трапеция из Щели зала Хаоса.

Пятый подтип – «U» - образные структуры, обычно небольшого размера, часто с маленькими «ушками». Несколько таких знаков находится на треугольном выступе северной стены зала Знаков.

Шестой подтип – т.н. «рогатки». Это значок, напоминающий, асимметричную рогатку (фрагмент ветки с отростком), который сопровождается рядом отрезков прямых линий, мелкими треугольничками или клиньями. Два таких знака находятся в Щели зала Хаоса.

Седьмой подтип – структуры центрального типа, состоящие из отрезков окружности, дуг или спиралей с ярким изометричным знаком в центре. Такие знаки находятся в восточной части северной стены зала Знаков, например – Ютма.

Восьмой подтип – отрезки прямых или слегка изогнутых линий, расположенных, как правило, группами, по вертикали. Это, например, Косые Линии на потолке Щели зала Хаоса.

Девятый подтип – сложные структуры, с элементами радиального строения и напоминающие отпечаток огромной руки. Возможно, они являются составными и включают знаки близкие к трезубцам и «U»- образным знакам. Примером служит знак Радиальная Структура на северной стене зала Знаков.

Десятый подтип знаков – особый, к нему относятся единичные, специфические, обычно сложные, составные знаки, состоящие из нескольких элементов. Наиболее представительным из них является знак Башня, находящийся на южной части потолка

Щели зала Хаоса. Знак состоит из двух красных прямоугольных структур, между которыми расположены короткие горизонтальные черные полосы, частично подчеркнутые красной охрой.

Следующий, третий очень сложный и неоднородный тип изображений – **пятна**, которые визуальнo выглядят обычно, как бесструктурные изображения неправильной формы. Это реликты очень плохо сохранившихся рисунков, подтеки красителя от уничтоженных изображений, а иногда и природные образования. Интерпретация пятен представляет собой сложную проблему. С помощью компьютерных методов в ряде случаев удастся однозначно выявить первичную структуру рисунков или знаков, но часто такая расшифровка неоднозначна. Четвертый тип близок к предыдущему – это «точки». По сути, они близки к маленьким пятнам. Среди этих мелких изображений встречаются очень важные «точки – указатели», мелкие значки, фрагменты реликтов рисунков и природные минеральные обособления. Несмотря на малые размеры, они иногда имеют характерную форму и структуру, отростки, хвостики и другие особенности. Различать их еще сложнее, чем пятна. Типичным указателем является Акустическая точка на Перекрестке.

Таким образом, изображения Каповой пещеры морфологически достаточно разнообразны. Это является одной из ее особенностей и ставит перед будущими исследователями сложные и трудные вопросы осмысления собранного материала, который конечно никак не укладывается в понятие «живопись» и представляет собой сложную систему культовых, условных символов, абстрактных и, возможно, информационных знаков.

В начале наших работ в пещере было открыто около 50 изображений, мы нашли более 140 новых рисунков, знаков и пятен. Сейчас известно 191 изображение, из которых 74 знака (38,5 %), 28 зооморфных рисунков (24%) Кроме них 17 новых изображений плохой сохранности требуют дальнейшего исследования и доказательства подлинности. Выявлено 3 хорошо различимых, 2 проблематичных антропоморфных изображений (2%) и 62 пятна - реликтов рисунков и точечных знаков. Только 14 % изображений находятся в удовлетворительном состоянии, 71 % - в неудовлетворительном и 15 % имеют промежуточную сохранность.

Таким образом, благодаря организации в Каповой пещере с 1995 г группой ВСЕГЕИ и РГО, а также сотрудников Заповедника, комплексного исследования и мониторинга, удалось организовать оперативное решение задач охраны и регламентированного использования небольшого экскурсионного маршрута, стабилизировать ситуацию с сохранением древней палеолитической живописи, провести ее комплексную фиксацию, и улучшить геоэкологическое состояние пещеры. Впереди не менее трудная и ответственная задача - удержать ситуацию в условиях массового экскурсионного прессинга, существенно возрастающего в последние годы. Для этого необходимо проведение новых технических и организационных мероприятий, установка системы электронного мониторинга, создание специализированного природоохранного экскурсионно-туристического центра, организация хорошо оборудованного научного стационара.

Литература

Ляхницкий Ю.С., Юшко А.А., Минников О.А., Червяцова О.Я. Результаты комплексных исследований Каповой пещеры (Шульганташ) и проблема ее сохранения. Спелеология и спелестология. Материалы международной конференции в Набережная Челны 2010г. 2010. Стр. 13-17.

Ляхницкий Ю.С., Юшко А.А., Минников О. А. «Сокровище палеолита» Рисунки и знаки пещеры Шульганташ. Уфа. Китап. 2008г.180 с.

**PROTECTING AND REGULATING THE USE OF RUSSIA'S CAVES AS
GEOLOGICAL HERITAGE SITES**

Yu.S. Lyakhnitsky

Russian Geographical Society, Saint-Petersburg

**ОХРАНА И РЕГЛАМЕНТИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕЩЕР РОССИИ
КАК ОБЪЕКТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ.**

Ю.С. Ляхницкий

ВСЕГЕИ, Русское географическое общество, Pro GEO, Санкт-Петербург

The paper describes the activities of the Commission for Karst Science and Speleology at RGO concerning the conservation and comprehensive study of caves and preparation projects of their restricted employment for excursions. Case studies of successful arrangement of the caves and the present-day negative status of other caves are given. The conclusion is made about the prospects for implementing the concept of the regulated use of the caves for their conservation and education work with young people.

Концепция организации охраны и регламентированного использования объектов геологического наследия (ОГН) постепенно пробивает себе дорогу. Комиссия Карстоведения и спелеологии РГО планомерно осуществляет работу по исследованию и созданию природоохранных экскурсионно-туристических центров, на базе пещер, многие годы. Уже 12 лет в Ленинградской области, в 40 км от г. Санкт-Петербурга, успешно действует Саблинский природоохранный туристический центр, основным объектом которого является искусственная пещера Левобережная. Саблинский памятник был создан еще в 1976 г, но охрана его, фактически, не велась, благодаря чему он быстро деградировал. В 1992 г. по нашей инициативе было принято решение о начале работ по созданию Саблинского природоохранного экскурсионно-туристического центра. Было проведено Комплексное обследование территории памятника, в том числе, 12-и пещер. Наиболее подходящей для организации подземного экскурсионного маршрута была признана пещера Левобережная. Она представляет собой старинную горную выработку протяженностью 5,5 км, в которой около 150 лет назад была начата добыча белого кварцевого песчаника для нужд стекольной промышленности. В результате образовался сложный лабиринт полостей. В пещере находятся три озера, ручей, многочисленные обвальные залы, растут кальцитовые натечные образования. Проектирование маршрута осуществлялось совместно с проектными институтами. Далее, силами самих спелеологов, был оборудован экскурсионный маршрут - проведено обустройство экскурсионной тропы, укрепление неустойчивых участков, выполнено бетонирование оголовков двух входов. Протяженность оборудованной экскурсионной трассы составила около 400 метров. Проводится постоянный мониторинг горнотехнического, гидрологического и микроклиматического режимов пещеры. Благодаря соблюдению специального регламента, в пещере успешно зимует более сотни летучих мышей семи видов. Проведено интеллектуальное наполнение маршрута: экспонируются копии палеолитической живописи из Каповой и западноевропейских пещеры, макет стоянки человека каменного века, скульптура рабочего, добывающего песчаник, и.т.д. В одном из залов была сооружена подземная часовня Святого Николая Чудотворца. Маршрут на поверхности оборудован каменными лестницами, проложены экологические экскурсионные тропы. У входа в пещеру создан парк древних животных - скульптуры: трилобита, ортоцератита, динозавра, мамонта и др. Таким образом, на принципах самокупаемости удастся вести большую образовательную и воспитательную работу, охранять природный комплекс глубоких каньонообразных долин с пещерами и популяцию рукокрылых.

Капова Пещера (Шульган-Таш) Расположена в Бурзянском районе Республики Башкортостан, на территории государственного природного заповедника "Шульган-Таш", Исследование и разработка концептуального проекта по обустройству в привходовом участке небольшого экскурсионного маршрута было особенно ответственным мероприятием в связи с необходимостью обеспечить в глубине пещеры, стабильность параметров необходимых для сохранения уникальной палеолитической живописи.

Нами, совместно с Сочинским отд. РГО составлены проекты охраны и обустройства Воронцовской системы пещер в Сочинском национальном парке. К сожалению, проект осуществлялся без нашего участия коммерческой группой, с многочисленными недостатками. Нам с большим трудом удалось предотвратить осуществление второго этапа работ, который предусматривал вырубку тысячелетнего самшитника и заповедного букового леса, строительства у входа в пещеру, в зоне строгой охраны, санузла, канатной дороги и ресторана. В настоящий момент маршрут физически и морально устарел. Требуется его срочная модернизация, т.к. пещера станет частью экскурсионного комплекса Сочинской олимпиады, но наши рекомендации пока не нашли поддержки.

Разработан и претворен в жизнь первый в РФ проект подземного музея «Спелеологии, горного дела и геологии» в Шахте «Декор-1» в Нижегородской области. Составлены, но пока не осуществлены проекты по Староладожской, Монастырской (Михайловской пустыни в Адыгее), Святой (в Ленинградской области), Борнуковской (в Нижегородской области) пещерах. Претворение их в жизнь растягивается на десятки лет из-за отсутствия средств и бездействия чиновников, а объекты тем временем разрушаются.

В РФ существуют маршруты в Кунгурской Ледяной, Новомурадымовской (Башкортостан), Голубинском провале (Архангельская обл.), Караульной-2 (Красноярский край), Большой Азишской, Нежной (Краснодарский край), Пятигорском Провале (Ставропольский край), Газуке (Волгоградская обл.). Всего сейчас официально существует 12 экскурсионных пещер, но практически в коммерческих целях используется значительно больше. К сожалению, обустройство практически всех маршрутов страдает многими недостатками, нет общепринятых научно-методических и технических нормативов, правил обустройства и использования пещер. Многие из них интенсивно деградируют.

Показателен пример Жихаревской пещеры на территории ООПТ «Каньон реки Лавы» в Ленинградской области. Она оказалась в такой степени заваленной мусором с ближайших огородов, что возникли сомнения – существует ли она вообще, а в свет вышла анонимная статья чиновника - «природоохранника», который объявил ее выдумкой спелеологов.

Проект использования небольшой Староладожской пещеры был создан для спасения крупнейшей на северо-западе РФ популяции рукокрылых, которые проводят зимнюю спячку в соседней пещере «Таничкина». История его осуществления растянулась уже более, чем на 10 лет. За это время чиновники дважды теряли утвержденный проект, заявляли, что мы не имеем права его делать, т.к. у нас нет лицензий на проектные работы по всем разделам (а их более 10-и), просили повторно провести все согласования, поскольку за давностью они утратили силу и т.д. Тем не менее, мы надеемся на реализацию этого проекта, что позволит в зимнее время охранять Танечкину пещеру и не допустить уничтожения летучих мышей.

Вопиющий случай произошел со знаменитой Борнуковской пещерой на реке Пьяне в Нижегородской области. Это был грандиозный гипсовый грот более сотни метров в длину и до 15 м в высоту. Стены пещеры были сложены полупрозрачными разноцветными гипсами и ангидритами. В изобилии встречались такие очень красивые

разности гипса, как, селенит и марьино стекло. В перекрывающих гипсы известняках часто встречалась ископаемая фауна. Восторженные описания пещеры оставили П.С. Паласс и В.В. Докучаев, а также многие другие геологи, ее планы и фотографии фигурируют во всех монографиях, буклетах и альбомах по природе Нижегородской области. В советское время рядом с пещерой был организован карьер для добычи гипса, из которого на местной фабрике изготовлялись мелкие поделки. В результате, этот памятник мирового класса, в конце концов, был просто взорван. Замечательный экскурсионный объект, который бесконечно долго мог кормить всю деревню Борнуково и славить красоту Нижегородской земли, был уничтожен. Нам довелось обследовать остатки пещеры для выяснения возможности ее использования в качестве экскурсионного объекта. К сожалению, от пещеры остался очень небольшой реликт полости между дальней от обрыва стеной и образовавшемся при взрыве грандиозном крупноглыбовом завалом. Для массового туристического использования этот объект не пригоден. В то же время, существует возможность вскрытия за завалами, второго «Темного» зала Борнуковской пещеры. Геофизические работы подтвердили наши выводы. Составлен проект вскрытия зала и его обустройства для экскурсионного использования. Есть надежда, что найдутся организации, которые возьмут на себя финансирование этих работ, и мы, хотя бы частично, сможем вернуть Миру этот замечательный памятник.

На мелком притоке реки Оредежа в Ленинградской области, недалеко от имени Набокова, находится уникальная суффозионно-эрозионная «Святая» пещера. Это крупный живописный грот с небольшим потоком. Он ничуть не уступает по своим размерам и эстетическим характеристикам некоторым карстовым пещерам Кавказа или Урала. Несмотря на наши обращения, подтвержденные отчетом о детальном обследовании, объект не объявлен ООПТ. Пока его охрана не осуществляется, хотя периодически проводятся экскурсии сотрудниками музея - усадьбы Набокова, а ведь этот уникальный псевдокарстовый объект достоин внимания и охраны.

К сожалению, помехой в успешном сохранении пещер виноваты не только нерадивые чиновники, но и некоторые спелеологи. До сих пор многие из них, уверены, что пещеры принадлежат им, а не всему народу. Сам факт превращения пещеры в охраняемый музей кажется им покушением на их права и свободу. Закрытие одной из 12-и пещер в Саблино вызвало волну протеста под самыми «благородными» лозунгами. Тот факт, что часто посещаемые природные объекты в настоящее время могут быть сохранены только при организации их охраны, для них не аргумент. Концепция регламентированного использования, которая позволяет спасти природу и воспитывать детей, молодежь, в массовом масштабе действующая во всем мире, в России практически не находит применения. Даже некоторые ограничения режима посещения, связанные с попытками реанимации негативного экологического состояния пещер часто не встречают понимания и поддержки.

Сожаление вызывают случаи неумелого «доморощенного» освоения пещер. Проекты обустройства пещер, осуществляемые спелеотуристами, часто приводят к негативным результатам. Понятно, что в стремлении спасения пещер спелеологи пытаются их замуровать, закрыть на засовы и т.д. К сожалению, в наших условиях это не приводит к успеху. Все закрытые пещеры достаточно быстро вскрываются и их уничтожение продолжается еще интенсивнее.

Для спасения крупных, ценных интенсивно посещаемых пещер и организации цивилизованного познавательного туризма необходимо вмешательство органов МПР и охраны природы, эффективная государственная политика в области охраны объектов геологического наследия, принятие в качестве обязательных директивных материалов, научно-методических нормативов охраны и использования этих объектов, оказание помощи ученым и предпринимателям, желающим проводить такие мероприятия. Надо

всячески способствовать осуществлению на практике концепции регламентированного использования памятников природы, как действенного средства их сохранения и воспитания молодежи.

Литература

Ляхницкий Ю.С. Комплексное исследование Воронцовской системы пещер и ее состояние. // Проблемы экологии и охраны пещер.- Красноярск, 2002 – С.98-101.

Ляхницкий Ю.С. Охрана и использование Саблинского памятника природы. //Проблемы экологии и охраны пещер. – Красноярск, 2002 - С.162 – 163.

Ляхницкий Ю.С. Судьба российских пещер – геологических памятников природы Природа №11. 2006. Стр. С.32-42.

PSEUDOKARST AND NON – KARST CAVES – A DISCUSSION AND EXAMPLES FROM RUSSIA

Yu.S. Lyakhnitsky, I.Yu. Khlebalin

All-Russian Geological Research Institute (VSEGEI), Russian Geographical Society (RGS), St. Petersburg, Russia

ПСЕВДОКАРСТОВЫЕ И НЕКАРСТОВЫЕ ПЕЩЕРЫ - ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РОССИИ

Ю.С. Ляхницкий, И.Ю. Хлебалин

Русское географическое общество, Санкт-Петербург

На территории России представлены псевдокарстовые пещеры следующих типов: интрузивные, вулканические, суффозионные, термокарстовые и гляциокарстовые.

В таких регионах, как бассейн Камы и среднего течения Волги, Кавказ, бассейн Лены и Енисея и Саяны псевдокарстовые полости встречаются наиболее часто. 120 пещер, расположенных в этих регионах, внесены в Кадастр пещер России. В бассейне р. Маны находятся 18 пещер, развитых в конгломератах. На тихоокеанском побережье Дальнего Востока встречаются псевдокарстовые пещеры, гроты, ниши и арки.

На Урале псевдокарстовые полости развиты в различных породах. Пещеры Песочная Глубина (36 м / 6 м), Песчаный Грот (28 м), Жуля Верна (15 м) – в песчаниках; Кварцитная (150 м / 28 м), Шуйдинская 1 и 2, Зюраткульская 1 и 2, Зигальгинская 1 и 2 – в кварцитах; Иткульские – в сланцах, гнейсах и амфиболитах; Савельев Грот – в миаскитах; Кисегачская – в гранитах; Пугачёвская (10 м) – в серпентинитах; Колыбельная (50 м / 13 м) и Чурочная – в конгломератах. Пещера Ордынская в Восточных Саянах – очень интересный пример перехода карстового процесса в псевдокарстовый.

Широко известна псевдокарстовая пещера Святая в девонских песчаниках, расположенная в Ленинградской области на берегу одного из притоков реки Оредеж. Небольшие псевдокарстовые полости примыкают к полостям заброшенных горных выработок в ордовикских песчаниках в Саблино и Старой Ладого.

Авторы считают необходимым включение псевдокарстовых пещер в число особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Такие удобно расположенные и эстетически ценные объекты, как пещера Святая в Рождествено могут стать привлекательными экскурсионными объектами.

The problem of classification of karst and similar processes was mainly solved in Russia as long ago as 1947 at a conference in Molotov (Perm). At present, these ideas are being worked out in more detail. V.N Dublyansky (2004) proposed the following concept. Karst evolves only in readily soluble sedimentary and more rarely metamorphic rocks (limestone, gypsum,

anhydrite, salt, marble). Pseudokarst is subdivided into intrusikarst, volcanokarst, clastokarst, suffosiokarst, thermokarst, and glaciokarst. Analyzing these ideas, it is necessary to make following remarks.

Intrusikarst evolves in intrusive and effusive crystalline rocks under corrosive and erosion influence of flowing waters.

It is almost impossible to distinguish the clastokarst and suffosiokarst, because they evolve in different sedimentary fragmental rocks (loess, clay, sandstone, breccias, conglomerate). They are characterized by predomination of erosive and suffosion processes resulted from water flow activity, which breaks links between particles and evacuates them from the massif.

Thermokarst evolves in frozen ground mainly as a result of melting the permafrost. These are specific round lakes and other phenomena.

Glaciokarst forms in glaciers during their melting and under the influence of flowing water. The authors found cavities in various rocks and even in peat. Of importance are the processes, which lead to the formation of the cavities rather than rocks lithology. Otherwise man-made cavities, cavities resulted from underground fires, etc. could be assigned to the pseudokarsts, but they have nothing in common with the karst objects and have absolutely different morphology.

Volcanokarst is the generation of cavities (gas bubbles, lava tunnels) caused by volcanogenic processes, but in the authors' opinion they cannot be assigned to the pseudokarsts.

Gravity and landslide cavities form a special group and also cannot be assigned to the pseudokarsts, because the mechanism of their formation is not associated with the influence of flowing waters.

So the authors propose to define the pseudokarsts as a result of processes, which take place in poorly soluble sedimentary and other rocks, in frozen ground and ice under the influence of flowing waters.

Gravity and volcanic cavities cannot be considered as pseudokarst, since they have absolutely another nature and morphology, which are not associated with the influence of flowing water. These are two particular groups of natural cavities. Pseudokarsts are only those formations, which are close in their genetic and morphological features to the karst, but the main factor of the karst process, corrosion, gives way in them to erosion and suffosion.

The pseudokarst is rather widespread in Russia, and it has been studied for a long time.) Caves, cones, depressions, and holes were described in conglomerate of the Yuryuzan-Sylvino depression of the Pre-Uralian trough. Pseudokarst is recorded in the Pre-Uralian area of Bashkiria, almost in 50 % of its territory. They are evolved best of all in clay, siltstone, and sandstone in the basin of the Ik, Dema, Syunya rivers. The construction of a reservoir in this region on the Agardy River resulted in the activation of the pseudokarst and complete dewatering of the pond. In the Kirov Oblast there is a series of lakes up to 10 m deep, whose formation is associated with pseudokarst processes. V.N. Dublyansky and R.A. Tsykin (1992) compiled a cadastre of caves in conglomerate and sandstone in the former USSR. The Kama-Middle Volga, the Caucasus, the Lena-Enisei and the Sayan are the areas, where pseudokarst caves are the most widespread. 120 cavities are included into the cadastre. In the Mana region there are 18 caves in conglomerate. In a coastal band in the south of the Far East there are also caves, grottos, niches, and arcs.

In the Urals there are pseudokarst caves located in various rocks. Such caves as Pesoch'naya Glubina (36 long/6 m deep), Peschany Grot (28 m), Jules Verne (15 m) are located in sandstone; Kvartsitnaya (150/28), Shuidinskaya 1 and 2, Zyuratkul'skaya 1 and 2, Zigalginskaya 1 and 2 in quartzite; Itkul'skie caves in schist, gneiss, and amphibolite; Saveliev's Grot in miaskite; Kisegachskaya in granite; Pugachevskaya (10 m) in serpentinite, Kolybel'naya (50/13) and Churochnaya (10 m) in conglomerate. According to their data, about 2 % of caves

are pseudokarst ones. A very interesting case of a transitional process from the karst to the pseudokarst is the Oreshnaya cave in the East Sayan. This is the largest world's cave in Ordovician limestone-dolomite conglomerate. It is the most intricate 3-D labyrinth apparently formed under phreatic conditions of about 58,000 m long with amplitude of 240 m.

One of well-pronounced excursion pseudokarst (clastokarst) caves is the "Svyataya" cave in a suburb of St. Petersburg on a tributary of the Oredezh River, not far from the Nabokov's estate. To a less extent the pseudokarst processes are manifested in old mine workings in Sablino and Staraya Ladoga, where sandstone is subjected to the erosion by underground waters.

First experiments on the organization of the reliable protection of geological inheritance objects are associated with the caves of Sablino. Excursions with geological and ecological concepts allow constant effective protection of the caves and to carry out educational and pedagogical work with young people. Artificial caves, two waterfalls, and abundant Cambrian and Ordovician outcrops with fossils, beautiful minerals and mineral springs are demonstrated there. The Sablino nature monument is not a geopark, but in fact it has all parameters of a geopark. The authors believe that the creation of a network of such well-protected nature monuments used for regulated excursions can promote the development of a system of Russia's geological heritage protection, including pseudokarst caves.

References

Dublyansky V.N., Dublyanskaya V.N., 2004, Karst science. Part 1//Obshchee karstovedenie (General karst science). Perm, 306 p. (in Russian).

Dublynsky V.N., Tsykin R.A., 1992, Cadastre of caves in conglomerates and sandstones of the USSR// Problema pseudokarsta (Pseudokarst problem). Perm, pp. 65-66 (in Russian)

CAVES GLACIATION; PROSPECT OF RESEARCHES

B.R. Mavlyudov

Institute of geography RAS

ОЛЕДЕНЕНИЕ ПЕЩЕР; ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б.Р. Мавлюдов

Институт географии РАН, Москва, Россия

It is shown that cave glaciation have good prospects of researches in future. They will be connected with such directions: climate, paleoclimate and paleogeography; caves glaciology; caves cryology; cryogenic mineralogy of caves; biology of caves; archeology of caves; methodological range; caves conservation; excursion and educational activity, use of knowledge about caves glaciation.

Введение

Оледенение пещер – это широко распространенное явление на всей нашей планете, особенно в средних и высоких широтах, а также в пределах горных территорий. Под оледенением пещер мы понимаем все виды льдопроявлений в естественных пещерах и прочих полостях (вне зависимости от их размеров и происхождения), а также комплекс процессов, которые обуславливают существование льда в пещерах. Оледенение пещер подразделяется на постоянное и сезонное. Сезонное оледенение пещер занимает огромные территории, в пределах которых температура воздуха опускается ниже нулевой отметки. Постоянное оледенение пещер охватывает меньшие площади, но все равно они значительно превышают области распространения многолетнемерзлых пород.

Цель исследования оледенения пещер – понять общие закономерности его формирования и существования, как на локальном, так и на глобальном уровне. Задачи исследования оледенения пещер в будущем определены как особенностями

распространения пещер со льдом, так и условиями формирования и существования оледенения в подземных полостях.

Можно выделить несколько перспективных направлений в исследовании оледенения пещер. К ним относятся: климат, палеоклимат и палеогеография; гляциология пещер; криология пещер; криогенная минералогия пещер; биология пещер; археология пещер; методологический полигон; охрана природы; экскурсионная и просветительская деятельность, использование знаний об оледенении пещер.

Методика

Методические основы работы основаны на том, что практически любые исследования, связанные с оледенением пещер являются междисциплинарными. Поэтому для выполнения рассматриваемых ниже задач требуется применение комплекса методов, применяемых в каждой из этих связанных междисциплинарных областей, а также методов и методик, специально разработанных для условий пещер. Большое значение имеют, и будут иметь в будущем, модельные построения. Важным аспектом является также то, что в пещерах возникла специфическая обстановка, которая позволяет проведение научных исследований в квазилабораторной обстановке, когда исследователь огражден от воздействия внешних интенсивных процессов, которые обычны в полевых условиях (резкие перепады температур, усиление ветра, смена дня и ночи). Важность скорейшего получения разнообразной информации из пещер, подверженных оледенению, определена также тем, что в условиях наметившегося потепления климата оледенение в естественных полостях начинает деградировать, что ведет к неизбежной потере существенной части записанных в них информации.

Климат пещер.

Поскольку климатические особенности пещер и определяют возможности формирования и существования оледенения в них, изучение климата пещер в этом вопросе имеет очень большое значение. При этом важно выяснить: 1) особенности формирования климата в пещерах разной морфологии (а также микроклимата в отдельных частях пещер и пещерных систем) и его влияния на зарождение, существование, распространение и деградацию оледенения в полостях, 2) условия существования каждого типа льда в пещерах, установить температурные, влажностные и ветровые диапазоны условий зарождения, существования и разрушения льда.

Палеоклимат и палеогеография.

Поскольку в пещерах, подверженных оледенению, накопление отложений и самого льда контролируется климатическими вариациями внутри пещер, которые, в свою очередь, зависят от колебаний внешнего климата, все изменения пещерного климата «записываются» в структуре этих отложений и морфологии их элементов (криогенных минералов, кристаллов льда, криогенной муки, соотношении изотопов и т.д.). Расшифровка этих климатических сигналов позволяет восстанавливать климат прошлого на протяжении десятков, а в некоторых случаях и сотен, и даже тысяч лет. Обширное поле деятельности лежит в сравнении палеоклиматических данных, полученных на основании изучения конкретных пещер и записей климата для конкретных территорий на имеющийся период инструментальных наблюдений. Как только удастся получить палеоклиматические данные для нескольких пещер в разных регионах, это позволит сравнивать эти данные и получать региональные и глобальные закономерности. Важно также отметить то, что любые палеоклиматические данные, полученные при изучении отложений пещер, подверженных оледенению, являются существенно сглаженными. Это обстоятельство должно облегчить сравнение палеоклиматических данных, полученных из пещер, расположенных в разных регионах и выявлению общих закономерностей колебания климата на планете.

Понятно, что через изучение палеоклимата можно выйти на понимание палеогеографических особенностей существования оледенения конкретных пещер и особенностей оледенения пещер целых регионов планеты в прошлом.

Гляциология пещер.

На данный момент получены только самые общие закономерности зарождения, существования и деградации льда в пещерах. Предстоит еще изучить: особенности строения льда в конкретных пещерах (на морфологическом, кристаллизационном и изотопном уровнях, содержание газовых включений и т.д.), характер их изменений во времени, в том числе, направленности и скорости роста и разрушения, кристаллографических особенностей, возможностей перекристаллизации, химических и изотопных изменений, пластических деформаций, движения. Важно также изучать баланс массы льда на отдельных участках пещер и в пещерах в целом, что позволит сравнивать оледенение пещер как одного, так и разных регионов не только на качественном, но и на количественном уровне. А баланс массы льда это комплексный показатель устойчивости и изменчивости оледенения в пещерах.

Криология пещер.

Изучение мерзлоты в пещерах важно потому, что пещерная мерзлота существенно расширяет ареал распространения многолетне мерзлых пород на планете. При этом мерзлота пещер в настоящее время изучена очень слабо. Еще не выяснены особенности строения ни многолетне мерзлых, ни сезонно мерзлых горных пород в пещерах и на локальном, и на региональном уровне. Еще нет данных о динамике пещерной мерзлоты (годовой и многолетней) в связи с изменением климата в пещерах и вне их, не изучено строение мерзлотных толщ и процессы, происходящие в них в разных температурных условиях. Пока еще нет сведений об устойчивости мерзлоты в пещерах и ее связи с оледенением пещер.

Криогенная минералогия пещер.

В последние годы выяснилось, что в связи с оледенением пещер в полостях формируются специфические пещерные минералы, число находимых форм которых ежегодно возрастает. На наших глазах формируется новое научное направление – криоминералогия пещер, которая в значительной степени отличается от обычной криоминералогии, в первую очередь, по условиям формирования сообщества минералов. Важными направлениями исследований являются: выяснение условий зарождения, существования и исчезновения минеральных агрегатов в пещерах, заложенных в разных горных породах, расположенных в разных климатических условиях, выявление особенностей роста и сезонной динамики минералов в разных частях пещер и их связь с климатом пещер, особенностями их оледенения, водоприток и т.д., выявление возможностей использования криогенных минералов пещер для палеогеографических реконструкций.

Биология пещер.

Оледенение создает весьма специфические условия существования органической жизни в пещерах при полном отсутствии освещенности, низких температурах, малых притоках питательных веществ. Поэтому изучение органической жизни в таких условиях важно для понимания возможностей живых организмов в выработке ими механизмов адаптации, а также для сохранения и поддержания биоразнообразия. Биология пещер с оледенением еще полностью не разработана.

Следует добавить, что одним из направлений исследования биологии пещер является изучение остатков захороненных в мерзлоте и льду организмов, которые проживали в пещерах или попали в них снаружи. Условия сохранения органических остатков в пещерах с оледенением чрезвычайно хорошие.

Археология пещер.

Оледенение пещер зависит от морфологии полостей, которая может со временем изменяться. Это означает, что процесс оледенения может быть наложенным на полость в связи с изменением ее морфологии. Иными словами, полость могла быть заселена людьми до своего оледенения. В современную эпоху деградации пещерного оледенения археологические памятники могут быть найдены в целом ряде пещер, где они ранее были не известны. Поэтому основной задачей спелеоархеологии является повторное изучение пещер, в которых оледенение находится в стадии деградации.

Методологический полигон.

Как говорилось выше, пещеры могут служить лабораторной базой для многих направлений исследований, связанных с оледенением пещер. В связи с этим, такие пещеры могут служить удобным полигоном для изучения многих процессов, происходящих в пещерах со льдом. Известно, что с оледенением пещер связаны такие процессы, как обрушения горных пород с кровли пещерных галерей и залов, обусловленные как морозным выветриванием, так и деградацией пещерного оледенения. Поэтому пещеры могут служить прекрасным объектом разработки методики изучения сейсмических событий в пещерах. Аналогичным образом в таких пещерах могут отрабатываться методики: измерения толщины и строения ледяных толщ георадаром, климатических, гляциологических, минералогических, криогенных и др. исследований. В таких пещерах также могут отрабатываться технические приемы оборудования пещер с оледенением для экскурсионных целей.

Охрана природы.

В пещерах с оледенением существует возможность отрабатывать приемы природоохранных мероприятий, связанных с такими полостями. Это очень важно в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки и изменения (потепления) климата. При этом природоохранные мероприятия могут отрабатываться как в самих пещерах (расширение или заделывание проходов для изменения структуры циркуляции воздуха, внесение дополнительного льда в полости и др.), так и вне их (защита почвы, охрана старых или высадка новых лесов у входа и над пещерой и др.).

Экскурсионная и просветительская деятельность.

Поскольку пещеры с оледенением очень зрелищны, особенно в летний период, когда отмечается наибольший контраст температур между внешними и пещерными условиями, то многие из них являются объектами повышенного внимания туристов, оборудованы для туристов или будут оборудованы для них в будущем. В свете этого в каждом конкретном случае необходимо проводить исследования влияния на оледенение пещеры, как искусственных сооружений, так и посетителей. В таких пещерах желательно проведение мониторинга ледяных образований (изучение баланса массы), климатических параметров, особенностей водопритоков, частоты обвалов, устойчивости искусственных сооружений и др., а также осуществление некоторых обязательных мероприятий: сбор и вынос мусора, проведение профилактических мероприятий (контроль численности экскурсионных групп, контроль за временем пребывания их в полости, проведение разгрузочных периодов в полости и др.) и экскурсионного обслуживания с развлекательной и познавательной направленностью. Познавательная сторона посещения пещер с оледенением определена масштабностью и наглядностью природных процессов, происходящих в пещерах, подверженных оледенению. Поэтому посещение таких пещер способствует формированию у посетителей правильного мироощущения, представлений о природных процессах и месте человека в природе.

Использование знаний об оледенении пещер.

Знания об оледенении пещер могут быть использованы для получения: 1) климатической характеристики прошлого для региона расположения пещеры или для более крупного региона; 2) климатических особенностей самой пещеры с оледенением; 3)

картины эволюции полости до оледенения и в во время него; 4) картины изменения оледенения в полости во времени; 5) сведений о характере развития мерзлоты в районе расположения пещеры; 6) динамики эволюции рельефа территории, окружающей пещеру; 7) динамики изменения растительности на прилегающей территории; 8) динамики оледенения полости по математическим моделям с заданием изменяющихся исходных параметров и граничных условий; 9) прикладных аспектов знания о пещерах с оледенением: проектирования и строительства безмашинных холодильников и хранилищ, работающих на естественном холоде, создания искусственных сооружений со льдом, борьба с нежелательным льдом в горных выработках, кондиционирования воздуха, ускорения таяния льда ледяных массивов, получение питьевой воды, заготовки льда, оборудования для экскурсионных целей и др.

Важно также и то, что знания об оледенении пещер, его формировании и разрушении, являются важным подспорьем для разработки методов регулирования антропогенной нагрузки на такие пещеры, которые являются туристическими и экскурсионными объектами, а также во время оборудования таких полостей для экскурсионных целей.

Заключение

Как мы видим, что оледенение пещер как комплексное научное направление делает только свои первые шаги, но имеет при этом хорошие перспективы развития в будущем. Перспективные направления исследований включают: климат, палеоклимат и палеогеография; гляциология пещер; криология пещер; криогенная минералогия пещер; биология пещер; археология пещер; методологический полигон; охрана природы; экскурсионная и просветительская деятельность, использование знаний об оледенении пещер.

INFLUENCE OF LYTHOLOGY OF GYPSUMS ON STRUCTURAL PLAN OF PODILLIA CAVES LABYRINTHS

V. V. Pokalyuk*, A. N. Doroshenko, C. I. Tereschenko***

*Institute of environmental geochemistry NAN, Ukraine

**Institute of inorganic chemistry NAN, Ukraine

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИИ ГИПСОВ НА СТРУКТУРНЫЙ ПЛАН ПЕЩЕРНЫХ ЛАБИРИНТОВ ПОДОЛИИ

В.В. Покалюк*, А.Н. Дорошенко, С.И. Терещенко***

*Институт геохимии окружающей среды АН Украины, Киев

**Институт неорганической химии АН Украины, Киев

Morphology, structure, localization and distribution features of the so-called “dome folding” within the gypsum mass of the upper torton of the Dnister Podillia region have been studied. The initial sedimentary crystallization genesis of the “domes” from salt-generating brine by columnar growth of gypsum crystals (megasperolites) was vindicated. Connection of the “domes” morphology with intensity and manifestation of karstic processes during formation of caves has been analysed. The dome-shaped forms grow upwards with the structures’ diameter increasing from several centimeters to 5-8 meters towards the top of the gypsum mass. Symmetry axis within separate structures are always subvertical (symmetry of a dome-shaped hemispheroid). Larger structures located upwardly enclose smaller ones located below. The ensemble of the adjoining dome structures composes a mosaic of convex polygonal cells. The formation mechanism of the above-described structures is similar to that of ordinary crystallization spherulites while the size of the first ones is 10 – 100 times larger (up to 10 m in diameter). These huge structures grew at the bottom of a shallow basin with the depth exceeding the convexity of the hemispheroids, i.e. over 2 m (presumably to 5-10 m).

Яркой особенностью внутреннего строения толщи верхнетортонских гипсов на территории Приднестровского Подолья является внутренняя так называемая куполовидная «складчатость». На эту характерную особенность свиты указывали многие исследователи, именуя "гофрировкой", "волнообразными дислокациями", "волнистой слоистостью", "куполовидными структурами", "конкрециями, несущими вторичную деформацию", "сфероидальными структурами" и пр. Мнения исследователей на происхождение этих форм самые различные. Одни связывают их с процессами диагенеза илового осадка [7], раннедиагенетической перекристаллизации кристаллоагрегатов гипса [12], другие с гидратацией ангидрита [4, 5, 11], третьи с тектоническим фактором [1, 3] четвертые с параллельно-шестоватым и сферолитовым ростом кристаллов в солеродном бассейне [6].

Наиболее подробно эти структуры описаны И.И.Турчиновым [12], который связывает их образование с процессами перекристаллизации гипсовых кристаллоагрегатов под воздействием раннедиагенетических межзерновых флюидов. Мы наблюдали эти структуры непосредственно изнутри гипсовой толщи во многих подольских гипсовых пещерах междуречья Серета и Ничлавы, что позволило проследить распространение этих форм, их структуру и морфологию в пространстве на значительной площади. Авторы отстаивают вслед за В.И. Колтуном и Я.Т. Роскошем [6] кристаллизационный генезис этих структур (на этапе седиментации и кристаллизации гипсов) путем шестоватого придонного роста и облекания (мегасферолиты). Мегасферолитовые структуры предопределили специфический (полигональный) план проявления в гипсах тектонической трещиноватости, что, в свою очередь, повлияло на особенности развития карстовых процессов.

Нами было изучено латеральное распространение конкретных слоев крупно-гигантокристаллического гипса в средней пачке гипсов в пределах лабиринта пещеры Мушкарова яма (Борщевский район, с. Алексинцы). Установлено, что на площади пещеры (250×150 м) строго выдерживается порядок напластования внутри средней пачки и чередования в ней слоев скрыто-мелкозернистого и крупно-гигантокристаллического гипса, вплоть до маломощных (1–3 см) прослоек (рис.1). Точно такое же строение средней пачки гипсов удивительным образом повторяется в пещерах Озерная и Оптимистическая, расположенных в 8 км от пещеры Мушкарова яма. Все это однозначно свидетельствует об исходно осадочном седиментационно-кристаллизационном генезисе обоих структурных разновидностей гипса – как скрыто-мелкозернистого, так и крупно-гигантокристаллического. На первичную природу слоев крупнокристаллического гипса указывают также А.А.Кульчечкая и А.В.Побережский на основании изучения включений минералообразующей среды [8–10]. По мнению А.В.Побережского, первичной минеральной формой образования сульфата кальция был исключительно гипс. Им выделяются две основные седиментационные разности этого минерала – придонный крупно-гигантокристаллический и приповерхностный мелкозернистый.

Нередко внутреннее строение слоев крупно-гигантокристаллического гипса имеет отчетливую вертикальную зональность, свойственную росту кристаллов от поверхности зарождения с их последующим геометрическим отбором. Нижняя зона – зародышевая; для неё характерны небольшие (до 3 см) разноориентированные кристаллы в цементирующей мелкозернистой массе. Следующая зона – друзовая; в ней размер призматических кристаллов гипса увеличивается до 5-10 см и они начинают приобретать ориентировку, перпендикулярную к слоистости. Количество мелкозернистого цемента при этом уменьшается. И третья зона – параллельно-шестоватого роста. Здесь доминируют агрегаты гигантокристаллических кристаллов (более 10 см), ориентированных субперпендикулярно напластованию; цементирующей массой для них

выступают агрегаты более мелких кристаллов. Часто в слоях крупно-гигантокристаллического гипса зародышевая и друзовая зоны сильно редуцированы, и наблюдается формирование слитого параллельно-шестоватого агрегата непосредственно от поверхности зарождения. Это происходит за счет одновременного начала роста большого количества кристаллов, тесно соприкасающихся друг с другом. Как известно, точно так происходит формирование сферолитовых корок [2].

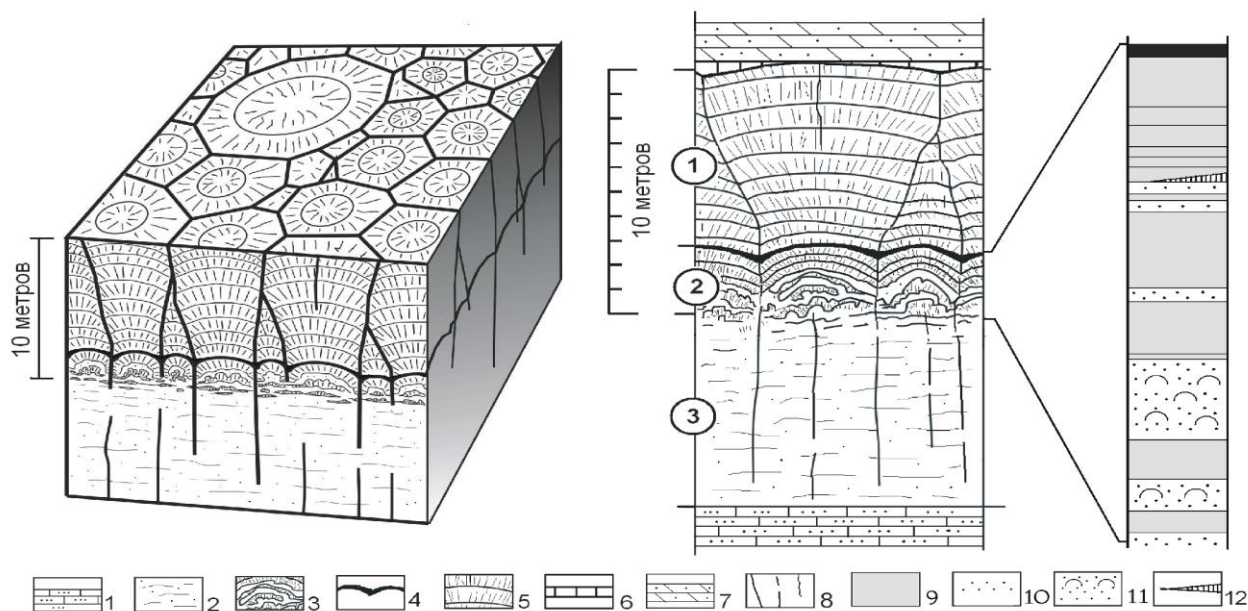


Рис. 1. Блок-диаграмма и разрез гипсовой толщи тирасской свиты (междуречье рек Серет и Ничлава, с. Алексинцы, пещера Мушкарова яма). Цифры в кружках – пачки гипсов. 1 – известняки биогермные багрянковые песчанистые с прослоями известковистых песчаников; 2 – гипсы скрыто-мелкозернистые, светло-серые с коричневатым оттенком; 3 – переслаивание скрыто-мелкозернистых светло-серых и крупно-гигантокристаллических коричневых гипсов; 4 – маркирующий прослой бентонитовых глин зеленовато-серых; 5 – гипсы крупно-гигантокристаллические коричневые; 6 – известняки пелитоморфные (ратинские); 7 – мергели зеленовато-серые с прослоями глин и песчаников; 8 – трещины в гипсовой толще; 9 – слои крупно и гигантокристаллических гипсов; 10 – слои скрыто-мелкозернистых гипсов; 11 – слои скрыто-мелкозернистых гипсов хлопьевидной «облачной» текстуры; 12 – маломощные линзы (до 5 см) бентонитовых глин оранжевого цвета.

Морфология и генезис куполовидных структур. Куполовидные структуры имеют четкую пространственную приуроченность к средней и верхней частям разреза гипсовой толщи, т.е. к гипсам крупно-гигантокристаллической структуры. Отсутствие их в нижней скрыто-мелкозернистой пачке и в перекрывающих надгипсовых песчано-мергелисто-глинистых отложениях исключает тектонический фактор из дальнейшего рассмотрения возможных причин их формирования. Отсутствие каких-либо ориентированных в сублатеральном направлении макротекстур внутри гипсовой толщи исключает подводно-оползневые явления и пластичное течение соляных масс при диагенезе осадков. Приуроченность куполовидных структур к первичным гипсам крупно-гигантокристаллической структуры исключает также механизм их формирования за счет гидратации ангидрита.

Морфология куполовидных структур имеет свои отличительные особенности, очень характерные для структур кристаллизационного роста и облекания. Зарождение и рост куполовидных форм происходит снизу вверх, начиная с уровня нижней части средней пачки гипсов. Диаметр структур постепенно увеличивается от первых сантиметров до 2,5 м в верхах средней пачки и до 5–8 м к кровле гипсовой толщи. Амплитуда между ближайшими син-антиформами отдельных слоев на уровне средней части разреза гипсов составляет в среднем 0,5–1,0 м, максимально до 1,5 м. В верхней гигантокристаллической пачке эта величина достигает 2–3 м. Оси симметрии внутри отдельных структур всегда направлены субвертикально вверх (симметрия куполовидного полусфероида). Более крупные структуры, расположенные сверху, вмещают в себя более мелкие, расположенные ниже. В верхней гигантокристаллической части гипсовой толщи множество соприкасающихся друг с другом куполовидных структур в плане составляют мозаику из выпуклых полигональных ячеек (рис.1). Сочленение соседних "куполов" друг с другом имеет вид резкого углового "притыкания" с различными углами в зависимости от выпуклости "куполов". При этом отдельные слои крупно-гигантокристаллического гипса, подчеркивающие выпуклую структуру "куполов", прослеживаются из одного "купола" в другой без каких-либо вертикальных смещений. Морфология стыковки "куполов" не оставляет сомнений в их кристаллизационной природе. Параллельно-шестоватые кристаллы гипса слоев смежных "крыльев" расположены перпендикулярно напластованию навстречу друг другу, стыкуясь без каких-либо зон дробления и деформаций, разъединяясь тонкой зубчатой границей, обогащенной глинисто-карбонатным материалом. Часто эти границы обновлены тонкими раскрытыми трещинами. Такие границы и трещины на стыках "куполов" активно вовлечены в спелеогенез с развитием по ним полигонального (в плане) лабиринта. В вертикальном сечении эти трещины часто наклонны в соответствии с характером стыковки соседних куполообразных структур разного размера.

Особенно важную роль в формировании куполовидных структур играет зона "начальной бугристости", создающая первичные достаточно крупные (до 0,5 м) неровности на горизонтально слоистых скрыто-мелкозернистых гипсах нижней пачки. Располагается она примерно посередине средней пачки гипсовой толщи и сложена мелкозернистым белым (светло-серым) гипсом, имеющим "хлопьевидную, облачную", пятнистую текстуру (рис.1). Вышележащие слои гипса (как крупно-гигантокристаллического, так и скрыто-мелкозернистого) облекают образованные начальные неровности. При этом каждые последующие слои крупно-гигантокристаллического гипса, имея параллельно-шестоватое строение, генерализуют и укрупняют "начальную бугристость", приводя к формированию крупных куполовидных полусфероидов (мегасферолитов) диаметром до 5–8 м. Таким образом, данные структуры можно назвать структурами шестоватого роста и облекания.

В подтверждение данного механизма можно указать на некоторые седиментационные текстуры внутри "куполов", служащие своего рода минералогическими отвесами и уровнями. Так, в краевых участках "куполов", где слои имеют достаточно крутой уклон (обычно 30–45°, иногда до 70°), тонкие прослоечки скрыто-мелкозернистого гипса, залегающие согласно с вмещающими их наклонными слоями гигантокристаллического гипса, имеют многочисленные мелкие субгоризонтальные площадки (до 2–5 см) с внутренней тонкой субгоризонтальной слоистостью. Эти площадки залегают на верхних пологих поверхностях зубчатых выступов кристаллов нижележащего гигантокристаллического слоя. Часто они имеют вид ступенек. Субгоризонтальная слоистость на пологих поверхностях ступенек обычно выражена четко, в то же время на субвертикальных участках ступенек слоистость выражена хуже – неясная, "размытая" или отсутствует. Это свидетельствует о том, что прослоечки

тонкозернистого гипса отлагались на поверхности уже сформированных зубчатых кристаллов крупно-гигантокристаллического гипса, образующих своеобразную шестоватую кору в виде выпуклых полусфероидов на дне бассейна седиментации. Все эти структуры и текстуры свидетельствуют о синхронности "куполов" росту кристаллов из солеродных растворов.

Таким образом, авторы полностью согласны с В.И. Колтуном и Я.Т. Роскошем [6] в том, что механизм формирования описываемых структур аналогичен формированию кристаллизационных сферолитов. Только масштаб этих структур на 1–2 порядка крупнее (до 8 м в диаметре) по отношению к обычным сферолитам халцедон-кварцевого или карбонатного состава. Эти гигантские гипсовые "ежи" росли на дне мелководного бассейна, глубина которого была не меньшей, чем выпуклость самих полусфероидов, т.е. не менее 2 м (предположительно до 5–10 м).

Влияние куполовидных гипсовых мегасферолитов на спелеогенез. Размеры и степень выпуклости куполовидных структур непосредственно влияют на форму проявления и интенсивность карстовых процессов в карстующихся гипсах. Куполовидные структуры в плане имеют вид полигональных мозаичных ячеек с развитой по их границам полигональной сетью трещин (рис.1). По мнению Б.А. Корженевского и В.Я. Рогожника [7], эта полигональная сеть трещин является контракционной, образовавшейся в результате обезвоживания (усыхания) гипсового массива во время верхнетортонского перерыва в осадконакоплении (после седиментации ратинских известняков). На наш взгляд, исходя из вышеизложенного строения и генезиса "куполов", совсем не обязательно привлекать контракционный механизм для объяснения полигональной трещиноватости. Достаточно просто её можно объяснить тектоническими причинами. Границы полигональных ячеек ("куполов") являются ослабленными зонами (вследствие кристаллизационного "притыкания"), которые легко активизируются тектоническими движениями с образованием по ним полигональной сети трещин. На тектоническую причину указывает еще тот факт, что в структуре полигонального лабиринта отчетливо "проглядывает" субортогональная ориентировка, свойственная тектонической трещиноватости данного региона. Таким образом, обе системы трещиноватости, развитые в гипсовой толще (субортогональная в массивных мелкозернистых гипсах и полигональная в гигантокристаллических гипсах с куполовидной слоистостью), имеют общую тектоническую причину, но разные формы проявления в зависимости от литологического фактора. Чем интенсивнее выпуклость полусфероидов, тем четче проявлена полигональная трещиноватость на их стыках, и, соответственно, интенсивнее протекают карстовые процессы и формирование пещерного лабиринта полигонального плана. В участках, где амплитуда куполовидных структур средней пачки гипсов незначительная (до 0,5 м), а также в массивных мелко-скрытозернистых гипсах нижней пачки полигональная трещиноватость не проявлена. Вместо неё на первый план выступает обычная для тектонической трещиноватости субортогональная система.

По амплитуде «куполов» средней пачки гипсов различаются участки с малой амплитудой (до 0,5 м) и участки с высокой амплитудой (1–1,5 м). Намечается определенная зависимость между амплитудой «куполов» гипсовой толщи и морфологией лабиринта пещеры Мушкарова яма. Участки с небольшой амплитудой "куполов", как правило, полностью заложены в средней пачке гипсов, ограничиваясь сверху кровлей бентонитового прослоя, и практически не имеют открытых зияющих проработанных трещин, уходящих в верхнюю пачку гипсов. К таким относится весь привходовой район пещеры (центр и восток). Верхняя гигантокристаллическая пачка в этих участках слагается очень пологими слабоволнистыми слоями без четко оформленных «куполов». Поэтому и полигональная сеть трещиноватости здесь не проявлена. Там же, где амплитуда "куполов" возрастает до 1 м и более – лабиринт пещеры открывается вверх открытыми

проработанными трещинами, уходящими в верхнюю гигантокристаллическую пачку гипсов, и становятся доступными для наблюдения фрагменты верхнего этажа пещеры. Такая связь объясняется тем, что при большей амплитуде "куполов" сильнее проявляются сквозные трещины, пересекающих как среднюю, так и верхнюю пачки гипсовой толщи. Амплитуда "куполов" таким образом, является важным структурным критерием, обуславливающим различия в морфологии пещерных лабиринтов, в проявлении тектонической трещиноватости, и может выступать в качестве поискового признака верхнего яруса пещер, заложенного в гигантокристаллических гипсах.

Литература

Андрейчук В.Н., Коржик В.П. Пещерная система Золушка // Пещеры. Типы и методы исследования. Пермь: Пермский ун-т, 1984. – Вып. 19. – С. 25–29.

Годовиков А. А., Рипинен О. И., Степанов В. И. Сферолиты, сферокристаллы, сфероидолиты, ядросферолиты. Тр. Минерал. музея АН СССР. 1989. Вып. 36.

Дромашко С.Г. К минералогии гипсов Приднестровья // Вопросы минералогии осад. образований. – Львов, Изд-во Львов. ун-та, 1955. – Кн.2. – С. 138–174.

Дублянский В.Н., Ломаев А.А. Карстовые пещеры Украины. – Киев: Наук. думка, 1980. – 180 с.

Дублянский В.Н., Смольников Б.М. Карстолого-геофизические исследования карстовых полостей Приднестровской Подолии и Покутья. – Киев: Наук. думка, 1969. – 151 с.

Колтун В.И., Роскош Я.Т. Об условиях образования гипсов и ангидритов Приднестровья // Вопросы литологии и петрографии. – Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1969. – Кн.1. – С. 172–176.

Корженевский Б.А., Рогожников В.Я. О значении контракционной трещиноватости в формировании карстовых лабиринтовых систем в гипсах Подолии // Вопросы генезиса, динамики, формирования подземных вод и воднофизические свойства пород УССР. – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 147–152.

Кульчечкая А.А. Генезис гипса и ангидрита из осадочных пород Украины (по данным изучения включений минералообразующей среды) // Автореф. канд. дисс.– Киев, 1987. – 19 с.

Кульчечкая А.А. Генетические особенности гипсов Приднестровья // Минерал. журн. – 1982. – 4, №3. – С.61-66.

Побережский А.В. Физико-химические условия формирования баденских сульфатно-карбонатных отложений Предкарпатья (в связи с их сероносностью) // Автореф. канд. дисс.– Львов, 1991. – 20 с.

Рипун М.Б. Нові дані до петрографії гіпсо-ангідритового горизонту Передкарпатського прогину // Геол. журн. – 1961. – Т. 21.– №5. – С. 76–82.

Turchinov I.I. The Badenian (Middle Miocene) gypsum section in Kryvche (Podolia, West Ukraine) // – Biul. PIG, vol. 387, 1999b. 70 – 74.

FEATURES OF FLORA AND VEGETATION OF KARS LANDSCAPES OF THE PINEGA STATE NATURE RESERVE (ARCHANGELSK REGION)

L.W.Puchnina

Natural reservation "Pinezhsky"

ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАРСТОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПИНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ.)

Л.В.Пучнина

Архангельская обл., п.Пинега, государственный природный заповедник

A large part of the territory of the Pinega state nature reserve (PSR) represents complex combination of karst landscapes. On a degree of karst participation in formation of a morphological structure of landscapes according to the classification of V. N. Andreychuk (1992) there are: karstogenous, karsted (subtype karst-glacial), glacial with elements of karst, bed-denudated with elements of karst landscapes.

The glacial with elements of karst landscape is most prevalent, it is developed on the sites of poor denudated surface of glacial equalization in the central and the south-western parts PSR. The karst forms are represented by single sinkholes and swales. The territory is characterized by the greatest swampness (more than 15 %). Peaty-glei and oligotrophic peaty soils dominate in the edaphic cover, and podzol soils dominate on drained sites of the landscape. The karst-glacial landscape has been developed on middle-karsted sites between two rivers with predominance of clastokarst forms in the northwestern, western and south-eastern parts of the reserve. Large sinkholes and karst basins, as a rule, well drained prevail here. A drainage of the territory is strengthened by a developed net of superficial narrows and hollows. The karstogenous (KG) landscape is represented strongly karsted sites adjoining to the valley river Sotka and the lake Eraskino and by karst narrows. Highest density of the karst forms, croppings of gypsum rocks, availability of specific soils – roughhumus sulpharendzins are characteristic for the landscape. The bed-denudated with elements of karst landscape (BD) is met on covered over redstone and limestone sites of the raised bed-denudated plain flatness in the north-eastern part of the reserve. Two subtypes are marked inside a landscape: dissected bed-denudated – (BD1) and poorly dissected bed-denudated – (BD2). The subtype BD1 differs by a high drainage of the territory and availability of rich sod-podsolic soils.

The wide development of karst processes has stipulated richness and originality of flora and vegetation of the PSR. The total number of vascular plants of the reserve is 509 species, which are included into 238 genera and 67 families. The flora of the Archangelsk region includes 1104 species (Shmidt, 1989). Thus, 46,1 % of the flora of the Archangelsk region is marked on the area of 0,1 % of its territory. Boreal species make the main body of the flora of the reserve, the large role in its formation belongs to the boreal Ural-Siberian species. The conifers *Picea obovata* and *Larix sibirica* concern to them. Their satellites are *Salix pyrolifolia*, *Atragene sibirica*, *Spirea media*, *Lonicera pallasii*, *Paeonia anomala*, *Crepis sibirica* etc. Plenty of 27,4 % rare and relict species are represented in the flora of the PSR. Relict species concern to such floristic elements, as arctic, hypoarctic, broad-leaved-forest, endemic and taiga (Simacheva, 1986). Overwhelming majority of relicts belongs to KG and, in a smaller measure, to KG1 and BD1 landscapes; in LEK and BD2 landscapes the number of relict species is insignificant. A group of arct-alpine (*Dryas octopetala*, *Pinguicula alpina*, *Thalictrum alpinum*, *Saxifraga aizoides* etc.) and hypoarctic (*Cystopteris dickieana*, *Astragalus frigidus*, *Arctous alpina*) relicts find optimum conditions for its existence on gypsum taluss and uncovered declines of the karst rivers and narrows. South-taiga and broad-leaved-forest relict species such as, *Cypripedium calceolus*, *Paeonia anomala*, *Corydalis solida*, *Stellaria nemorum* are met on eutrophic locations of the river Sotka plain also on bottoms of karst narrows. As a whole, in KG landscape there are 80 % of species of the flora of different geographic connections, in the LEK landscape there are less than 50 % of species, the majority of them one is typical for the northern taiga.

The largest part of the reserve's territory is covered by forests (87 %), little more than 10 % of the area is covered by bogs, some small areas are covered by meadows, bushes and societies of light forests. The forest vegetation is represented by fir, pine, larch, and birch stands. In total 101 vegetative associations are fixed on the area of the reserve. In the bound of the LEK and KG landscapes 47 % of vegetative associations are fixed, 38% - in the KG1 landscape, 19%

-in the BD1 landscape, 13 % - in the BD2 landscape of the total number of associations. The KG and LEK landscapes differ by the composite phytocoenotic structure, that is caused by different factors. The complication of phytocoenotic structure of the KG landscape is determined by strongly expressed karst relief and its specific soils. The complicated phytocoenotic structure of the LEK landscape is conditioned by easing of an edificatoric role of fir-tree in conditions of the strong swamped of the relief. A composite phytocoenotic structure of the LEK landscape is determined by a diversity of fir-tree coenoses, where the greatest number of associations are represented by moss, grass-swamp and sphagnum fir forest and also of oligotrophic and mesotrophic mire societicus. Billberi-moss fir forest with broad participation in grass-undershrub layer of hypoarctic species take the central place. Vegetation of the landscape is typical for the north-taiga subzone. The richness of vegetative associations of the KG landscape is determined by a diversity of sparse groups on gypsum taluss and meadow associations of the karst narrows and of the plain of the river Sotka. Forests in typological attitude are uniform enough, they are coenoses of grass-undershrub and grass groups of associations, though they are represented by all species of formations meeting on the territory of the reserve. The majority of vegetative associations has azonal character and is specific for same sites of intensively developed karst. The vegetation of the BD1 landscape is represented mainly by fir forests of grass and moss groups of associations. Grass fir forest of the BD1 landscape differ by the greatest productivity.

Большая часть территории Пинежского заповедника (ПГЗ) представляет собой сложное сочетание карстовых ландшафтов. По степени участия карста в формировании морфологической структуры ландшафта согласно классификации В.Н.Андрейчука (1992) выделены: карстогенный, закарстованный (подтип карстово-ледниковый), ледниковый с элементами карста, пластово-денудационный с элементами карста ландшафты.

Ландшафт ледниковый с элементами карста является наиболее распространенным, он приурочен к участкам слабоденудированной поверхности ледникового выравнивания в центральной и юго-западной частях ПГЗ. Карстовые формы представлены единичными воронками и западинами. Территория характеризуется наибольшей заболоченностью (более 15%). В почвенном покрове доминируют торфяно-глеевые, верховые торфяные, а на дренированных участках подзолистые почвы. Карстово-ледниковый ландшафт развит на среднезакарстованных междуречьях с преобладанием суффозионно-просадочных форм карста в северо-западной, западной и юго-восточной частях заповедника. Здесь преобладают крупные карстовые воронки и котловины, как правило, хорошо дренированные. Дренированность территории усиливается развитой сетью неглубоких логов и ложбин. Карстогенный ландшафт (КГ) представляет собой сильно закарстованные участки примыкающие к долине р. Сотки и оз.Ераськино и карстовые лога. Для ландшафта характерны высочайшая плотность карстовых форм, выходы на поверхность гипсовых пород, наличие специфических почв - сульфурендзин грубогумусовых. Ландшафт пластово-денудационный с элементами карста (ПД) приурочен к перекрытым красноцветами и известняками участкам возвышенной денудационно-пластовой равнины в северо-восточной части заповедника. Внутри ландшафта выделяются два подтипа: расчлененный пластово-денудационный - ПД1 и слаборасчлененный пластово-денудационный - ПД2. Подтип ПД1 отличается высокой дренированностью территории и наличием богатых дерново-подзолистых почв.

Широкое развитие карстовых процессов обусловило богатство и своеобразие флоры и растительности ПГЗ. Общее количество сосудистых растений заповедника составляет 509 видов, входящих в 238 родов и 67 семейств. Флора Архангельской области насчитывает 1104 вида (Шмидт, 1989). Таким образом, на площади в 0,1 % от территории области отмечено 46,1% ее флоры. Основное ядро флоры заповедника составляют

бореальные виды, большая роль в ее сложении принадлежит бореальным урало-сибирским видам. К ним относятся *Picea obovata* и *Larix sibirica*. Их спутниками являются *Salix pyrolifolia*, *Atragene sibirica*, *Spirea media*, *Lonicera pallasii*, *Paeone anomala*, *Crepis sibirica* и др. Во флоре ПГЗ представлено большое количество (27,4 %) редких и реликтовых видов. Реликтовые виды относятся к таким флористическим элементам, как арктический, гипоарктический, широколиственно-лесной, эндемичный и таежный (Симачева, 1986). Подавляющее число реликтов приурочено к КГ и, в меньшей мере, к КЛ и ПД1 ландшафтам; в ЛЭК и ПД2 ландшафтах количество реликтовых видов незначительно. В эвтропных местообитаниях днищ карстовых логов и прибортовых зонах долин рек и логов распространены подтаежные сибирские и неморальные виды: *Actaea spicata*, *Stellaria nemorum*, *Viola mirabilis*, *Corydalis solida*, *Paeonia anomala*, в экстремальных условиях - на гипсовых осыпях и обнажениях - арктические и арктоальпийские виды, в местах близкого залегания гипса - кальцефильные виды: *Cystopteris dickieana*, *Epipactis atrorubens*, *Saxifraga aizoides*. К карстогенному ландшафту приурочены места произрастания видов, включенных в Красную книгу России: *Cypripedium calceolus*, *Calypso bulbosa*, *Gypsophyla uralensis subsp. pinegensis*, *Epipogium aphyllum*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Orchis militaris*.

В целом, в КГ ландшафте встречается 80 % видов флоры различных географических связей, в ЛЭК ландшафте - менее 50 % видов, большинство из которых типично для северной тайги.

Большая часть территории заповедника занята лесами (87 %), на долю болот приходится немногим более 10 %, небольшие площади покрыты лугами, кустарниками и сообществами редколесий. Лесная растительность представлена еловыми, сосновыми, лиственничными, и березовыми насаждениями. Всего на территории заповедника описана 101 растительная ассоциация. В пределах ЛЭК и КГ ландшафтов выделено по 47 %, в КЛ - 38, в ПД1 - 19, в ПД2 - 13% от общего числа ассоциаций. Наиболее сложной биогеоценотической структурой отличаются КГ и ЛЭК ландшафты, что обусловлено различными факторами. Усложнение фитоценотической структуры (ФС) КГ ландшафта определяют сильно выраженный карстовый рельеф и специфичные для него почвы/Растительность КГ ландшафта отличается сложной биогеоценотической структурой. Для нее характерна широкая амплитуда продуктивности сообществ от относительно высокобонитетных (IV класс бонитета) лесных травяно-кустарничковых ценозов до низкопродуктивных (V^a - V^b класс бонитета) разреженных редколесий, развивающихся на полузадерненных склонах долины р. Сотки и карстовых логов.

Растительные сообщества КГ ландшафта отличаются повышенным биоразнообразием, в сложении фитоценозов участвуют 30-45 видов сосудистых растений. В пределах ландшафта отмечено 37 ассоциаций лесной (включая редколесья), 6 - луговой и 4 болотной (ключевые болота) растительности. Среди лесных формаций характерно уменьшение доли еловых лесов за счет возрастания площади сосновых, лиственничных и березовых насаждений. Для древостоев лесных ценозов характерна многопородность. Наиболее распространены ельники, сосняки и лиственничники травяно-кустарничковые и ельники мелкотравно-чернично-зеленомошные, к склонам и днищам карстовых логов приурочены полидоминантные злаково-разнотравные и разнотравные луга. На полузадерненных склонах долины р. Сотки и карстовых логов произрастают сосново-лиственничные, березово-лиственничные и еловые редколесья.

Сложность ФС ЛЭК ландшафта обусловлена ослаблением эдификаторной роли ели в условиях сильной заболоченности рельефа. Сложная ФС ЛЭК ландшафта определяется разнообразием еловых ценозов, где наибольшим числом ассоциаций представлены ельники зеленомошные, травяно-болотные и сфагновые, а так же олиго- и мезотропных болотных сообществ. Центральное место занимают ельники чернично-зеленомошные с

широким участием в травяно-кустарничковом ярусе гипоарктических видов. Растительность ландшафта типична для подзоны северной тайги. Богатство растительных сообществ КГ ландшафта определяется разнообразием редколесных группировок на гипсовых осыпях и луговых ассоциаций карстовых логов и поймы р. Сотки. Лесная растительность в типологическом отношении достаточно однообразна, в основном это ценозы травяно-кустарничковой и травяной групп ассоциаций, хотя и представлена всеми видами формаций, встречающимися на территории заповедника. Большинство растительных сообществ носит азональный характер и специфично для участков интенсивно развитого карста. Растительность ПД ландшафта представлена преимущественно еловыми лесами травяной и зеленомошной групп ассоциаций. Наибольшей продуктивностью отличаются травяные ельники ПД1 ландшафта.

MYSTERIOUS PALLASEA (CRUSTACEA: AMPHIPODA) FROM THE CAVES AND GOLUBINSKY COLLAPSE SINK-HOLE AND KITEZH CAVE

D.A. Sidorov* , E.S. Chertoprud, A.A. Semikolennykh**, E.V. Shavrina*****

*Soil-biology institute, Vladivostok, Russia

** Moscow state university

*** Natural reserve "Pinezhsy"

ЗАГАДОЧНАЯ PALLASEA (CRUSTACEA: AMPHIPODA) ИЗ ПЕЩЕР ГОЛУБИНСКИЙ ПРОВАЛ И КИТЕЖ

Д.А. Сидоров* , Е.С. Чертопруд **, А.А. Семиколенных, Е.В. Шаврина*****

*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, Россия.

**Московский государственный университет, Москва, Россия;

***ГПЗ «Пинежский, Пинега, Россия.

A small collection of an enigmatic amphipods was sampled in 2008 and 2011 in the Golubinsky Gap and Kitezh caves (Pinega Region, Archangel Area). The samples were studied and assigned to a new unknown form of the genus Pallasea Bate (Fam. Pallaseidae). Pallasea sp. from the Pinega caves possess with absence of the lateral projection of cephalon and dorsal cuticular spines on metasome inherent to the North European P. quadrispinosa Sars, 1867. The further complex investigation are necessary for the taxonomic clarification of a new form with the North European P. quadrispinosa, P. laevis Ekman, 1923 from Novaya Zemlya as well as Baikalian Pallasea, including investigation of the biology of this enigmatic species inhabiting the unique karst caves in the northern part of Russia.

Исследовав коллекцию амфипод собранных в 2008 и 2011 гг. в пещерах Голубинский провал и Китеж (Пинежский район, Архангельская область) мы пришли к заключению, что они принадлежат к роду *Pallasea* Bate (сем. Pallaseidae). С помощью светооптической и электронно-сканирующей микроскопии, было выяснено что, по-видимому, форма является новым для науки видом, хотя и явно тяготеющим к североевропейскому *Pallasea quadrispinosa* Sars, 1867. Последний населяет пресные озера Скандинавии, север Германии, Польши и России (Ладожское и Онежское озера), а также некоторые реки этого же региона наряду с солонатоводными участками прилегающих морей (Белое море, Ботнический и Финский заливы Балтийского моря), и север Сибири (Тахтеев, 2000). Новая форма *Pallasea* sp. отличается отсутствием латеральных выступов головы (Рис. 1) и дорзальных шипов на метасоме, вместо последних имеются слабовыраженные бугорки (Рис. 2).



Рис.1 SEM изображения *Pallasea* sp., голова (вид сбоку)



Рис.2 SEM изображения *Pallasea* sp, метасома (вид сбоку).

Подобные особенности морфологии, а также отсутствие пигментации тела и относительно слабое развитие пигментации глаз, по сравнению с эпигейной формой, вероятно, могут являться проявлением троглобионтности данного вида. Однако, ранее Тахтеев (2000) сообщал о находках европейских эпигейных популяций *P. quadrispinosa*, характеризующихся различной степенью развития кутикулярного вооружения (вплоть до его нивелирования), тем не менее однозначного вывода о видовой принадлежности этих форм автором сделано не было. Для подтверждения таксономического статуса и выяснения филогенетических взаимоотношений новой подземной формы с европейскими *P. quadrispinosa* и байкальскими *Pallasea* необходимо дальнейшее планомерное исследование, в том числе и выяснение биологии этого загадочного вида, населяющего уникальные карстовые пещеры севера России.

Поддержка: РФФИ 09-04-98544 (Сидоров Д.А.).

Литература

Тахтеев В.В. Очерки о бокоплавах озера Байкал. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 355 с.

Sars G.O. An account of the Crustacea of Norway. Vol. 1. Amphipoda. Christiania and Copenhagen, 1895. 711 pp.

FEATURES OF AIR CIRCULATION IN KULOGORSKIE CAVES

S.V.Sorokin, N.A. Franz

Tver State University

Speleoclub "Labirint", Arkhangelsk

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В КУЛОГОРСКИХ ПЕЩЕРАХ

С.В. Сорокин, Н.А. Франц

Тверской государственной университет

Архангельская спелеологическая ассоциация «Лабиринт»

The research suggest that, in Kulogorskaya cave system the upper entrances to the ventilation system are the turf-covered sinkholes having air permeability due to the presence of "corrosive rantklyuft" on the vertical walls of the wells. Larger, in comparison with natural "rantklyuft" cross-section of the artificial top-entry the Well causes the appearance of the local system of air circulation in which the Well in the winter plays the role of the lower entrance.

Общие сведения. Территориально Кулогорские пещеры располагаются в Пинежском районе Архангельской области России, на водоразделе рек Пинега и Кулой. Климат здесь достаточно суровый, с низкими температурами воздуха и высокой влажностью, количество осадков превышает испарение. Многолетняя среднегодовая температура составляет +0,2°C. Среднегодовое количество осадков – 560 мм. Самый холодный месяц – январь (средняя многолетняя температура –13°C). Самый теплый месяц – июль (средняя многолетняя температура +15,4°C).

Карстолиты Кулогорского спелеомассива представлены гипсами и доломитами кулогорской свиты сакмарского яруса нижней перми. Основной карстующейся породой является гипс, переслаивающийся доломитами и образующий однородные пласты мощностью от 0,2 до 7 м [2]. Типичным для Кулогорского уступа, в основании которого располагаются все естественные входы в карстовые полости, является разрез, в нижней части которого лежат гипсы (10-15 м) с прослоями доломитов малой мощности, перекрытые пачкой сильно трещиноватых карбонатов (доломиты и известняки)

мощностью до 3 м, в верхней части закарстованные до муки. Сверху карстолиты перекрываются рыхлыми четвертичными водно-ледниковыми отложениями, преимущественно, песчано-супесчаного состава мощностью 0,5 – 3,5 м. Средняя общая мощность перекрывающих отложений над пещерами составляет 20 м. Тектоническая трещиноватость спелеомассива обеспечивает его хорошую вертикальную проницаемость.

История исследований и методика. Первые микроклиматические наблюдения в Кулогорских пещерах проводились Ленинградскими спелеологами (ЛСС) в конце 60-х - начале 70-х годов прошлого века. [1]. В 70-е годы, достаточно регулярные термометрические наблюдения проводились Карстовым отрядом ПГО «Архангельскгеология». В 80-е годы эти работы были продолжены спелеологами Архангельской городской СС «Лабиринт». С 2005 года эти исследования систематически проводятся в экспедициях АСА «Лабиринт».

Методологически проводимые в прошлом климатические исследования Кулогорских пещер сводились, как правило, к термометрии воздуха и воды стандартными лабораторными ртутными термометрами с точностью измерений 0,1°C.

В настоящее время для измерений температуры нами используются терморезисторы КТУ83-110 [5], обладающие высокой точностью и линейностью.

Сезонная циркуляция воздуха. Для всех, без исключения, Кулогорских пещер характерна классическая сезонная циркуляция воздуха: зимой холодный наружный воздух проникает через входы, расположенные в нижней части Кулогорского уступа, внутрь пещер и движется вглубь массива; летом наблюдается обратная картина - более холодный и тяжелый пещерный воздух вытекает из тех же входов наружу.

Механизм сезонной циркуляции воздуха предполагает наличие у карстовой полости 2 разновысотных входов – верхнего и нижнего. Чаще всего горизонтальные пещеры имеют только нижний вход, а роль верхнего входа играют выходящие на поверхность массива вертикальные трещины разной степени раскрытости [3]. Однако в условиях задернованного карста практически все вертикальные трещины перекрываются толщей рыхлых отложений, исключаяющей их из системы воздушной циркуляции. Если рыхлые покровные отложения имеют небольшую мощность, то возможно существование проводящих воздух каналов, открывающихся в провальных воронках с выходами скальных пород.

Более чем 30-летние наблюдения позволяют нам утверждать, что на поверхности Кулогорского спелеомассива существует всего несколько (не более десятка) не задернованных провальных воронок с выходами скальных пород, но и в них зимой не наблюдается никаких признаков «пещерного дыхания». Тем не менее, все пещеры массива работают по схеме сезонной циркуляции воздуха.

Описанная выше ситуация – отсутствие возможности прямого газообмена через открытые трещины, не могла не породить вопроса о том, каким образом осуществляется вертикальная фильтрация воздуха сквозь всю 20-метровую перекрывающую толщу.

Вертикальная фильтрация воздуха. Ответа на этот вопрос у нас не было до лета 1990 года. Только тогда, в процессе горной проходки вертикального колодца с целью создания искусственного входа в дальнюю часть пещеры Троя, было сделано неожиданное открытие, которое позволило нам считать эту проблему решенной.

По ходу выемки рыхлого заполнителя, состоящего из неравномерно перемешанного грубообломочного карбонатного материала и рыхлых четвертичных отложений, выяснилось, что почти по всей внешней зоне контакта «столба» этих отложений с вертикальными гипсовыми стенками вмещающего их естественного колодца существует некое подобие «коррозионного рантклюфта»: между стенкой вертикального гипсового канала и его рыхлым заполнителем почти по всему периметру существует воздушный зазор, ширина которого колеблется в пределах 5-15 мм.

Такой «рантклюдфт» образует узкую щель вдоль вертикальных стен колодца простирающуюся от свода пещеры на высоту, примерно, 15 м. Выше стены колодца расходятся конусом, и рыхлый грунт, естественно, плотно ложится на гипс под действием гравитационных сил. От верхнего конца «рантклюдфта» до дна воронки остается не более 3-4 метров хорошо промытого нивальными водами песчано-супесчаного материала. А такая «пробка» уже вполне проницаема для воздуха при условии возникновения даже небольшого бароградиента между атмосферой и пещерным воздухом, находящимся в верхней части «рантклюдфта».

Колодец и циркуляция воздуха в Трое. После завершения строительства Колодца выяснилось, что, несмотря на высокое положение устья Колодца, в зимний период он работает как нижний вход: через него холодный наружный воздух стекает вниз и проникает в пещеру. Хотелось особо подчеркнуть, что в узком горизонтальном Лазе, соединяющем дно Колодца с пещерой, не наблюдается встречного потока теплого воздуха, холодный воздушный поток занимает все его сечение.

Подобную картину можно объяснить следующим образом: при понижении температуры наружного воздуха ниже температуры массива ($2,5^{\circ}\text{C}$) происходит замена теплого воздуха в объеме Колодца наружным. Таким образом, на дне Колодца (уровень пещеры) оказывается холодный воздух, возникает бароградиент, запускающий механизм втекания наружного воздуха внутрь полости. В то же время, температура воздуха, находящегося в узких вертикальных щелях—«рантклюдфтах» определяется температурой скального массива, поэтому этот воздух оказывается легче наружного (и находящегося в колодце) и вытесняется наверх.

В начале зимы Колодец отделён от нижнего входа закрытыми сифонами. Интересно, что когда в зимнюю межень Сифонный Участок осушается, режим независимой воздушной циркуляции сохраняется: весь зимний период и «естественный» вход К-13, и Колодец работают в режиме нижних входов (рис. 1). Это подтверждается как многочисленными непосредственными наблюдениями во входных узостях, так и фактом образования в пещере зон отрицательных температур и за входом К-13 и в Подколодезном зале.

Формирование двух независимых локальных систем зимней воздушной циркуляции в пещере Троя возможно только при выполнении одного условия: аэродинамическое сопротивление всего пути воздушного потока от нижнего входа К-13 до Колодца должно быть выше, чем таковое между нижним же входом и всеми аэродинамически активными воронками, лежащими на этом пути. Это может показаться невероятным в описываемых условиях, но, очевидно, имеет место.

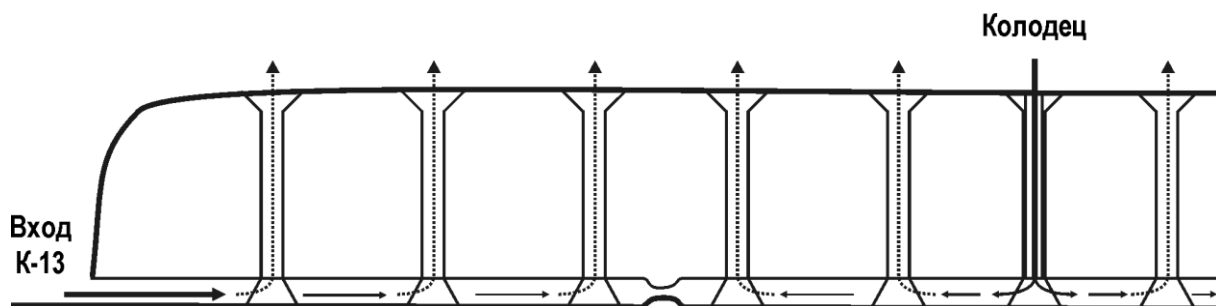


Рис. 1. Независимые системы воздушной циркуляции в пещере Троя в зимнее время.

Термометрия карстовых воронок. Небольшие расходы воздушных потоков и относительно большие объемы полостей не позволяют проводить непосредственные

измерения этих потоков в пещерах. Это заставляет искать косвенные доказательства наличия воздушной фильтрации через карстовые воронки. Тот факт, что участвующий в процессе вентиляции карстового массива воздух является теплоносителем, дал нам основания предположить существование положительных температурных аномалий в донных частях воронок, причем – как в летнее, так и в зимнее время.

Для получения подтверждения наличия таких температурных аномалий нами были проведены исследования разной продолжительности более чем в 20 воронках над пещерами Троя и Водная. В каждой из воронок закладывался поперечный «профиль» (через дно воронки) из 5-8 датчиков. Залитые парафином термисторы на всех точках наблюдения закапывались на глубину 0,3 м от поверхности, значения электрического сопротивления снимались с выведенных наружу проводов мультиметром. Частота измерений: 2-3 раза в сезон (зимний и летний, иногда – осенний).

Термометрический мониторинг карстовых воронок над пещерой Троя (2005-2009 гг.) показал наличие температурных аномалий в донных точках некоторых воронок, как в летнее, так и в зимнее время. Результаты некоторых измерений представлены на рисунке 2. Температура воздуха во время измерений составляла 16.08.2006 +14°C, 25.02.2007 – 15°C. Характерным признаком «живой» воронки, фильтрующей летом теплый наружный воздух сверху вниз, может служить более высокая, относительно соседней воронки, температура дна при более низком его залегании, что можно видеть на примере воронки №7. В зимнее время картина менее выраженная – вероятно ввиду гораздо более низкого градиента между температурой поступающего снизу пещерного воздуха (+2,5) и температурой грунта под слоем снега (от -0,1 до -3,1°C). Тем не менее, на примере воронок №№ 4 и 5 можно увидеть, что донные части воронок (и даже участок склона), причем - независимо от глубины их залегания, имеют аномально высокие температуры, что, на наш взгляд, свидетельствует о подогреве этих участков воздушно-тепловым потоком, идущим снизу, из пещеры. Примеры воронки № 3 показывают, что зимний прогрев дна воронки не зависит от ее плановых размеров и глубины.

Еще одним косвенным доказательством фильтрации пещерного воздуха сквозь рыхлые минеральные отложения и снег на дне карстовых воронок является также корреляция интенсивности зимней капли (конденсат) с ходом метеоэлементов на поверхности, отмеченная одним из авторов в пещере Водная зимой 1980 года [4].

Выводы. Результаты исследований позволяют утверждать, что в Кулогорских пещерах роль верхнего входа в системе вентиляции пещеры играют задернованные воронки, обладающие воздушной проницаемостью за счёт наличия «коррозионных рантклюдтов» вдоль вертикальных стен заполненных рыхлыми отложениями колодцев. Больше, по сравнению с естественными «рантклюдтами», сечение искусственного верхнего входа-колодца обуславливает возникновение локальной системы воздушной циркуляции, в которой Колодец в зимних условиях играет роль нижнего входа. Пример существования двух независимых систем воздушной циркуляции в пещере Троя позволяет представить механизмы вентилирования «слепых» (не имеющих открытых входов) карстовых полостей, расположенных в глубине спелеомассива, исключительно через воронки над ними. Необходимое базовое условие – разновысотное залегание двух соседних «живых» воронок.

Литература

1. Голод В.М., Голод М.П. Микроклимат гипсовых пещер Пинежья. Сборник «Пещеры Пинежного-Северодвинского карстового массива», Л., 1974.
2. Малков В.Н., Гуркало Е.И., Монахова Л.Б., Шаврина Е.В. и др. Карст и пещеры Пинежья. М. 2001, с. 10, 27, 93.

3. Мавлюдов Б.Р. Оледенение пещер. М.: Институт географии РАН, 2008, с. 44.
4. Малков В.Н., Франц Н.А.. К вопросу о зимней конденсации. В сборнике «Аккумуляция зимнего холода в горных породах и его использование в народном хозяйстве». Пермь, 1981, с. 97-99.
5. http://www.nxp.com/documents/data_sheet/KTY83_SER.pdf

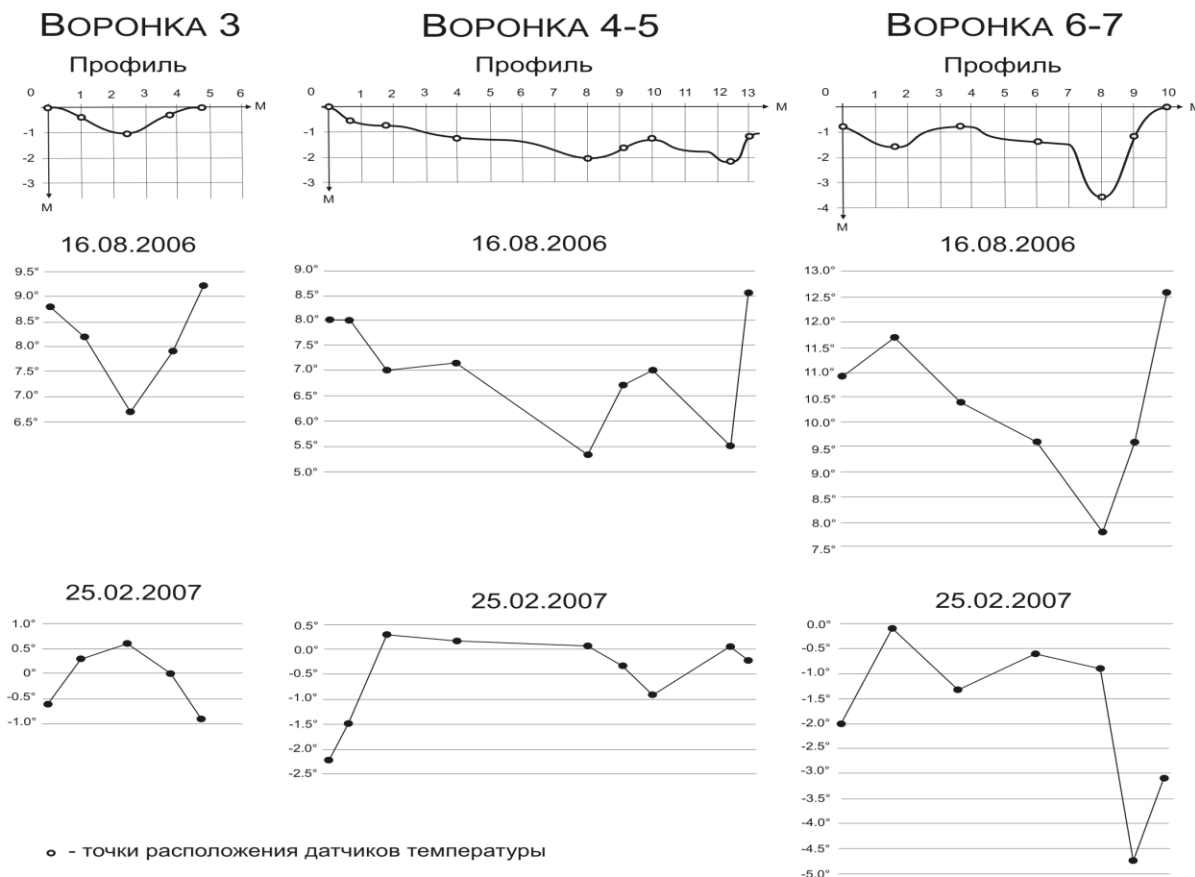


Рис.2. Поперечные сечения, летние и зимние температуры грунта в воронках 3-7.

SURFACE DISSOLUTION AND WEATHERING OF GYPSUM IN A COLD HUMID CLIMATE AND THEIR INFLUENCE ON SOIL FORMATION

I.A. Spiridonova, S.V. Goryachkin

Institute of geography RAS, Moscow

ДЕНУДАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ВЫВЕТРИВАНИЕ ГИПСА В ХОЛОДНОМ ГУМИДНОМ КЛИМАТЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ.

И.А. Спиридонова, С.В. Горячкин

Институт географии РАН, Москва

This paper entitled "Surface dissolution and weathering of gypsum in a cold humid climate and their influence on soil formation" by I.A. Spiridonova and S.V. Goryachkin, describes results from a unique long-term field experiment on surface dissolution of gypsum rocks within a karst landscape in the Pinega Region, NW Russia. The experimentally determined

dissolution rates (8 g/kg/year and 0.02 g/cm² /year) are 3 times lower than the rates of gypsum dissolution observed within a river flow system and underground gypsum denudation by karst waters. We also conclude that the rate of cryogenic disintegration of gypsum is greater than the rate of gypsum dissolution, thereby resulting in the formation of powdery-gravelly gypsum soil horizon at a rate of more than 1 cm per 100 years. This disintegration is hindered by the moss layer and litter development which acts to slow down the rate of temperature change.

Введение

Целью данной работы было выявить ранее неизвестные скорости поверхностной денудации и криогенного выветривания гипса и охарактеризовать специфический механизм формирования почв на плотных гипсах в условиях холодного гумидного климата в Пинежском регионе.

Исходя из предположения, что высокая растворимость гипса (2,4 г/л) приводит к его быстрой денудации в гумидном климате данного региона, нами был заложен многолетний полевой эксперимент по растворению гипсовых глыб в естественном гипсово-карстовом ландшафте в окрестностях кордона Голубино. Глыбы гипсов соткинской свиты были отобраны из обвала коренного берега р. Пинега и размещены в прибортовой зоне Голубинского лога, при этом на четыре глыбы был уложен моховой покров, а пять глыб было оставлено с открытой поверхностью.

В данной работе приведены результаты этого эксперимента за период 12 лет наблюдений. Привлечены также ранее полученные данные двухлетнего опыта по растворению 10-ти гипсовых таблеток в профилях почв. Экспериментально определенная скорость внутрпочвенного растворения гипсов соотнесена с существующими данными по скоростям растворения гипсов в речных и подземных карстовых водах Пинежского региона.

Скорость криогенной дезинтеграции плотных гипсов была оценена путем сравнения выявленной скорости поверхностной денудации со средней мощностью мучнисто-щебнистого гипсового горизонта почв, вычисленной по результатам измерений в гипсово-карстовом ландшафте Чугского заказника.

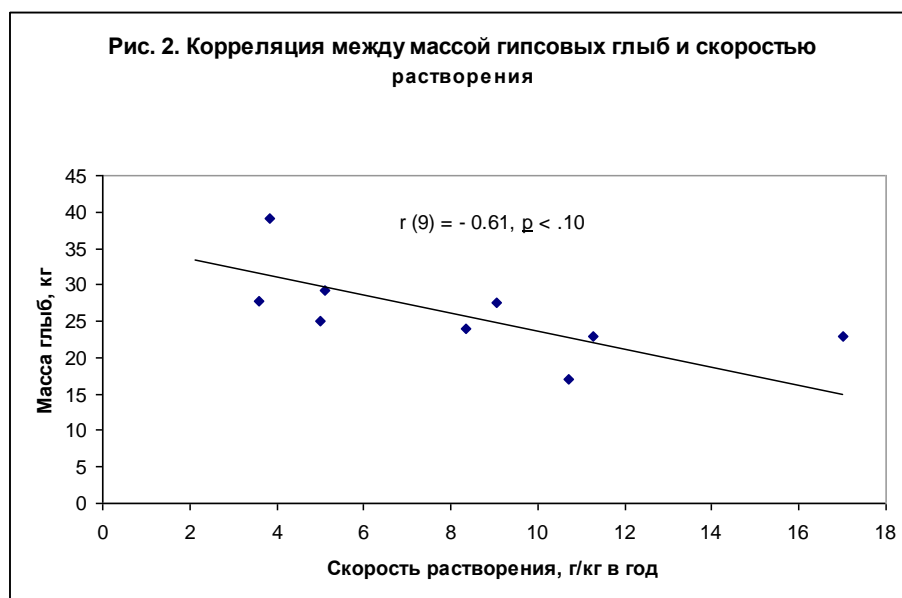
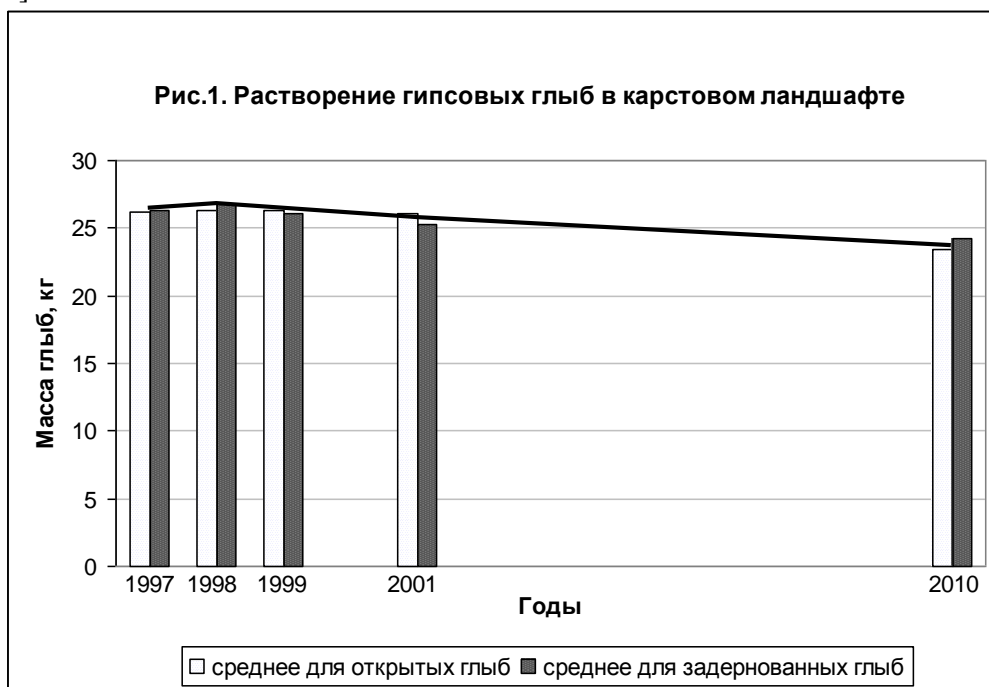
Результаты и обсуждения

Глыбы с изначально присутствовавшим моховым покровом и глыбы с открытой поверхностью не проявили значимых различий в динамике растворения (рис.1), что не вызывает удивления в виду быстрого зарастания открытых глыб мхом. К последнему году измерений все экспериментальные глыбы приобрели одинаково «задернованный» облик, увеличилась густота трещинной сети гипса. Под моховым покровом образовался тонкий слой (1-2 мм) перегноя и гипсовой муки, т.е., микропрофиль почвы. Следовательно, полученные данные можно интерпретировать как специфические скорости растворения гипсов в почвах, в отличие от карстовой денудации гипсов в пещерах или их растворения в речном потоке.

Необходимо отметить, что в первые годы эксперимента наблюдалось возрастание массы в среднем на 1%, что можно объяснить гидратацией остаточной примеси ангидрита, присутствовавшей в гипсе. Этот процесс конкурирует с растворением, вероятно, и в последующие годы.

Скорости растворения индивидуальных глыб зависят от их размера (рис.2). Среднегодовая скорость растворения составила 8 г/кг для усредненного веса глыбы 26 кг. Экстраполяция этой величины приводит к полному растворению глыб через 130 лет. В реальности это произойдет, вероятно, быстрее, так как скорость процесса неминуемо возрастает с ростом трещинноватости, и можно лишь утверждать, что полное растворение займет, по-видимому, многие десятки лет. Для сравнения, размыв глыб аналогичного

размера в русле реки в районе исследований происходит всего за 10-15 лет [Шаврина, Малков, 2008].



В связи с вышеупомянутой трещиноватостью экспериментальных гипсовых глыб, невозможно напрямую рассчитать их общую поверхность растворения. Однако можно сделать ее косвенную оценку посредством привлечения данных по растворению десяти гипсовых таблеток, выпиленных из монолитного блока гипса и имевших известную массу и площадь поверхности. Эти таблетки были заложены под моховой покров в верхний мучнисто-древянистый горизонт почвы на плотных гипсах. Средняя скорость растворения таблеток со средней массой 40 г составила 20 г/кг или 0.02 г/см² в год [Спиридонова, 2007]. Более высокая скорость потери массы таблеток по сравнению с глыбами объясняется тенденцией увеличения скорости растворения с уменьшением массы, и с учетом дополнительных факторов (напр., поверхность распила растворяется быстрее, чем поверхность естественного скола), может вписаться в выявленную взаимосвязь размера и скорости (рис. 2). Сопоставление среднегодовой скорости

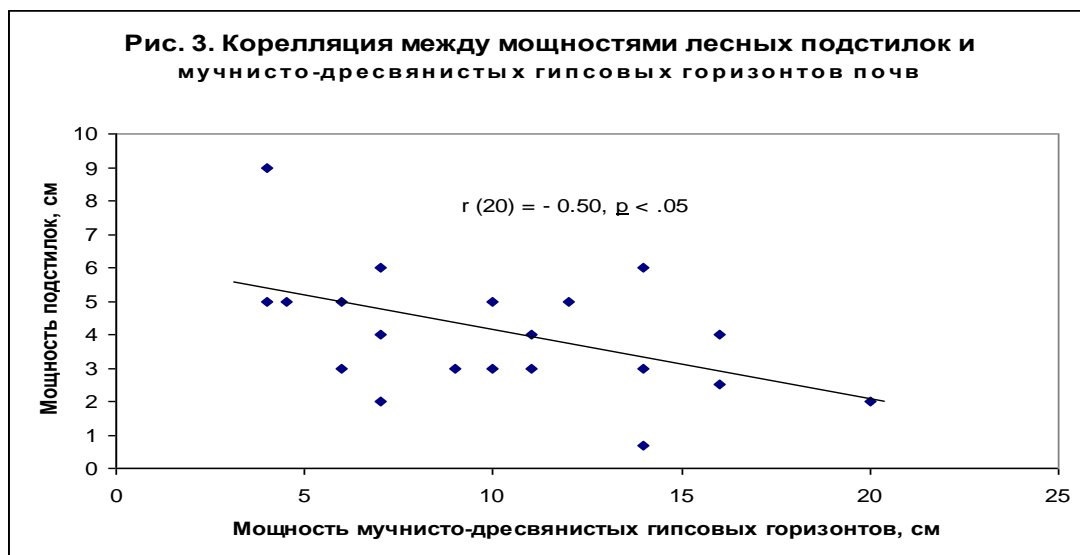
растворения таблеток (0.02 г/см^2) с усредненной площадью верхней грани экспериментальных глыб (1062 см^2) показывает, что последняя обеспечивает лишь десятую долю растворения и что реальная площадь поверхности растворения глыб обеспечена в основном за счет трещинной сети.

Среднегодовая скорость растворения - 0.02 г гипса на см^2 поверхности - позволяет также вычислить, что на вынос гипса из верхних горизонтов почв затрачивается всего 13% от среднегодового количества осадков (65 см), т.е., в этих горизонтах проходящие через них атмосферные воды не насыщаются по гипсу, даже с учетом эвапотранспирации, которая в Пинеге менее 50% и в летнем водном балансе.

Скорость внутрипочвенного растворения гипса в среднем втрое ниже, чем скорость его денудации подземными водами в пещерах [Шаврина, 2002].

Развитие трещиноватости как в гипсовых глыбах, так и в гипсовых горизонтах почв обусловлено сезонным промерзанием поверхности в карстовых ландшафтах Пинежского региона. В почвах формирование мучнисто-дресвянистого гипсового горизонта, в котором укореняется растительность, подразумевает накопление продуктов криогенной дезинтеграции при относительно меньшей скорости их растворения.

По данным замеров почвенных горизонтов в 20 профилях на сходных элементах рельефа в гипсово-карстовом ландшафте Чугского заказника установлено, что мощность мучнисто-дресвянистого гипсового горизонта взаимосвязана с толщиной лесной подстилки и в среднем составляет 10 см (рис. 3). Лесная подстилка сглаживает температурные скачки во время промерзания-оттаивания почв и тем самым ослабляет криогенное дробление. Другими факторами, влияющими на мощность мучнисто-дресвянистого горизонта являются геологически-обусловленная трещиноватость гипсовых пород, а также эпизодическая эрозия, связанная с ливнями, пожарами, вытаптыванием почв и пр.



В целом, само существование мучнисто-дресвянистого горизонта почв говорит о том, что скорость криогенной дезинтеграции значительно превосходит скорость растворения гипса. На основе этого было предложено называть такие горизонты "дезинтеграционно-метаморфическими" [Горячкин и др., 2007].

Определив скорость растворения (0.02 г/см^2 в год) и удельную плотность гипса (2.2 г/см^3) можно рассчитать, что усадка гипса в почве за счет растворения составляет 9 мм в 100 лет. Для обеспечения стабильной мощности почвенного профиля

криогенная дезинтеграция должна производить мучнисто-щебнистый горизонт со скоростью выше 1 см в 100 лет. Таким образом, почвы на плотных гипсах (сульфорендзины) существуют в условиях динамического равновесия быстрых процессов поверхностной карстовой денудации и криогенного выветривания гипса.

Изучение почв на плотных гипсах интересно для понимания развития не только поверхностного карста, но и уникальных охраняемых растительных сообществ гипсово-карстовых ландшафтов. Эти почвы также уникальны в плане их генезиса и физико-химических характеристик [Горячкин и др., 2003; Спиридонова, 2007], однако до сих пор мало известны как российской, так и международной научной общественности.

Выводы.

1. Выявлена скорость внутрипочвенной денудации гипса: 8 г/кг в год, 0.02 г/см² в год или 9 мм в 100 лет. Полученные значения втрое ниже, чем скорость подземной карстовой денудации гипса, и на порядок ниже, чем скорость размыва гипса в русле реки.

2. Криогенная дезинтеграция плотного гипса обгоняет процесс его растворения и производит мучнисто-дресвянистый гипсовый горизонт почв со скоростью более 1 см в 100 лет.

Литература

Горячкин С.В., Спиридонова И.А., Конюшков Д.Е. Дезинтеграционно-метаморфические горизонты и признаки в почвах на плотных карбонатных и гипсовых породах в различных условиях криогенеза // Международная конференция «Криогенные ресурсы полярных регионов». Салехард, июнь 2007. Материалы, том II. с. 67-70.

Горячкин С.В., Спиридонова И.А., Седов С.Н., Таргульян В.О.. Северотаежные почвы на плотных гипсах: морфология, свойства, генезис. Почвоведение, № 7, 2003, стр. 773-785.

Спиридонова И.А. Почвообразование и выветривание на плотных гипсах в бореальной зоне: пространственно-временные закономерности. Автореферат к.г.н., Москва, 2007, 28 стр.

Шаврина Е.В. Карст юго-востока Беломорско-Кулойского плато, его охрана и рациональное использование. Автореферат к.г.-м.н. Пермь, 2002, 22 стр.

Шаврина Е.В., Малков В.Н. Мониторинг карста и экзогенных геологических процессов. В сб. "Компоненты экосистем и биоразнообразии карстовых территорий Европейского Севера России", 2008, стр. 64-74.

KARST PHENOMENA OF NATURAL PARK "LENA PILLARS"

E.V. Trofimova

Institute of geography, Moscow, Russia

КАРСТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ»

Е.В. Трофимова

Институт географии РАН, Москва

Эти Ленские Столбы,
Гордые и стройные,
Морщат каменные лбы
Над рекой раздольною...
И направлю стопы
В небо над Вселенною,
И влечу я на Столбы
Над бескрайней Леною.

Природный парк «Ленские Столбы» (ПП Ленские Столбы) расположен в среднем течении р. Лена, географические координаты: 60° 06' 30" - 61° 17' 13" ш.д. и 124° 59' 33" - 128° 53' 00" в.д. Карстующиеся породы в пределах парка представлены известняками и доломитами нижнего кембрия мощностью до 400-500 м, перекрытых криогенно-эоловыми отложениями в придолинной полосе Приленского плато, а также по водоразделам Лены, Буотамы и Синей. Особенностью территории является сплошное развитие многолетнемерзлых пород мощностью до 500 м.

На территории ПП Ленские столбы получили распространение три репрезентативных морфолого-генетических типа карста: голый, покрытый и задернованный. Здесь наблюдаются следующие классические проявления карста. Среди поверхностных форм выделим многочисленные овалы, почти округлой формы, *карстовые воронки*, преимущественно конусообразные, реже асимметричные, и блюдцеобразные. В днищах воронок зачастую отмечаются открытые трещинные поноры.

Слияние карстовых воронок, расположенных вдоль основных систем тектонической трещиноватости горных пород (диагональной, реже, ортогональной), широко представленным на территории парка, предопределило формирование карстово-эрозионных долин с временным стоком – *суходолов*: их длина здесь достигает более 10 км: так, для р. Куюда протяженность суходола составляет 21 км, для руч. Арга-Кынат – 15 км, для руч. Тигилян – 10,5 км и т.д.

Слияние нескольких соседних карстовых воронок в условиях заполнения карстовых пустот песчано-глинистыми отложениями привело к образованию *карстовых озер*. Наиболее крупные озера расположены на водоразделах Лены, Буотамы, Амги и Синей, занимая карстовые депрессии до нескольких километров в диаметре.

Исчезающие реки и ручьи

– характерная особенность гидрографической сети рассматриваемого региона. За исключением крупных рек – Буотамы и Синей, все карстовые реки (рис. 1) и ручьи природного парка имеют прерывистый водоток либо в верхнем, либо в среднем или нижнем течении (р. Марбадай, руч. Нуча-Уряге, руч. Арга-Кынат и др.), причем в руслах фиксируются провалы в виде воронок, щелей, иногда с понорами.

Карстовые источники

представлены двумя типами: пластовые слабонапорные, с водами гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава (с минерализацией 200-400 мг/л), связанные с над- и межмерзлотными горизонтами и приуроченные к таликам у основания склонов, и напорные источники сульфатного и натриевого состава (с минерализацией до 2000 мг/л) относящиеся к глубоким меж- и подмерзлотным водоносным горизонтам, разгружающиеся в днища рек и ручьев, где мерзлота незначительна либо прерывистая.

В условиях голого карста на водоразделах Лены и Буотамы наблюдаются специфические формы карстового рельефа – *карры*, местами встречаются небольшие бассейны растворения – *каменицы*.



Рис. 1 Исчезновение р. Лабья



Рис. 2 Ленские Столбы

Своеобразной формой подземного (глубинного) карста, вскрытого р. Лена при эпизодическом врезании в Приленское плато, являются знаменитые Ленские Столбы, протянувшиеся вдоль берегов рек как в виде отдельных *останцов*, так и в виде зубчатых стен (рис. 2). Высота столбов достигает 200-250 м. Карстовому процессу подвергалась каждая небольшая трещина в карбонатном массиве, что привело, с одной стороны, к ее непрерывному расширению и отчленению очередного блока от основного массива горных пород, а с другой – к образованию многочисленных *ниш, щелей, навесов, естественных арок*, а также небольших *пещер* (каналов) и *коридоров*. Размеры ниш, щелей и навесов незначительны: до 1-2 м в ширину и до 3-4 м в глубину. Протяженность пещер не превышает 20-30 м.

В верхних частях склонов долин р. Лена, Буотама и Синяя широкое распространение получили многочисленные щелевидные полости (коридоры), заложенные вдоль трещин бортового отпора. Их размеры достигают в длину 50-100 м при ширине 0,5-2,0 м. Органные трубы, шахты, провалы в верхних частях долин этих рек являются несомненным свидетельством активности современного карстогенеза на территории ПП Ленские Столбы, интенсивностью которого здесь оценивается в 10,3 мм / 1000 лет.

Natural Park “Lena Pillars” is situated in the latitudinal part of the valley of great Siberian River Lena. Orographically region explored belongs to Prilenskoe Plateau raised at 300-600 m above sea level. Climate of the territory is Sub-arctic extreme continental and dry: average annual temperature of the air is $-9,8^{\circ}\text{C}$ at the annual temperature amplitude to 98°C . Average annual precipitations doesn't exceed 249 mm. There is the area of continuous permafrost up to 300 -400 m thickness. Lower Cambrian limestones and dolomites with a thickness 400-500 m outcrop represent karst rocks.

In spite of the insignificant quantity of the precipitations falling on the territory of NP Lena Pillars, karst processes are widespread here. The main reason is the role of the permafrost in relation to the water, which is the principal factor of the karstification. On the one hand, in spring and summer periods the evaporative capacity practically is equal to zero in consequence of the low temperatures of the soil in conditions of permafrost. Moreover, in warm part of the year the chilled surface condenses actively the water from the air because of the considerable difference of the temperatures between the air and the soil. On the other hand, the quickly filtration of the precipitations into karst massifs is blocked by permafrost. That is the reason of the accumulation of the water, causing the karst processes, is realized on the surface. Therefore the development of karst relief in the regions with permafrost is in need of in some times less of the precipitations as compared with the ones where the permafrost is absent (Parmuzin, 1954; Trofimova, 2007). Additionally, the infiltration of the summer precipitations along the deep fissures of carbonate rocks, as well as the considerable snow accumulation, causing the warming impact on the cryolithozone, have done much to support the activity of karst process on the territory of NP Lena Pillars. More than that, the factor of carbonate reaction plays a significant role in the development of the processes considered: the displacement of the temperature maximum lower the foot of the seasonal thawing up layer, favoring the formation of intra-permafrost taliks, are the features of the regions with the carbonate karstifying rocks. In closing, the solubility of CO_2 in the water decreases with the increase of temperature: so, if the atmospheric pCO_2 is equal 0,0025, the solubility of CO_2 in the water at the temperature 0°C is 8,4 mg/l, at the temperature 10°C – 5,85 mg/l, at 20°C – 4,28 mg/l and at 25°C only 3,73 mg/l (Jakucs, 1979). Thus, cold waters of permafrost's regions, saturated by CO_2 , are characterized by the considerable aggressivity in respect to karstifying rocks.



Classic superficial and underground karst of Natural Park “Lena Pillars” is represented by karst sinkholes, ponors, dry channels, disappearances of the rivers, karren, karst pillars, etc.

As for Lena Pillars directly. Lena Pillars, as the form of karst relief, were formed episodically in relation with the incision of the valley of Lena into Prilenskoe Plateau. Generally, the age of Lena Pillars is estimated to 400 000 years (Tolstikhin, Spector, 2004).

On-going development of Lena Pillars is controlled considerably by the following geomorphological processes: frosty and cryohydratational weathering, which are the dominant in the modeling of limestone pillar relief, gravitational-slope, karst and fluvial processes. Karst is related with the unloading clefts, where the chains of sinkholes are revealed exactly at its bottom. Frequently, these sinkholes have the open ponors, being the doubtless confirmation of the recent karst process.

Type of karst, developing in cold dry climate in conditions of permafrost, has the specific scientific name, fixed in “Terminology of the karst” (1991): frozen ground karst. Karst of Natural Park “Lena Pillars” is the obvious example of such type of the karst, having the outstanding universal value for the world karstology.

THE INFLUENCE OF GYPSUM KARST ON GEOCHEMISTRY OF NORTHERN BOREAL LANDSCAPES

Т.Ю. Туюкина

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

ГЕОХИМИЯ СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ ГИПСОВОГО КАРСТА

Т.Ю. Туюкина

Институт географии РАН, г. Москва

Studies in the subzone of northern taiga of European territory of Russia, in the middle flow of r. Pinega, on its right bank (district of Pinezhsky reserve) and on the left bank show up

that the territories affected by gypsum karst, in dependence of area of distribution of Quaternary cover on top of gypsum rocks, can be divided into areas of open, covered and mantled karst.

Areas of karst development of these 3 types are associated with landscapes that differ in composition of natural components and features of their geochemistry, both among themselves and from the moraine landscapes.

In landscapes of **opened gypsum karst** Quaternary sediments have low thickness (up to 0,5 meters) and encountered fragmentary, overlapping not more than 50% of the surface. The thickness of the Quaternary deposits in **landscapes of covered gypsum karst** is up to 5 meters, and outcrops of gypsum are fragmentary. In **mantled karst landscapes** the impact of this process occurs only in the formation of subsiding landforms and in the influence on the composition of groundwater, Pre-Quaternary rocks are not encountered here as parent.

In **landscapes of opened karst** the maximum density of karst landforms occurs: from 100 to 1500 forms and more per km². Karst landforms are funnel-shaped, tubular, crack deepening, shared with jumpers and residual hills. Soil, formed on hard gypsum, which had previously been given the name "sulforendzina" (S.V. Goryachkin, 1993), predominate in the soil cover. Birch and pine forests are grow in landscapes of this type, but their growing weight of above-ground wood is 8-10 times less than in the typical zonal taiga communities. Tops and slopes of residual hills are characterized by atypical grass-lichen ground cover.

Oligotrophization of plant communities is associated with extreme geochemical poverty of parent rocks in the majority of elements of plants mineral nutrition: gypsum as evaporite at 98-99% consists of $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. As for most soils of the taiga zone, formed on silicate rocks, acid and strongly acid pH in the forest litter horizon is typical for sulforendzinas. Reaction of mineral horizons of sulforendzinas range from acid (in the upper horizon) to weakly acid in the lower part of the profile, it is slightly higher than in soils on silicate rocks. Such pH values occur due to the fact that CaSO_4 is a salt of strong acid H_2SO_4 and somewhat weaker base $\text{Ca}(\text{OH})_2$, and consequently, the hydrolysis of CaSO_4 gives a slightly acid reaction. Humus content in the mineral horizons of sulforendzinas is less than 1.5%, lower than in the podzolic soils (Albeluvisols according WRB) of the moraine landscape.

Concentrations of chemical elements in the thin loamy horizons of soddy soils (Leptic Regosol) and humus-peaty soils (Histi-Leptic Regosol) of opened karst landscapes are generally within the same mathematical order as in the loamy horizons of podzolic soils in the moraine landscapes of the region of research. In this case, the underlying gypsum is the source of the important biophilic elements: calcium and sulfur. Therefore, although the thickness of the soil profile on the residual undenudated silica-silicate deposits is low, these soils are much more favorable for plant growth in comparison with sulforendzinas. This is the reason for the relatively high carbon content of humus in the topsoil and mineral horizons of soddy and humus-peaty soils (up to 7.5 and 18.9% respectively).

In the landscapes of opened karst peat soils (Histosols) of karst depressions enriched by ash elements and have higher nitrogen content unlike peat soils (Histosols) of moraine landscapes. In addition to enrichment by Ca, S and Sr, in karst peat bogs the contents of K, Si, Al, Fe, Cu, Br are also increased, ash content increased by 4-8 times (depending on the horizon of peat). Obviously, the chemical elements entering into the swamp with surface and groundwater in the sulfate form, lose their mobility in a reducing medium due to the transition to sulfides and sorption by peat deposits. In addition, the swamps in karst depressions accumulate loamy silt, demolished from the surrounding territory in the form of mineral dusts and suspensions.

Natural waters of opened karst landscapes characterized by calcium sulfate composition and high mineralization - 1.3-1.7 grams per liter. All surface and underground waters (of cave streams) in comparison with surface and groundwaters of moraine landscapes are also much less acid (have a pH from neutral in oxidation zone to slightly alkaline in conditions of low Eh) and

are characterized by high contents of S, Ca and Sr. Along with this, karst waters have decreased contents of Fe, Mn, Al and Cl in comparison with waters of moraine landscapes. Nevertheless, despite the sharp differences in the composition of parent rocks of gypsum karst landscapes and moraine landscapes, thanks to the high solubility of sulfates the contents of some elements (Mg, Na, Cu, Zn, Rb, Pb, Ni) in the karst and "moraine" natural waters are within one order; the differences between the contents of studied elements in waters are less than the differences in composition of soil-forming substrates of two landscapes (gypsum and moraine loams).

Marsh plant communities in karst depressions developing in conditions of more balanced mineral nutrition than communities on residual gypsum hills are more rich in quantities of species in the grass-shrub layer, which include many Ca-phyllous plants (legumes, orchids).

In marshy lakes of opened gypsum karst landscapes in the water-saturated muds an intense sulfate reduction occurs, accompanied by precipitation of CaCO_3 from a solution in the bottom of the anoxic zones of lakes. (Bacterial sulfate reduction of calcium leads to the removal of sulfur from the solution or in gaseous form (H_2S), either in the form of insoluble sulfides. As a byproduct of sulfate reduction a bicarbonate-ion appear, which is being associated with remaining in solution ion of calcium, precipitates in the form of CaCO_3 (Rattan Lal et al., 2002).

Typical taiga species in karst woodlands, usually have an increased ash content and in increased amounts accumulate Ca and Sr. In some habitats an increased concentrations of elements from the group: S, Zn, K, Rb, Al, Mg, Mn, Fe - are also found in plant tissues, which is obviously due to the high availability of these elements to plants in the form of sulfates. A group of elements, which contents are decreased in all habitats of landscapes of opened karst, include the chemical elements dispersed in the gypsum substrate: Mn, Si, Fe, Al, Mg, K, Zn, Cl, Rb, Ni.

In landscapes of covered karst the development of karst denudation leads to inclusion of carbonate-containing moraines (lying deeper than 100 cm in moraine landscapes) and gypsum in the root layer. Podzolic soils (Albeluvisols) are situated on the tops of karst elevations in such landscapes, grey-humus soils (Hypercalcaric Leptic Regosols) are appear in conditions of shallow underlying of carbonate and gypsum rocks. At the same time, stratificated podzolized residually calcareous soils (Leptic Regosols) form the main background on the slopes and bottoms of sinkholes with less than 5 meters depth. Areal of sulforendzinas are fragmentary (take areas of m^2).

The close occurrence of carbonate-containing horizons with a neutral and slightly alkaline reaction is reflected by increasing of pH of organic soil horizons in comparison with litters of podzolic soils in moraine landscapes. In addition, although in all horizons of loamy soils of two landscapes the levels of other oxides are similar, the contents of CaO and MgO are increased on covered karst, with the exception of horizons ElB in Leptic Regosols on slopes and bottoms of sinkholes, which (according analytical data) podzolized stronger than automorphic podzolic soils on tops of karst hills due to intense attack of surface runoff. Along with this, levels of strontium in the mineral horizons, with the exception of carbonate-containing and gypsum horizons, are not larger than those typical for podzolic soils. In landscapes of covered karst high concentrations of calcium (up to 4.54%) are characteristic of litters, and litters have high ash content (6,5-23%), which is also a common feature for the opened karst landscape soils. In Hypercalcaric Leptic Regosols an additional biogeochemical and sorption barrier of accumulation take place (horizon AY), where the concentrations of Ca, Mg, K, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb and Y are higher than typical for soils of moraine landscapes (in the opened karst landscapes the similar organic horizons accumulate only Ca, Fe and P).

As in the opened karst landscapes, on covered karst an upward trend of the ash content in plant organs of typical taiga representatives of forest stand, shrub layer and green mosses observed, but a group of elements with increased accumulation on covered karst is usually wider. In more than half samples it consists of Ca, Mg, K, P, Si and Sr (Strontium accumulation is less pronounced than in the opened karst landscapes). Thanks to biogenic homogenization of the

nutrients distribution in litters within the ecosystem, plants, that settle in the small areals of sulforendzinas and whose root systems predominantly assimilate organic soil horizons, concentrate mineral elements on nearly the same levels with the same species on loamy soils, adjacent to soils on gypsum in the soil cover.

The presence of additional sources of biophilic elements calcium and sulfur in covered karst landscapes leads to improved forest stand quality class, growth in number of species in the soil cover and presence of Ca-phyllous plant species, atypical for the moraine landscape (juniper, rose, monkshood).

Mineralization and ionic composition of cave streams waters in covered karst landscapes and cave waters in opened karst landscapes are close due to homogeneous composition of karstifying stratum of sulfate rocks.

In landscapes of mantled karst, as in conditions of opened karst, in lakes with sulphate mineralization the accumulation of lime sediments as a result of sulfate reduction is taking place from the early Holocene (according to radiocarbon dating). Due to the formation of lime deposits (with thickness up to 35 cm) and retreat of the lake borders, a specific soil catenas with peaty-dark humus residually carbonate soils (Histic Calcaric Regosols) on slopes and peaty residually carbonate soils (Hyper calcaric Histic Regosols) on swampy lake terraces formed within a radius of several tens of meters from the coastline.

High forest stand quality class and abundance of grass are typical on peaty-dark humus residually carbonate soils (Histic Calcaric Regosols). On peaty residually carbonate soils (Hyper calcaric Histic Regosols) on swampy lake terraces, where the thickness of lime sediments is maximal, there are atypical for northern part of forest belt carex-grass-spirea communities with oppressed spruce trees in the stand.

Lime sediments consist mainly of CaCO_3 , the total content of oxides-admixtures amounts to 13-17%. Low level of MgO together with high concentrations of SO_3 (4,08-5,29%) and especially Sr (up to 1233 mg/kg) indicate a genetic relationship between the lacustrine lime sediments and gypsum.

Due to the presence of calcium carbonate layer in the profile of soils formed on lime sediments the pH-reaction in all mineral soil horizons is within an alkaline part of scale.

The soils of mantled karst landscapes formed on lime sediments, as soils of gypsum karst landscapes of other types, creating more favorable conditions for humus formation, than in soils of typical moraine landscape: the humus content reaches 9.14%.

One more common difference is the high ash content of organic horizons, due to a large extent the increased accumulation of calcium. As peatlands of opened karst landscapes, lacustrine peat bogs on lime sediments characterized by increased accumulation of Ca, S, Sr, Br and Cu, which complemented by accumulation of elements that are not characteristic for peatlands on opened karst - P, Mn, Zn and Ni (for the last 3 elements and copper, apparently, carbonate barrier of deposition is acting, the high accumulation of Br and P caused phytogenic, and Ca, S, Sr - lithogenic factor).

An increasing of ash content in plant organs, typical for karst landscapes of different types, in ecosystems on lacustrine lime sediments usually occurs due to accumulation of elements-indicators of karst gypsum - calcium and strontium, and also zinc, and bromine. Simultaneously, the role of calcium carbonate substrate in at least half of the cases seen in deconcentration of Cl, Mn, Fe, Rb and, in some cases, Ni and Cu.

Conclusions

1. Gypsum karst landscapes essentially differ by geochemistry of soils, waters and vegetation from moraine landscapes, which predominate in the zone of boreal forests.

2. Geochemistry of gypsum karst landscapes of different types (opened, covered and mantled) is significantly differs.

3. Gypsum karst landscapes of different types belong to different classes of geochemical landscapes according to classification of geochemical landscapes by A.I. Perelman. Sharp geochemical specifics of opened karst landscapes demands an inclusion to Perelman's classification an additional Gypsum (acidly-calcium sulfate) class of geochemical landscapes in boreal zone.

References

Goryachkin S.V. (1993) Genesis and evolution of soil cover of strata-denudation and karst plains (Northern taiga of European part of Russia): Thesis of candidate dissertation, Moscow. {In Russian}

World Reference Base for Soil Resources (1998) FAO, ISRIC and ISSS, Rome.

Rattan Lal (ed.) (2002) Encyclopedia of Soil Science, Marcel Dekker, Inc.

Perelman A.I. (1966) Geochemistry of landscape, Moscow. {In Russian}

Исследования, проведённые в подзоне северной тайги ЕТР, в среднем течении р. Пинеги, на её правобережье (район Пинежского заповедника) и на левобережье свидетельствуют, что территории, подверженные гипсовому карсту, по мощности и площади распространения четвертичного чехла на кровле гипсов можно разделить на районы развития открытого, покрытого и перекрытого карста. С районами развития карста этих 3-х типов связаны ландшафты, отличающиеся по составу природных компонентов и особенностям их геохимии как между собой, так и от преобладающих в регионе моренных ландшафтов.

В ландшафтах **открытого гипсового карста** четвертичные отложения маломощны (до 0,5 метров) и встречаются фрагментарно, перекрывая не более 50% дневной поверхности, оставляя остальную площадь выходам гипса. Мощность четвертичных отложений в ландшафтах **покрытого карста** составляет до 5 метров, а выходы гипсов на поверхность фрагментарны. В ландшафтах **перекрытого карста** воздействие карстования проявляется только в формировании просадочных форм рельефа и влиянии на состав грунтовых вод, дочетвертичные породы здесь не встречаются в качестве почвообразующих.

В ландшафтах **открытого карста** плотность карстовых форм максимальна - от 100 до 1500 форм и более на км². Карстовыми формами являются воронковидные, трубчатые, трещинные углубления, а также разделяющие их перемычки и останцы. В почвенном покрове доминируют почвы, сформировавшиеся на плотных гипсах, которым ранее было дано название «сульфореңдзины» и «гипсобелоземы» (С.В. Горячкин, 1993, 2006). Произрастают берёзово-хвойные редколесья, вес растущей надземной древесины в которых в 8-10 раз меньше, чем в типичных зональных сообществах. В автоморфных и транзитных элементарных ландшафтах характерен нетипичный злаково-лишайниковый напочвенный покров.

Олиготрофизация растительных сообществ связана с исключительной бедностью материнских пород большинством элементов минерального питания растений: гипсы-эвапориты на 98-99% состоят из $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Как и для большинства почв таежной зоны, развивающихся на силикатных породах, для гипсобелоземов характерны кислые и сильнокислые значения pH подстилок. Реакция минеральных горизонтов этих почв от кислой (в верхнем горизонте) до слабокислой в нижней части профиля, т.е. несколько выше, чем в почвах на силикатных породах. Указанные значения pH объясняются тем, что CaSO_4 является солью сильной кислоты H_2SO_4 и несколько более слабого основания $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а следовательно, при гидролизе даёт слабокислую реакцию. Содержание гумуса в минеральных горизонтах сульфореңдзин составляет менее 1.5%, ниже, чем в подзолистых почвах моренных ландшафтов.

Содержания химических элементов в маломощных суглинистых горизонтах дерновых и перегнойно-сухоторфяных почв ландшафтов открытого карста – в целом того же порядка, что и в суглинистых горизонтах подзолистых почв моренных ландшафтов региона исследований. При этом нижележащий гипс является источником важных элементов-биофилов кальция и серы. Поэтому, хотя мощность профиля почв на остатках кварц-силикатных отложений невелика, эти почвы значительно более благоприятны для произрастания растений по сравнению с гипсобелоземами. Это является причиной относительно высокого содержания углерода гумуса в гумусовых и минеральных горизонтах дерновых и перегнойно-торфянистых почв (до 7.5 и 18.9 % соответственно).

Торфяные почвы карстовых депрессий в ландшафтах открытого карста отличаются от торфяных почв моренных ландшафтов обогащённостью зольными элементами, а также более высоким содержанием азота. Помимо Ca, S и Sr, в торфах карстового болота повышено также содержание K, Si, Al, Fe, Cu, Br, содержание золы повышено в 4-8 раз (в зависимости от горизонта). Очевидно, химические элементы, поступающие в болото с поверхностными и грунтовыми водами в сульфатной форме, теряют подвижность в восстановительной обстановке, поскольку переходят в сульфиды и сорбируются торфяной залежью. К тому же болота в карстовых котловинах аккумулируют остатки суглинистого мелкозёма, сносимого с окружающей территории в виде минеральной пыли и взвесей.

Природные воды ландшафтов открытого карста характеризуются сульфатно-кальциевым составом и повышенной минерализацией - 1.3-1.7 г/л. Все поверхностные и подземные (пещерных водотоков) воды по сравнению с поверхностными и грунтовыми водами моренных ландшафтов также значительно менее кислые (имеют pH от нейтральных в окислительной зоне до слабощелочных при условии восстановительных процессов) и отличаются высокими содержаниями S, Ca и Sr. При этом относительно поверхностных вод моренных ландшафтов в них понижены содержания Fe, Mn, Al и Cl. Тем не менее, несмотря на резкие различия в составе почвообразующих пород гипсово-карстовых и моренных ландшафтов, благодаря высокой растворимости сульфатов содержания ряда элементов (Mg, Na, Cu, Zn, Rb, Pb, Ni) в карстовых и «моренных» природных водах находятся в пределах одного порядка, то есть отличаются значительно меньше, чем их содержания в почвообразующих породах.

Растительные сообщества болот в карстовых депрессиях, развивающиеся в условиях более сбалансированного минерального питания, чем сообщества автоморфных элементарных ландшафтов, отличаются богатством видами в травяно-кустарничковом ярусе, среди которых много растений-кальцефилов (бобовые, орхидные).

В заболоченных озёрах ландшафтов открытого карста в водонасыщенных илах протекает интенсивная сульфатредукция, сопровождающаяся осаждением CaCO_3 из раствора в придонной части бескислородной зоны озёр. (Бактериальное восстановление сульфатов кальция приводит к удалению серы из раствора либо в газообразной форме (H_2S), либо в виде нерастворимых сульфидов. В качестве побочного продукта сульфатредукции образуется бикарбонат-ион, который связывается с оставшимся в растворе ионом кальция, осаждаясь в виде CaCO_3 , (Lal et al., 2002)

Растения типичных таёжных видов в карстовых редколесьях, как правило, имеют повышенную зольность и в повышенных количествах накапливают Ca и Sr. В некоторых местообитаниях в растительных тканях обнаруживаются также повышенные концентрации элементов из следующей группы - S, Zn, K, Rb, Al, Mg, Mn, Fe, что, очевидно, связано с высокой доступностью этих элементов для растений в форме сульфатов. Группу элементов, содержания которых снижены во всех местообитаниях ландшафтов открытого карста, составляют химические элементы, рассеянные в гипсовом субстрате: Mn, Si, Fe, Al, Mg, K, Zn, Cl, Rb, Ni.

В ландшафтах покрытого карста развитие процессов карстовой денудации приводит к попаданию в корнеобитаемый слой карбонат-содержащих морен (залегающих глубже 100 см в моренных ландшафтах) и гипсов. Наряду с подзолистыми почвами автоморфных элементарных ландшафтов и серогумусовых (при близком подстилании карбонатных и гипсовых пород) на склонах и в днищах карстовых воронок глубиной до 5 м основной фон составляют пелозёмы оподзоленные остаточно-карбонатные. Ареалы гипсобелоземов редки и невелики (занимают $n \text{ м}^2$).

Близкое залегание окарбонированных горизонтов с нейтральной и слабощелочной реакцией среды отражается повышением pH органогенных горизонтов почв по сравнению с подстилками подзолистых почв моренных ландшафтов. Помимо этого во всех горизонтах суглинистых почв при сходных уровнях содержания прочих оксидов повышается содержание CaO и MgO, за исключением горизонтов ELB в пелозёмах на склонах и днищах воронок, в которых благодаря интенсивному воздействию поверхностного стока оподзоливание проявляется, по аналитическим данным, сильнее, чем в автоморфных подзолистых почвах. В то же время уровни стронция в минеральных горизонтах, за исключением карбонатных и гипсовых, не превышают уровень, характерный для подзолистых почв. В ландшафтах покрытого карста высокие концентрации кальция (до 4,54%) характерны и для подстилок, отмечается их высокая зольность (6,5-23%), что является общим признаком и для почв ландшафтов открытого карста. В серогумусовых остаточно-карбонатных почвах появляется дополнительный биогеохимический и сорбционный барьер аккумуляции (горизонт AY), на котором концентрации Ca, Mg, K, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb и Y превышают характерные для почв моренных ландшафтов (в ландшафтах открытого карста в аналогичных органоминеральных горизонтах накапливаются лишь Ca, Fe и P).

Как и в условиях открытого карста, наблюдается тенденция повышения зольности растительных органов типичных таёжных представителей древостоя, кустарничкового яруса и зеленых мхов, однако группа элементов с повышенной аккумуляцией в условиях покрытого карста, как правило, шире. В более, чем половине случаев в неё входят Ca, Mg, K, P, Si и Sr (аккумуляция стронция выражена слабее, чем в ландшафтах открытого карста). Благодаря биогенной гомогенизации состава подстилок внутри экосистемы растения, поселяющиеся в небольших по площади ареалах гипсобелоземов и осваивающие корневыми системами преимущественно органогенные горизонты, концентрируют минеральные элементы практически на уровне тех же видов на соседствующих в почвенном покрове суглинистых почвах.

Наличие дополнительных источников биофильных элементов кальция и серы в ландшафтах покрытого карста приводит к улучшению бонитета древостоя, росту числа видов в напочвенном покрове и произрастанию видов-кальцефилов, нетипичных для моренных ландшафтов (можжевельник, шиповник, аконит).

Воды пещерных водотоков в ландшафтах покрытого карста сходны по уровню минерализации и ионному составу с водами пещер ландшафтов открытого карста, что обусловлено однородным составом карстующейся толщи сульфатных пород.

В ландшафтах перекрытого карста в озёрах с сульфатной минерализацией, как и в условиях открытого карста, с раннеголоценового времени (по данным радиоуглеродной датировки) осуществляется накопление карбонатно-кальциевых отложений в результате сульфатредукции. Благодаря образованию залежей карбонатной гачи (мощностью до 35 см) и отступанию границ озёр, в радиусе десятков метров от береговой линии образовались специфические почвенные катены с серогумусовыми остаточно-карбонатными почвами в автономных элементарных ландшафтах, перегнойно-тёмногумусовыми в транзитных и торфяными остаточно-карбонатными в супераквальных элементарных ландшафтах. С перегнойно-тёмногумусовыми почвами связаны

высокобонитетные леса с обилием травостоя; на торфяных остаточо-карбонатных почвах, где мощность гажы максимальна, наблюдаются нетипичные для данной зоны осоково-злаково-таволговые сообщества с угнетёнными елями в древостое.

Гажа состоит преимущественно из CaCO_3 , суммарное содержание оксидов-примесей составляет 13-17 %. Низкий уровень MgO при высоких концентрациях SO_3 (4,08-5,29%) и особенно Sr (до 1233 мг/кг) указывает на генетическую связь карбонатной гажы с гипсами.

В связи с присутствием карбонатно-кальциевого слоя в профиле реакция среды во всех минеральных горизонтах перегнойно-тёмногумусовых и торфяных остаточо-карбонатных почв находится в щелочном плече. pH органогенных горизонтов менее кислый, чем в почвах моренных ландшафтов в ландшафтов открытого карста (в хорошо разложенных горизонтах торфа реакция приближается к нейтральной). В почвах на залежах гажы, как и в гипсово-карстовых ландшафтах других типов, создаются более благоприятные условия для гумусообразования, нежели в почвах типичных моренных ландшафтов: содержание гумуса достигает 9,14%. Общим отличием является и высокая зольность органогенных горизонтов, обусловленная в значительной мере накоплением кальция. Как и торфяники ландшафтов открытого карста, приозёрные торфяники на гаже отличаются аккумуляцией Ca, S, Sr, Br и Cu, которую дополняет аккумуляция элементов, не характерная для торфяников открытого карста – P, Mn, Zn и Ni (для последних 3-х элементов и меди, по-видимому, действует карбонатный барьер осаждения, накопление Br и P обусловлено фитогенным, а Ca, S, Sr - литогенным фактором).

Характерное для карстовых ландшафтов повышение зольности растительных органов в экосистемах на карбонатной гаже, как правило, происходит за счёт аккумуляции элементов-индикаторов гипсового карста - кальция и стронция, а также цинка и брома. Одновременно роль карбонатно-кальциевого субстрата в не менее половины случаев проявляется в деконцентрации Cl, Mn, Fe, Rb и, в отдельных случаях, Ni и Cu.

DOES ECOTOURISM EXIST?

E.S. Fedeneva

“Stalagmit – Tour” Company, Kungur
ЭКОТУРИЗМ СУЩЕСТВУЕТ?!!

Е.С.Феденева

ООО «Сталагмит – Экскурс», Кунгур

Из общения с природой вы вынесете
столько света, сколько вы захотите, и
столько мужества и силы, сколько вам нужно...

Зейме Иоганн Готфрид

Экологическое воспитание, на сегодняшний день, считается самым приоритетным направлением, как в мире, так и в России. Главной целью этого воспитания является формирование у людей трепетного и заботливого отношения к природе и всем природным объектам. Это отношение должно не просто лежать на поверхности, а проникать в самую сущность человека и оставлять неизгладимый отпечаток в глубинах его сознания.

В экологическом воспитании видную роль играет «экотуризм». Большинство туристических фирм, организаций и музеев разрабатывают специализированные экологические маршруты, тропы, экскурсии, направления, с целью привлечения туристов и, конечно же, обогащения за их счет, к сожалению, они не вдумываются в сам термин и какую смысловую нагрузку, духовную и физическую ответственность несет его

определение. Многие думают, что «экотуризм» это всего лишь путешествие по природе и природным объектам, которое не нанесет им вреда. А между тем, этот термин несет в себе более глубокое и обширное определение. Вот, например одно из них, данное Обществом экотуризма США: «Экотуризм – это путешествие в места с относительно нетронутой природой с целью, не нарушая целостности экосистем, получить представление о природных и культурно – этнографических особенностях данной территории. Экотуризм создает такие экономические условия, когда охрана природы становится выгодной местному населению». То есть, для ясности, чтобы иметь право разрабатывать и проводить экологические экскурсии, нужно соответствовать всем этим установленным требованиям. Экологичными маршрутами можно считать лишь те, где был использован экологический транспорт, где на пикнике туристы употребляли в пищу лишь экологически чистые продукты, а высокопрофессиональный экскурсовод поведал об экологических проблемах связанных с регионом, где проходит маршрут, какие пути для разрешения этих проблем он видит, и что предпринимают в связи с этим местные власти. А напоследок не забудьте, что весь мусор после вашего пребывания нужно не просто собрать и выбросить в ближайший мусорный бак, а пустить в экотехнологическую переработку. Я надеюсь, что привал вы делали и костер разводили в специально отведенном оборудованном месте. Ведь, если нет, то ваш маршрут опять-таки нельзя считать экологичным. И не дай бог, чтобы вы сорвали цветочек или ягоду там, где это не было разрешено. Думаю, дальше продолжать не стоит, все и так понятно. Из миллиона предлагаемых экологических маршрутов лишь единицы выдерживают такие жесткие требования. Но эти единицы своим ответственным подходом к экологичной демонстрации красот любимого края заставляют нас преклоняться перед их тяжелым, но увлекательным трудом. Ведь еще 40 лет назад Жан Дорст писал: «Крупные катастрофы, уже разорившие и продолжающие разорять современный мир, происходят от нежелания человечества считаться с законами природы, от нежелания понять, что голод нельзя утолить, опустошая землю». И в следующий раз, когда вы выберетесь на природу, задумайтесь, не наносите ли вы ей вред, а если наносите, не сомневайтесь, она отплатит вам той же монетой.

Туристический комплекс «Сталагмит» для тех, кто придерживается экологического мировоззрения, любит и чувствует природу, предлагает побывать в Кунгурской Ледяной пещере, а также посетить такие маршруты как: «Путешествие в карст» (экскурсия по Ледяной горе); «Тропую чудес» (экскурсия на Спасскую и Подкаменную горы); Пермь – Серьга (экскурсия по территории Кунгурской лесостепи с посещением диких гипсовых пещер); Кишертский район (экскурсия по Кишертским болотам с посещением пещеры Варсонафьевой).

Они не говорят о том, что их туристические маршруты на 100% можно считать экологичными, но делают все возможное, для того, чтобы приблизиться к этой отметке, и помимо эстетического, информационного и оздоровительного аспекта вносят свой вклад в формирование современного экологического сознания у подрастающего поколения, ведь поведение взрослых, всегда являемся примером для детей.

Литература

Дорст Ж. До того как умрет природа. М.,1968.

Кусков А.С., Арсеньева Е.И. Современный экотуризм: основные концепции, направления и формы. М.,2006.

Храбровченко В.В. Экологический туризм. М.,2003.

HYDROGEOLOGY OF KULOGORSKIY SPELEOMASSIV (ARKHANGELSK REGION, RUSSIA)

N.A. Franz, I.E. Vyahhi

Speleoclub "Labirint", Arkhangelsk

Institute of geocology, St.Petersburg

ГИДРОГЕОЛОГИЯ КУЛОГОРСКОГО СПЕЛЕОМАССИВА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

Н.А. Франц, И.Э. Вяххи

Архангельская спелеологическая ассоциация «Лабиринт»

Институт геоэкологии РАН, Санкт-Петербург

Main role in water income of Kulogorskaya cave system play floodwaters of the Pinega river. Pinego-Kuloy canal built in 1928, serves as an important element that ensures the delivery of aggressive spring water directly to the absorbing ponors laid down in the bottom of Kulogorski ledge. During the spring flood water fills the vast maze of karst in the depth of the karst plateau, and its discharge is carried out by slow horizontal filtering through the floodplain alluvium in the riverbed of Pinega river and Pinego-Kuloy channel.

Кулогорский спелеомассив, включающий в себя 7 пещер лабиринтового типа, располагается в Пинежском районе Архангельской области России, на водоразделе рек Пинега и Кулой. В системе карстологического районирования он относится к Верхнекулойскому карстовому району Койдо-Кулойского округа Прибеломорской карстовой подобласти.

Карстовые полости в массиве широко представлены во всех гидродинамических зонах: вертикальной нисходящей циркуляции, сезонных колебаний уровней подземных вод и сифонной горизонтальной циркуляции. Они имеют смешанное водное питание: в растворении карстолитов участвуют инфильтрационные, конденсационные и инфлюационные паводковые воды.

Инфильтрационные воды. Как показали наши многолетние наблюдения, доля автохтонного инфильтрационного питания (прежде всего – нивального) карстовых полостей в значительной степени зависит от суровости зимы и, соответственно, глубины промерзания грунтов в карстовых воронках. Так, во второй половине марта, к началу периода активного снеготаяния, водозапасы снежного покрова составляют, примерно, 150-200 мм водяного слоя. Если зима была теплой, и грунты под снегом практически не промерзли, то все талые воды достаточно равномерно впитываются по всей площади карстовых воронок и водоразделов между ними. Учитывая то, что к этому моменту дефицит влагонасыщения грунтов (по нашим экспериментальным данным 2010 года) превышает водозапасы снежного покрова, как минимум, вдвое, талая вода практически полностью поглощается толщей рыхлых покровных отложений и, таким образом, не достигает карстовых полостей. (Характерная картина – в мае практически не наблюдается воронок с водой).

В более суровые зимы склоны карстовых воронок в лесу промерзают на глубины до 0,5 м (по данным термометрического мониторинга карстовых воронок), что приводит к образованию временного криогенного водоупора в верхнем почвенно-грунтовом слое. В результате вся талая вода стекает с рельефа в воронки, а затем, по мере протаивания грунта на дне, постепенно фильтруется сквозь рыхлые отложения и по вертикальным каналам достигает зоны горизонтальной циркуляции. (Характерная картина – в мае в 10-15 процентах воронок стоит вода).

В летний период, когда все выпадающие атмосферные осадки либо испаряются, либо поглощаются покровными рыхлыми отложениями, инфильтрационное питание

сходит практически к нулю. В холодный осенний период, когда одновременно с увеличением количества жидких осадков радикально падает их испаряемость, происходит довольно значительная подпитка массива агрессивным инфильтратом. Особенную роль здесь играют ноябрьские оттепели, когда быстро стаивает до 20-30 см раннего осеннего снега: в такие периоды иногда наблюдаются катастрофические осенние паводки с подъемом уровня воды в пещерных озерах до 15-20 см за сутки.

С наступлением устойчивых холодов (ноябрь-декабрь) прекращается подпитка массива жидкими атмосферными осадками, и под действием гравитации начинается процесс медленного «осушения» покровных отложений, продолжающийся до середины марта.

Таким образом, сколь-либо значительную роль в водном питании карстовых пещер Кулогорского спелеомассива инфильтрационные воды играют только в период весеннего снеготаяния, более всего – в годы с глубоким зимним промерзанием рыхлых покровных отложений. Насыщение этих вод происходит преимущественно в зоне аэрации (80-85%), их основная роль заключается в коррозионной проработке вертикальных каналов.

Конденсационные воды. Процессы конденсации и их роль в водном питании пещер Кулогорского спелеомассива еще очень слабо изучены. В начале 80-х годов прошлого века нами проводились специальные наблюдения за пещерной каплей как в летний, так и в зимний периоды. В результате было доказано существование «зимней конденсации» в самых верхних частях вертикальных каналов и трещин, пронизывающих толщу карстолитов [3]. Визуальными наблюдениями не раз отмечалось, что в более сильные морозы дебитность капельных источников явно увеличивается.

В летнее время источником конденсата является теплый атмосферный воздух, всасываемый в массив через карстовые воронки.

Интенсивность процессов конденсации напрямую зависит от температурного градиента между карстовыми полостями и атмосферным воздухом на поверхности.

Весь конденсат, образующийся в зимний и летние периоды в верхней части разреза, участвует в коррозионной проработке вертикальных нисходящих каналов и трещин. Кроме того, образование конденсата и даже сублимационного льда в летнее время наблюдается на «внутренней» границе переохлажденных привходовых участках пещер, где на замороженных стенах конденсируется влага из теплого (+2,5) воздуха, приходящего из глубины массива.

Инфлюационные воды. Инфлюационное водное питание, источником которого являются весенние паводковые воды реки Пинега, несомненно, играет ведущую роль в проработке карстовых полостей в зоне горизонтальной циркуляции, где заложены все доступные пещеры массива.

Еще российский академик А.И. Шренк, в 1837 году посетивший одну из Кулогорских пещер, отмечал со слов местных жителей, что весной речная вода проникает в пещеры, но никогда оттуда не вытекает обратно [1]. (Наши исследования показали, что это утверждение верно лишь отчасти). Предыдущие исследователи Кулогорских пещер, из Ленинградской СС, работавшие здесь в конце 60-х годов 20 века, справедливо относили их к «паводковому» типу, отмечая факт их регулярного заполнения весенними водами реки Пинега [2]. Последующие многолетние исследования позволили получить более детальную гидрогеологическую картину, охватывающую самую южную часть Кулогорского спелеомассива и включающую в себя все пещеры на участке вдоль Пинего-Кулойского канала.

Против отнесения пещер Кулогорского спелеомассива к классическому «паводковому» типу говорило наличие многочисленных участков с характерными «эрозионными фасетками» на стенах, свидетельствующих о значительных скоростях движения водных потоков в этих каналах. Чтобы ответить на вопрос о возможном

реликтовом характере этих скульптур, в 1979-1981 гг. нами были проведены специальные гидрологические исследования в пещерах К-1, К-2, К-4 и К-5. В результате были получены схемы весенних паводковых потоков в этих морфологически сложных лабиринтовых пещерах. Данный эксперимент убедительно показал, что:

а) направления течения, определяемые по «фасеткам» на стенах, полностью совпадают с направлениями течения современных временных водотоков, что говорит об актуальности этих мезоскульптур;

б) во время весеннего паводка, в условиях полного подтопления лабиринтов, формируются выраженные водные потоки, транспортирующие значительные водные массы (миллионы кубометров) в глубину карстового массива (и с некоторым отклонением к северу);

в) обратный отток паводковых вод носит весьма ограниченный характер, подавляющая масса воды не возвращается из массива на пойму по путям ее прихода;

г) подобная картина характерна для всех, без исключения, Кулогорских пещер на участке вдоль Пинега-Кулойского канала (6 км), что является признаком их принадлежности к единой спелео-гидрогеологической системе.

Последующие многолетние наблюдения полностью подтвердили эти выводы.

Карстовая разгрузка спелеомассива

В течение многих последующих лет оставался открытым вопрос о возможном месте разгрузки проходящих транзитом через спелеомассив паводковых вод. Учитывая генеральное направление всех подземных паводковых потоков, а также общий уклон древней долины на север, разгрузка должна происходить в русло Кулоя, где, однако, не наблюдается никаких достаточно крупных карстовых источников. Вопрос оставался неразрешенным вплоть до 2003-2007 годов, когда мы начали заниматься изучением физических свойств (температура, электропроводимость) карстовых и других вод на данной территории. Проведенные исследования показали следующее:

а) на дне русла реки Пинега (участок длиной около 1 км возле д. Кулогоры) выходят многочисленные источники (пластовая разгрузка) карстовых вод, минерализация которых соответствует минерализации воды в подземных водоемах (2,0-2,1 мS);

б) такая же карстовая разгрузка (источники), наблюдается в «пинежском» в устье Пинега-Кулойского канала (ПКК);

в) в летнюю межень, когда русло ПКК отделено от Пинеги широкой сухой перемычкой, из канала в Кулой вытекает поток с расходом порядка 0,6 и более куб. м, питающийся исключительно грунтовыми, в том числе – карстовыми, водами, что свидетельствует о наличии карстовой разгрузки по всей длине ПКК.

Летом 2008 г. было проведено специальное исследование, направленное на определение доли карстовой разгрузки Кулогорского спелеомассива в объеме потока, вытекающего из ПКК в Кулой. Несложные расчеты показали, что карстовая разгрузка дает треть объема потока, что на момент измерения составило 210 л/сек, или более 18 000 куб. м в сутки. Вместе с разгрузкой в русло Пинеги суточный дебит разгрузки всего спелеомассива составил, примерно, 28 000 куб.м.

Полученные расчетные данные позволили нам определить примерную площадь «свободного зеркала» подземных вод внутри спелеомассива, которая - при среднем падении уровней в подземных озерах в этот период 15 мм/сутки – составила 1,87 кв. км. Столь высокий показатель позволяет нам с достаточной уверенностью утверждать, что меженная гидрогеологическая разгрузка Кулогорского спелеомассива осуществляется через зону сифонной циркуляции в руслах реки Пинега и Пинега-Кулойского канала на участке протяженностью не менее 7 км. Таким образом, старый вопрос, куда «исчезает» паводковая вода, безвозвратно поглощаемая пещерами массива, можно считать закрытым.

Обильное инфлюационное питание, получаемое карстовым массивом во время весеннего разлива Пинеги всего за несколько дней, затем в течение 9-10 месяцев года медленно фильтруется по водопроницаемым пластам пойменного аллювия в сторону ближайших дренажей, постепенно освобождая ложа подземных водоемов для принятия вод нового весеннего паводка. Меженный отток карстовых вод из массива обеспечивается постоянным «отставанием» подземных уровней от уровней воды в дренирующих водотоках на 2,0-3,5 м.

Гидрогеологический мониторинг

Начиная с 1984 года, нами проводятся регулярные наблюдения за уровнями подземных озёр в пещерах К-1, К-2, Троя и Водная. Этот многолетний мониторинг показал, что в меженные периоды при уровнях воды выше а.о. 16.00, когда пещеры еще полностью залиты водой, наблюдается единый уровень во всех доступных пещерных водоемах. При дальнейшем падении воды система начинается разделяться на отдельные бассейны с разницей уровней в несколько сантиметров. При отметках ниже 15.50 идет дальнейшее дробление бассейнов на отдельные пещерные водоемы. Ниже а.о. 15.00 падают уровни не всех водоемов, часть из них остается «подвешенными» на различных высотных отметках (озеро Большого Сифона в К-2 – 14.95, Беломорье в К-4 - 15.35 и др.). На минимуме зимней межени четко отмечается каскадное (ступенчатое) понижение уровней пещерных водоемов из глубины массива в сторону поймы. Такая «каскадная» картина полностью соответствует механизму фильтрационной разгрузки массива в ПКК.

Весьма интересные результаты были получены нами в последние годы с помощью так называемых «гидрологических фотопостов наблюдения», оборудованных мерными рейками и фотокамерами, работающими в режиме интервальной съемки в течение нескольких месяцев. С их помощью впервые стало возможным наблюдать подземные паводки в динамике. По фотоснимкам, сделанным с интервалом в 3 часа, мы получаем не только детальный график изменений уровня воды в точке наблюдения, но и монтируем достаточно зрелищный видеофильм.

Выводы.

1. Важной гидрогеологической особенностью Кулогорской спелеосистемы в современный период можно считать то, что основная доля ее водного питания приходится на инфлюационные паводковые воды из реки Пинега, а меженная фильтрационная разгрузка производится в два речных бассейна – Пинеги и Кулоя.

2. Пещеры Кулогорского спелеомассива можно отнести к «паводково-транзитному» типу, имея в виду, что на данном этапе изученности мы имеем доступ только в «транзитные» части системы, залегающие вблизи края карстового плато, а обширные по площади подземные бассейны-коллекторы, принимающие огромные массы паводковых вод, в меженные периоды медленно, в режиме фильтрации, разгружаются в русла Пинеги и Пинега-Кулойского канала.

3. Пинега-Кулойский канал играет крайне важную роль в водном режиме спелеомассива: в паводок через него к поглощающим понорам поступает пинежская вода, а в межень он принимает карстовую разгрузку. После его строительства значительно ускорился спелеогенез в карстолитах Кулогорского массива.

Литература

1. Шренк А.И. Путешествие к северо-востоку Европейской России. СПб, 1855.
2. Бузунов О.В., Голод М.П., Коврижных Е.В. Кулогорский район. В сборнике «Пещеры Пинега-Северодвинской карстовой области». Ленинград, 1974.
3. Малков В.Н., Франц Н.А. К вопросу о зимней конденсации. В сборнике «Аккумуляция зимнего холода в горных породах и его использование в народном хозяйстве». Пермь, 1981, с. 97-99.

**GENESIS AND AGE OF UNDERGROUND ICES OF BOLSHAYA
BAIDINSKAYA CAVE AT BAIKAL**

Filippov A.G.*, Shevelev A.S.**

*Boreal Oil Sands Services Inc., Calgary, Canada

**ООО «Petrographica», Irkutsk

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЗРАСТ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ БОЛЬШОЙ
БАЙДИНСКОЙ ПЕЩЕРЫ НА БАЙКАЛЕ**

Филиппов А.Г.*, Шевелев А.С.**

*Boreal Oil Sands Services Inc., Калгари, Канада

**ООО «Петрографика», Иркутск

The Bolshaya Baidinskaya Cave preserves the most interesting cave ice body in the Pribaikal region, Eastern Siberia. Contrary to the Dr. E. Trofimova's publications declaring snow-firn genesis of the cave ice body and its Upper Pleistocene-Holocene age, the authors expose data of field observations showing that the ice body consists of two genetic types of ice: lacustrine and ice build-up. Non-calibrated radiocarbon age of the lower dirt horizon from the bottom of the ice build-up is 2710 ± 30 B.P. (COAN-3047). Thus, the ice body appeared around three thousand years ago.

Введение

Пещера Большая Байдинская хранит в себе самый интересный пещерный ледяной объект Прибайкалья. Его необычность заключается в длительной истории существования, наличии многочисленных грязевых горизонтов, содержащих обильные растительные остатки, кости крупных млекопитающих, подчас уникальные археологические находки (Филиппов и др., 1997).

В последние десятилетия в научной и научно-популярной печати вышло много публикаций Е.В. Трофимовой, посвященных, в частности, характеристике подземного ледяного тела Большой Байдинской пещеры, скорости его деградации и пр. Несомненная ценность этих публикаций в известной степени девальвируется тиражированием не обоснованных фактическим материалом представлений о плейстоцен-голоценовом возрасте подземного ледяного тела и его снежно-фирновом генезисе (Трофимова, 2000, 2003, 2006, 2007, 2009; Trofimova, 2005, 2006 и др.), с завидным упорством повторяемых из публикации в публикацию.

Настоящее сообщение посвящено изложению фактов, опровергающих эти представления и свидетельствующих об участии озерных и наледных льдов в строении ледяного тела пещеры и его позднеголоценовом возрасте .

Краткие сведения о пещере и современном льдообразовании в ней

Пещера Большая Байдинская расположена на вершине Приольхонского плато, на склоне северо-восточной экспозиции (рис.1). Заложена в мраморах тажеранской свиты верхнего архея-нижнего протерозоя.



Рис. 1. Вход в Большую Байдинскую пещеру

Ледяное тело расположено на расстоянии 18 м от входа (рис. 2). Оно крутонаклонным уступом (75-80°) перегораживает проход в более глубокую часть пещеры – зал Кораллитовый, вскрытый искусственным крутонаклонным тоннелем, прорубленным во льду. Ледяное тело является своеобразной ледяной пробкой, перегораживающей пещеру на две части, и интенсивно деградирует на протяжении последних десятилетий.

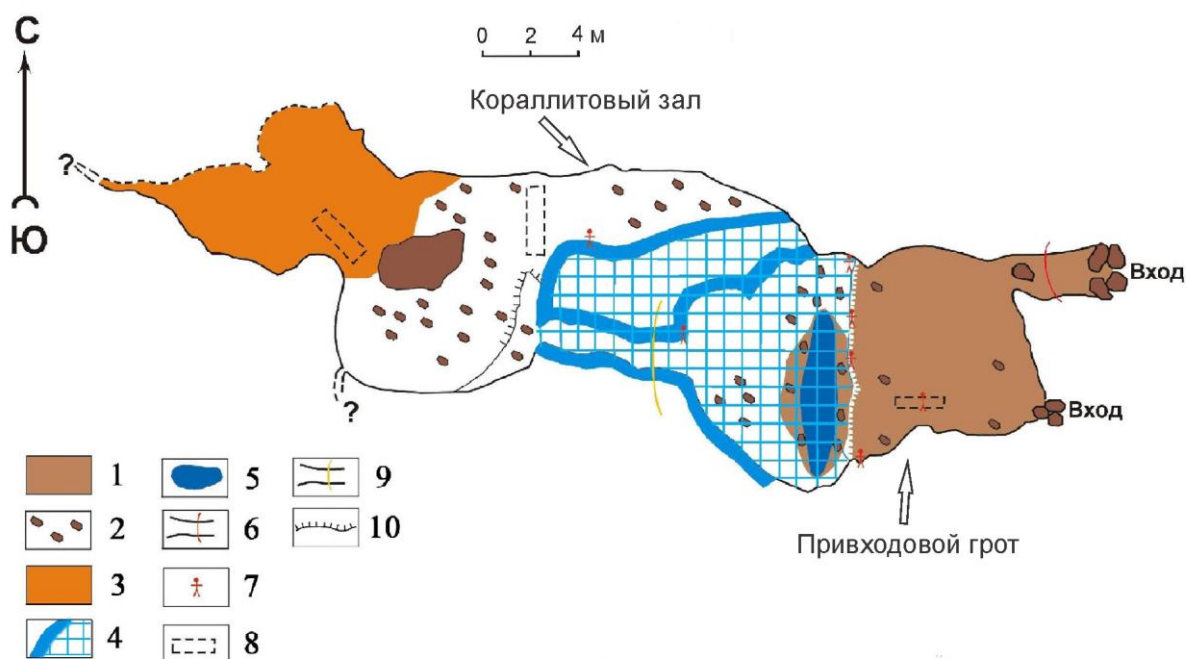


Рис. 2. План Большой Байдинской пещеры. 1 – переотложенная с поверхности почва, 2 – отломы и глыбы, 3 – супесчано-дресвяные отложения, 4 – ледяное тело и его границы, 5 – озеро, 6 – граница снега, наметаемого в холодный период года, 7 – археологические находки, 8 – геологические шурфы и археологический раскоп, 9 – граница дневного света, 10 – скальный уступ. Топоъемка А.Б. Алексеева и др. (спелеоклуб Мечта, Иркутск).

В настоящее время незначительное сезонное образование льдов происходит в привходовом гроте за счет воды, просачивающейся с поверхности по тектоническим трещинам и органным трубам диаметром от 10 до 30 см, талых вод пещерного озера, талых вод метелевого снега, наметаемого внутрь грота на расстояние до 3 м, и за счет сублимации водяных паров (пещерная изморозь на потолке и стенах). В устьях органных труб формируются ледяные ребра, ледяные сталактиты длиной до 2 м (рис. 3). Каждой такой сосульке соответствует ледяной сталагмит, расположенный непосредственно под ней. Мощность свежих ледяных натеков достигает в отдельных местах 15 см. Они перекрывают с явным угловым несогласием нижележащие горизонтальные слои озерного льда. Столь же незначительное образование ледяных натеков мощностью в первые сантиметры наблюдается на стенке ледяного тела в глубине пещеры, в Кораллитовом зале.

Современные натечные льды формируются в конце осени-начале зимы за счет замерзания инфильтрационных вод, а также за счет талых и инфильтрационных вод весной и в начале лета.



Рис. 3. Ледяные сталактиты в устьях органных труб в привходовом гроте. Здесь и далее – фото А.С. Шевелева.

Строение ледяного тела

Ледяное тело имеет сравнительно крупные размеры (протяженность около 14 м, мощность 9,5 м) и сложное внутреннее строение (рис. 4). Для верхних полутора метров льда, обнажающихся в привходовом гроте, характерны голубовато-зеленоватый оттенок, чистота, довольно высокая прозрачность, большое количество газовых пузырей, не очень четкая, особенно по краям у коренных пород, но имеющая место горизонтальная слоистость (рис. 3), при мощности отдельных слоев от 3-5 до 18-20 см.

В правой части обнажения выделяются две секущие ледяные жилы мощностью до 20 см каждая, разбитые внутри трещинами и состоящие из прозрачного бесцветного без голубого оттенка льда. В левой части ясно видна косая слоистость в районе контакта с коренной стенкой. Между описанной толщей и нижележащими горизонтальными, практически без пузырей, белыми слоями льда существует несогласие.

Изучить строение ледяного тела на глубину более 1,5 м и проникнуть в дальнюю часть пещеры – зал Кораллитовый – можно при помощи наклонного тоннеля во льду, пробитого иркутскими спелеологами в 1984 г.

В самом начале тоннель пересекает грязевый горизонт VIII, имеющий сложное строение. Он состоит из 5 сближенных грязевых слоев (рис. 5), содержащих большое количество щебня мрамора, мелкозема и разнообразных древесных остатков, редких костей, привнесенных в пещеру, по-видимому, человеком. Радиоуглеродный возраст, полученный по сучьям из верхнего слоя, колеблется от 925 ± 25 (СОАН-3050) до 320 ± 30 лет (СОАН-3051). Это может быть объяснено проецированием на один уровень разновозрастных включений при крупной деградации озерных льдов, произошедшей, вероятно, около 320 лет назад.

В 10 см ниже залегает горизонтальный VII грязевый горизонт мощностью около 2 см, содержащий немногочисленные палки, древесу и мелкий щебень мрамора.

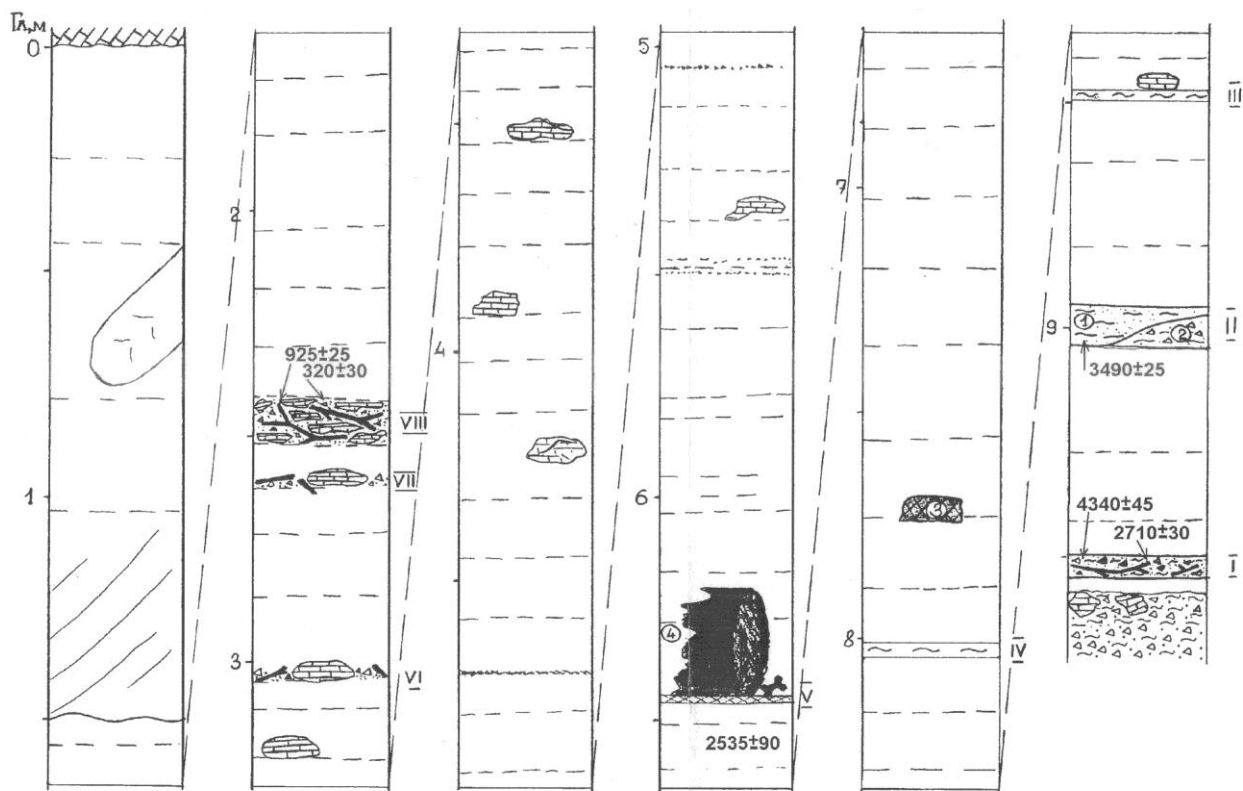


Рис. 4. Стратиграфический разрез ледяного тела.

VI грязевый горизонт отделен от предыдущего, VII горизонта, 43 см чистого льда. Он также горизонтальный, включает единичные древесные остатки и многочисленный щебень мрамора.

Далее, до самого выхода в Кораллитовый зал, а это 4 метра по вертикали, горизонтальный лед не несет каких-либо признаков протаивания, растрескивания, течения, хотя и содержит в себе некоторое количество каменного материала. При этом большинство камней расположено своей наиболее широкой плоскостью горизонтально.

Ледяное тело заканчивается в Кораллитовом зале субвертикальным уступом, в котором можно наблюдать сразу около 5,5 метров вертикального разреза ледяного тела (рис. 6). Верхние 2,5 м льда до V грязевого горизонта соответствуют той части разреза, которую мы уже характеризовали в нижнем отрезке тоннеля и характеризуются четкой слоистостью при отсутствии видимых несогласий (мощности отдельных слоев 8-20 см).

Грязевый горизонт V имеет мощность до 1 см и состоит из переотложенной почвы. По всей видимости, он характеризует собой перерыв в льдонакоплении и вытаивание какой-то части льда. К поверхности этого горизонта приурочены находки берестяного ведерка (туеска), костей *Equus caballus* (нижний эпифиз бедренной кости, фрагмент черепа с левым нижним рядом, 7 зубов молодой особи, 3 позвонка, один из них рубленый) и *Cervus sp.* (определения Н.П. Калмыкова, БГИ СО РАН, Улан-Удэ), замороженных в лед. По кости лошади получена радиоуглеродная датировка 2535 ± 90 лет (СОАН-3406). В 1984 г. при проходке тоннеля из этого уровня были извлечены многочисленные кости крупных млекопитающих, к сожалению, не сохраненные и не определенные.

Следующие полтора метра слоистого льда до грязевого горизонта IV также не содержат каких-либо признаков перерывов и вытаиваний. Мощность отдельных слоев колеблется в пределах 8-20 см. На высоте 30 см от горизонта IV в лед заморожено тело прямоугольного сечения $5-6 \times 12-15$ см, состоящее из растительных остатков, пригодных для радиоуглеродного датирования.

Грязевый горизонт IV имеет мощность 3 см и состоит из темной переотложенной почвы. Грязевый горизонт III мощностью 1-2 см сложен также переотложенной почвой и отделяется от горизонта IV сорока пятью сантиметрами слоистого чистого льда. Грязевый горизонт II имеет почти постоянную мощность в 9 см; состав его от чисто почвенного в левой и средней частях обнажения переходит в почвенно-суглинисто-дресвяный в правой части. При этом суглинисто-дресвяная часть не смешивается с почвой, а подстилает ее и выклинивается в средней части обнажения. От горизонта III отделяется слоем льда мощностью 48 см.

Грязевый горизонт I имеет мощность 4-5 см и суглинисто-дресвяный состав. В левой части обнажения он содержит остатки древесины, по которой получена радиоуглеродная датировка 2710 ± 30 лет (СОАН-3047) (рис. 4). Ниже непосредственному наблюдению доступно около сорока сантиметров льда без содержащих органику горизонтов. Установить соотношение ледяного тела и подстилающих отложений пока не предоставляется возможным.

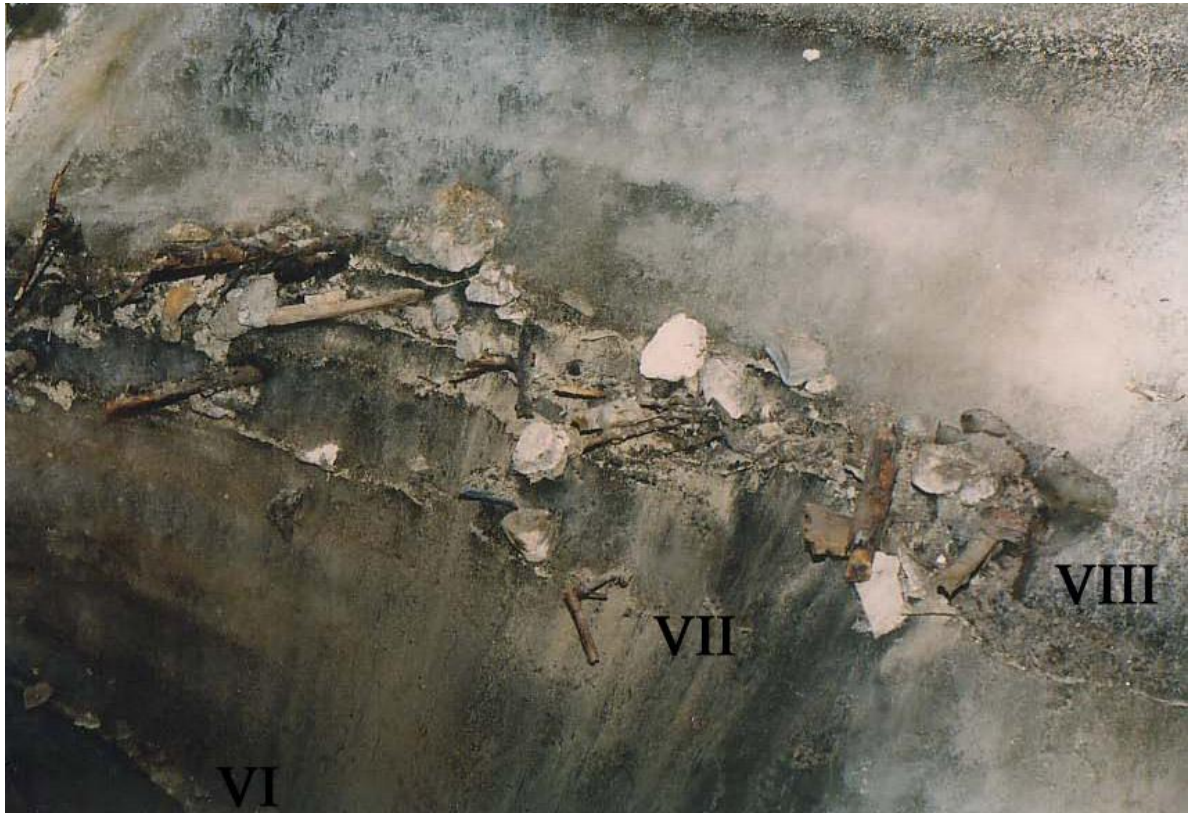


Рис. 5. Грязевые слои VI, VII и VIII, разделенные слоями озерных льдов.

Происхождение многолетнего ледяного тела

Ледяное тело, судя по строению разреза, сложено наледными и озерными льдами. В пользу озерного происхождения верхней части разреза льдов свидетельствует высокая степень их прозрачности, горизонтальная слоистость. Нижняя часть мощностью около 6 м представляет собой ископаемую подземную наледь. Питание наледи осуществлялось, по-видимому, за счет инфильтрационных вод, поступавших по тектоническим трещинам, органическим трубам, а также по гипотетическому наклонному ходу, пока еще недоступному - «запечатанному» льдом, но существование которого можно достаточно уверенно предполагать. Основанием для этого является характер слоистости льдов в интервале 5-5,5 м от пола Кораллитового зала. Слоистость крутонаклонная (40-60°), падает навстречу наледи, спускающейся от привходового грота. На приводимой фотографии (рис. 6) под потолком зала хорошо видны и эти изгибы слоистости, и аномальное увеличение видимой мощности слоев, обусловленное близкими значениями угла падения поверхности обнажения и угла падения слоев льда.

Особенно сложная история развития наледи запечатлена в нижнем трехметровом интервале вертикального разреза. Наличие многочисленных грязевых горизонтов, содержащих переотложенные с поверхности почвы, свидетельствует о неоднократных периодах деградации наледи. Очевидно, в этот отрезок времени ее размеры – как мощность, так и протяженность – испытывали существенные колебания. К настоящему времени ископаемая наледь отступила не менее чем на 6 м, что отслежено по вытаявшим из нее переотложенным почвам в горных выработках, пройденных в Кораллитовом зале с целью изучения разрезов отложений.

На определенной стадии (стадия 2, рис. 7) нарастание мощности наледи привело к тому, что льды полностью перекрыли проход в Кораллитовый зал. В результате на наледи

стала формироваться толща озерных (конжеляционных) горизонтальнослоистых льдов (стадия 3, рис. 7). С течением времени она заполнила все сечение хода, по краю которого ныне проходит тоннель, и частично привходовой грот, по меньшей мере на половину высоты. О заполнении привходового грота озерными льдами свидетельствует сохранившаяся верхняя часть разреза ледяного тела (рис. 3), возвышающаяся на 2,5 м над наиболее низкой частью привходового грота.



Рис. 6. Обнажение ледяного тела в Кораллитовом зале. 1 – берестяное ведро (туес), 2 – крутонаклонные слои висячей наледи (объяснение в тексте).

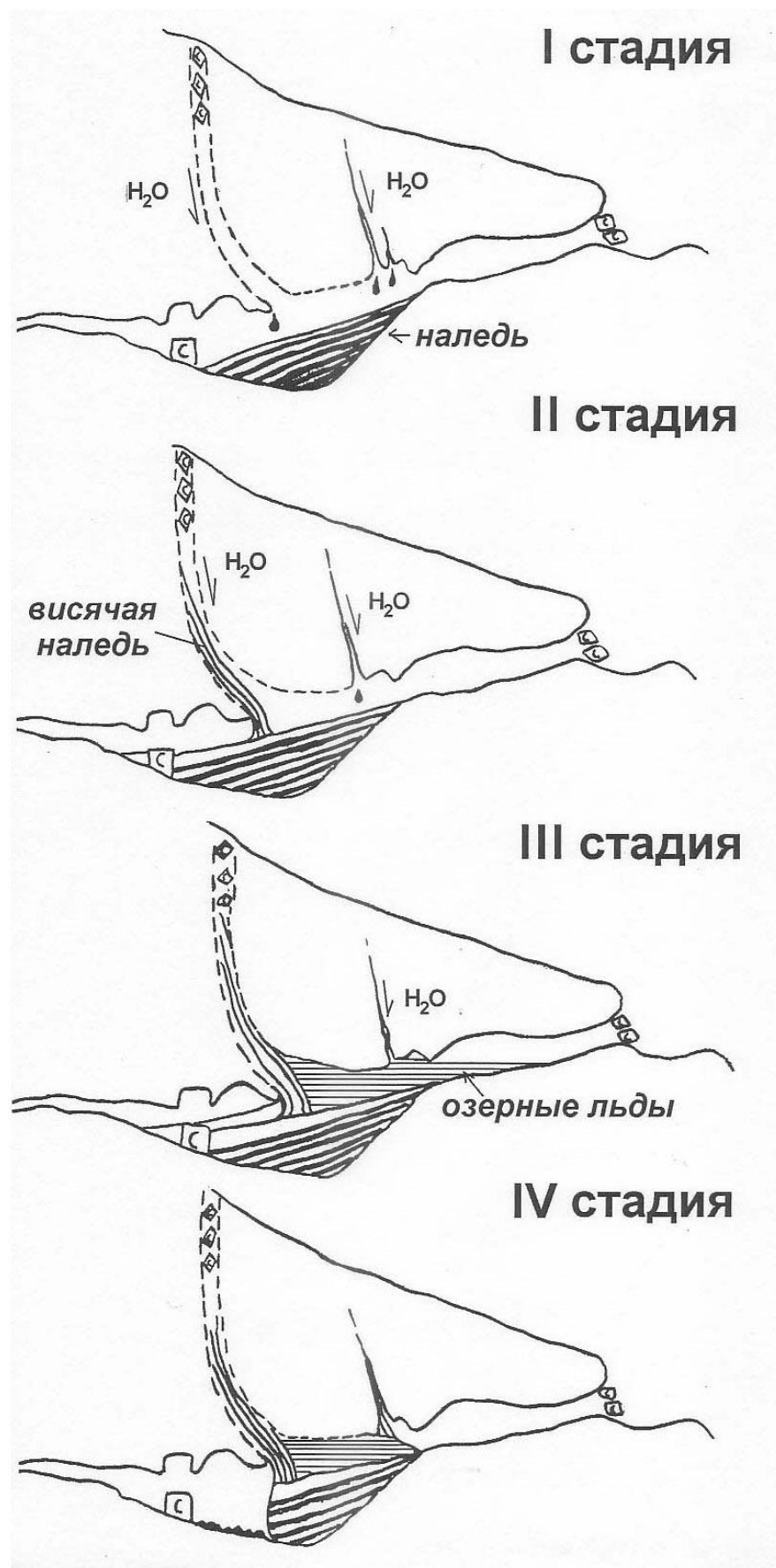


Рис. 7. Стадии развития ледяного тела Большой Байдинской пещеры

Верхний уровень озерных льдов контролировался, по-видимому, положением устьев органических труб, по которым поступали инфильтрационные воды. Нарастание льда прекращалось после того, как намораживание озерных льдов перекрывало их устья (рис. 7, стадия 3).

В дальнейшем, вероятно под влиянием потепления климата, возобладало таяние/возгонка ледяного тела как со стороны Кораллитового зала, так и со стороны привходового грота, и оно стало отступать (рис. 7, стадия 4).

Выводы

Анализ описанного выше разреза подземного ледяного тела в Большой Байдинской пещере и морфологии последней позволяет сделать следующие выводы:

1. Подземное ледяное тело имеет сложное строение и образовано наледными и озерными льдами; признаков снежно-фирнового происхождения подземных льдов не наблюдается.
2. Формирование подземных льдов происходило преимущественно за счет просачивающихся с поверхности по тектоническим трещинам, органическим трубам инфильтрационных вод весной и в начале лета, когда температура воздуха и пород в пещере еще не поднялась выше нуля, и в конце осени – начале зимы после того, как морозы успевали выхолодить пещерное пространство.
3. Незначительную роль в питании наледобразующих и озерных вод имели талые воды привходового снежника-однолетка, сезонной изморози в привходовом гроте и конденсационные воды.
4. По данным радиоуглеродного датирования древесины из подошвенных слоев рост существующего сейчас ледяного тела начался около трех тысяч лет назад – в позднем голоцене. Никаких оснований говорить о позднеплейстоцен-голоценовом возрасте подземного ледяного тела нет.
5. Рост ледяного тела не был непрерывным: присутствуют многочисленные грязевые горизонты, соответствующие периодам, в течение которых ледяное тело деградировало и включения, находившиеся во льду, проецировались на один уровень.

Литература

Трофимова Е.В. Особенности оледенения пещер Приольхонья // География и природные ресурсы. 2000. №2. С. 48-55.

Трофимова Е.В. Ледяные отложения пещер в Приольхонье // Кунгурская Ледяная пещера. Звезда, 2003. С. 246-250.

Трофимова Е.В. Оледенение пещер Байкала // Криосфера Земли. 2006. Т.Х. №1. С. 14-21.

Трофимова Е.В. Пещеры Иркутского амфитеатра // Природа. №5. 2007. С. 47-54.

Трофимова Е.В. Пещеры с многолетним льдом – объект природного наследия (на примере Иркутского амфитеатра) // Пещеры: охрана, история исследований, культура, туризм, современное состояние и перспективы научных исследований на территории бывшего СССР. Красноярск, 2009. С. 20-29.

Филиппов А.Г., Алексеев А.Б., Сергиенко Т.Ю., Горюнова О.И. Берестяное ведро из Большой Байдинской пещеры (Приольхонье) // Дуловские чтения 1997 года (Секция археологии и этнографии). Материалы докладов и сообщений. - Иркутск: Листок, 1997. - С. 82-88.

Trofimova E.V. Cave ice of Priolhonie (Eastern Siberia, Russia) // Glacier Caves and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions. Ed. B.R. Mavlyudov. Moscow, 2005. Pp. 127-131.

Trofimova E.V. Genesis and morphological peculiarities of cave ice deposits of Lake Baikal // Proceedings of the 2nd International Workshop on Ice Caves, Demänovská Dolina. 2006. Pp. 77-81.

INTERACTION OF DYNAMIC COMPONENTS IN GROUNDWATER AND SURFACE KARST AT SOUTHEASTERN PART OF BELOMORSK-KULOISK PLATEAU.

E.V. Shavrina

State reserve "Pinezhsky"

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В ПОДЗЕМНОМ И ПОВЕРХНОСТНОМ КАРСТЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОГО ПЛАТО

Е.В. Шаврина

ФГУ «Заповедник «Пинежский»

The studies of the dynamic processes in karst the Pinega state reserve are conducted more than 25 years. The period of the directed observations to activities exogenic processes territory reserve have complied with its) significant growing. This has brought about essential changes to look underground and surface karst of the relief. The observations to activities of their development allow valuing climatic trend modern period, bringing about breach of the balance surface and underground karst.

Район исследований расположен на северо-западе Русской равнины, в пределах западного крыла Мезенской синеклизы, на юго-востоке Беломорско-Кулойского плато. Развитие карста здесь определяется максимально благоприятными условиями: широким распространением карстующихся пород, выходящих на поверхность или покрытых маломощным чехлом четвертичных осадков, значительной тектонической неоднородностью, нетипичной для платформенных условий, циркуляцией пресных агрессивных вод. Здесь сформировался уникальный комплекс карстового рельефа, отличающийся разнообразием и высокой плотностью поверхностных и подземных форм карста, активностью современного развития карста в парагенезисе с рядом других экзогенных геологических процессов (ЭГП).

Отличительные черты карста территории определены воздействием материковых оледенений плейстоцена. Карстовый рельеф создавался и эволюционировал при действии карста и других ЭГП флювиального, нивального, гляциального, эрозионного. В современных условиях наиболее динамичны изменения, происходящие в сульфатном и сульфатно-карбонатном типах карста, развитых на юго-востоке Беломорско-Кулойского плато.

Основная часть натурных наблюдений выполнена на территории Пинежского заповедника и его охранной зоны. Она наиболее детально изучена, что позволяет использовать ее в качестве эталона исследований развития карста в ненарушенных условиях. Характерно пространственное совмещение современных проявлений карста с общей сетью закарстования и карстово-денудационных врезов [1]. Высокая степень унаследованности карста обуславливает повышенные темпы карстовой денудации.

Ведущим направлением мониторинга абиотического комплекса в Пинежском заповеднике избраны прямые натурные наблюдения, на постоянных и

рекогносцировочных маршрутах, площадках и наблюдательных пунктах в подземном и поверхностном карсте. При выявлении активизаций ЭГП регистрируется местоположение проявления процесса, измеряются параметры нарушения, литология пород, причины и характер проявления процесса, время выявления и/или развития, последствия для природного комплекса. Исследования на заповедных территориях требуют максимально щадящих методов получения информации о состоянии и развитии природных процессов. Щадящие методы необходимы и для уникальных объектов, не имеющих официального охранного статуса.

Наиболее значимые ЭГП территории подразделяются на следующие группы: эрозионные, склоновые, заболачивание, карст и суффозия. Их взаимодействие может проявляться во взаимном усилении, ослаблении либо уравнивании активности проявления процессов. Наиболее распространены проявления депортационных процессов, связанные с гравитацией. Более половины выявленных активизаций составляют обвалы и обрушения пород. Оползни часто являются формами длительного или периодически повторяющегося развития. Специфическими проявлениями в карсте являются оползни с поглощением материала в воронку в борту лога или котловины. Провалы и просадки (традиционные индикаторы активности карста), при преобладании гравитационной составляющей в момент их катастрофического развития, выделены как отдельный вид процессов. Размывы отложений преобладают над аккумуляцией, затрагивая как рыхлые отложения, так и коренные породы.

За 20 лет наблюдений выявлено более 5000 проявлений активности ЭГП, их суммарный объем составляет превышает 170 тыс. м³. Объемы 200 активизаций более 100 м³, а 7 из них – 1000 м³. Более 55 % проявлений, составляют мелкие и средние активизации (объем < 10 м³). Отмечаются устойчивые тренды роста количества и объема выявленных активизаций ЭГП (рис.1). По количеству и объему нарушения в долине р. Сотки составляют, соответственно, около 65 и 70% от всех зафиксированных для территории исследований проявлений ЭГП, 35% количества нарушений и 30 % их объема приходится на карстовые лога, польеобразные депрессии и пещеры.

Период направленных наблюдений активности ЭГП территории Пинежского заповедника совпал с ее значительным ростом. Это привело к существенным изменениям в облике подземного и поверхностного карстового рельефа, к широкомасштабному вскрытию погребенного карста.

Около 1/4 всех пещер, зарегистрированных в настоящее время на территории Архангельской области, расположены в Пинежском заповеднике (91 пещера) и в его охранной зоне (27 пещер). Их общая протяженность превышает 47 км. Протяженность 11 пещер достигает более 1 км. При амплитуде пещер 10-30 м, пещеры тесно взаимодействуют с поверхностным карстом, что проявляется, в первую очередь, действием гравитационных процессов и поглощающихся карстовых вод.

Мониторинг пещер включает комплекс микроклиматических; гидрологических, гляциологических наблюдений на постоянных пикетах и створах. Изучается гравитационная активность и динамика массопереноса. В контрольных пещерах подтверждаются общие тенденции и закономерности изменений. Длительность наблюдений составляет от 12 до 26 лет. Они проводятся 1 раз в месяц в мониторинговых пещерах и 1-2 раза в год в контрольных. Работы ведутся по рекомендациям, изложенным в «Методике изучения карста» (1963), «Методике микроклиматических наблюдений...» (1982), «Проблемах изучения карстовых полостей...» (1983) [2-5] с авторскими дополнениями. С 2007 года параллельно принятым методикам отрабатываются измерения температурными логгерами DS1922L-F50 (производство США) и регистраторами температуры-влажности воздуха iBDL-HS, разработки фирмы ЭлИн (Москва).

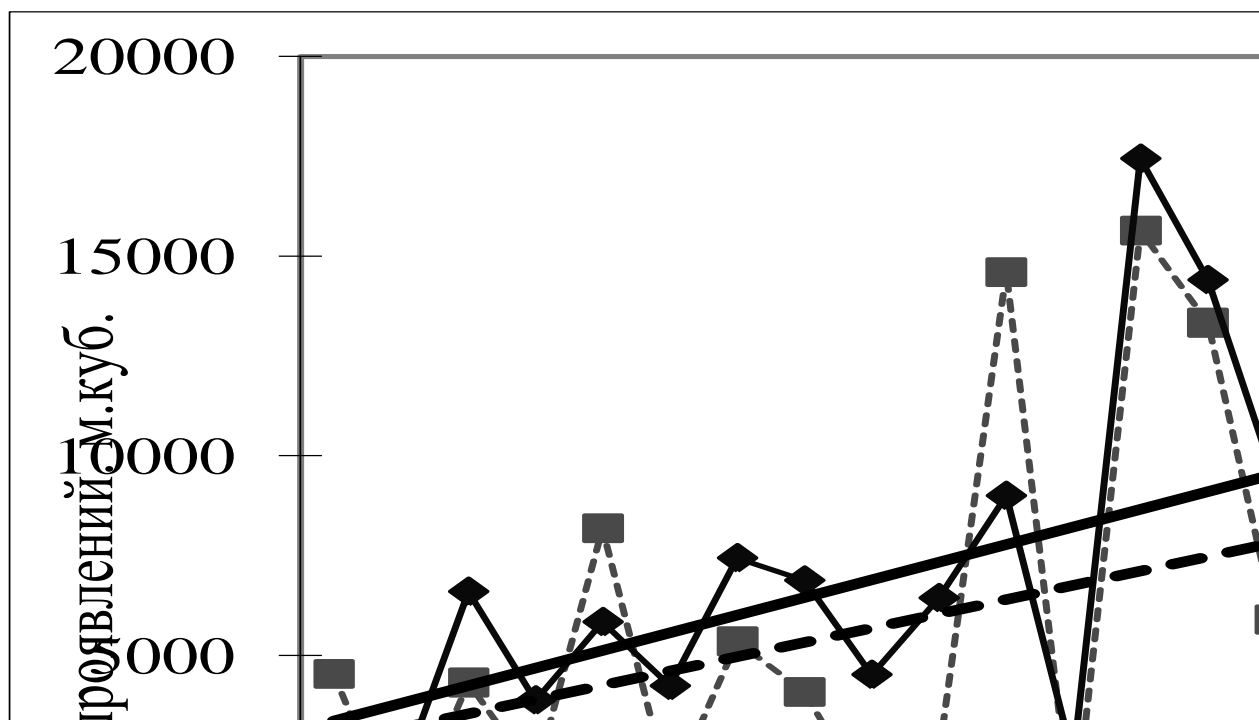


Рис.1. Тренды активности экзогенной геодинамики, 1991-2010 гг.

Изменения микроклимата, происходящие в пещерах, вызваны внешними по отношению к подземной среде факторами: температурой воздуха, дебитом, скоростью и температурой вод, поступающих в карстовые массивы. По сравнению с концом XX века, отмечаются значительные изменения параметров внешней среды, важных для динамики микроклимата пещер. Рост среднееголетней температуры воздуха на поверхности с 1998 по 2010 годы составил по данным Пинежской ГМС 1°C (с $0,1$ до $1,1^{\circ}\text{C}$), среднееголетнее количество осадков возросло с $557,7$ до $591,9$ мм.

Определяющее значение в изменениях микроклимата пещер имеет его зависимость от аномальных факторов внутригодового климатического цикла: ливневых дождей, внесезонных снегопадов, резких похолоданий в период весенних паводков, развитие дождевых паводков сразу после снеговых, а также длительность паводковых периодов.

Анализ многолетних температурных рядов пещер показал общую тенденцию к снижению температур воздуха в летний период. Значения зимних температур остаются, как правило, постоянными. По различным участкам пещер отмечено увеличение разрыва со среднегодовыми температурами воздуха на поверхности, с $0,3-0,5$ до $1,5-2^{\circ}\text{C}$.

Опыты по использованию температурных и температурно-влажностных логгеров в пещерах показали возможность получения дополнительной информации, помимо прямого назначения приборов. Подтверждена зависимость температуры воздуха от паводковых понижений температуры воды в весенний период (рис.2) и от ее повышений во время летних дождевых паводков, получены данные об их протяженности. Прослеживается взаимосвязь динамики температуры воздуха и его влажности в зимний период, 100% относительная влажность воздуха устанавливается в начале весенне-летнего периода.

Обводненность пещер отличается высокой сезонной изменчивостью. Амплитуда перепада паводково-меженных уровней подземных потоков составляет $1,5-3,5$ м, максимального значения достигает при подпоре воды. Расходы подземных потоков меняются от $10-15$ л/с в меженный период до $500-5000$ л/с (зафиксированный максимум – 10000 л/с) в паводок. Минерализация пещерных вод SO_4Ca , варьирует от $0,4-0,8$ г/л в

паводок, 1,8-2,5 г/л в межень, температура воды – от 0 до 2,5 °С, при максимуме до 5-8 °С во время дождевых паводков.

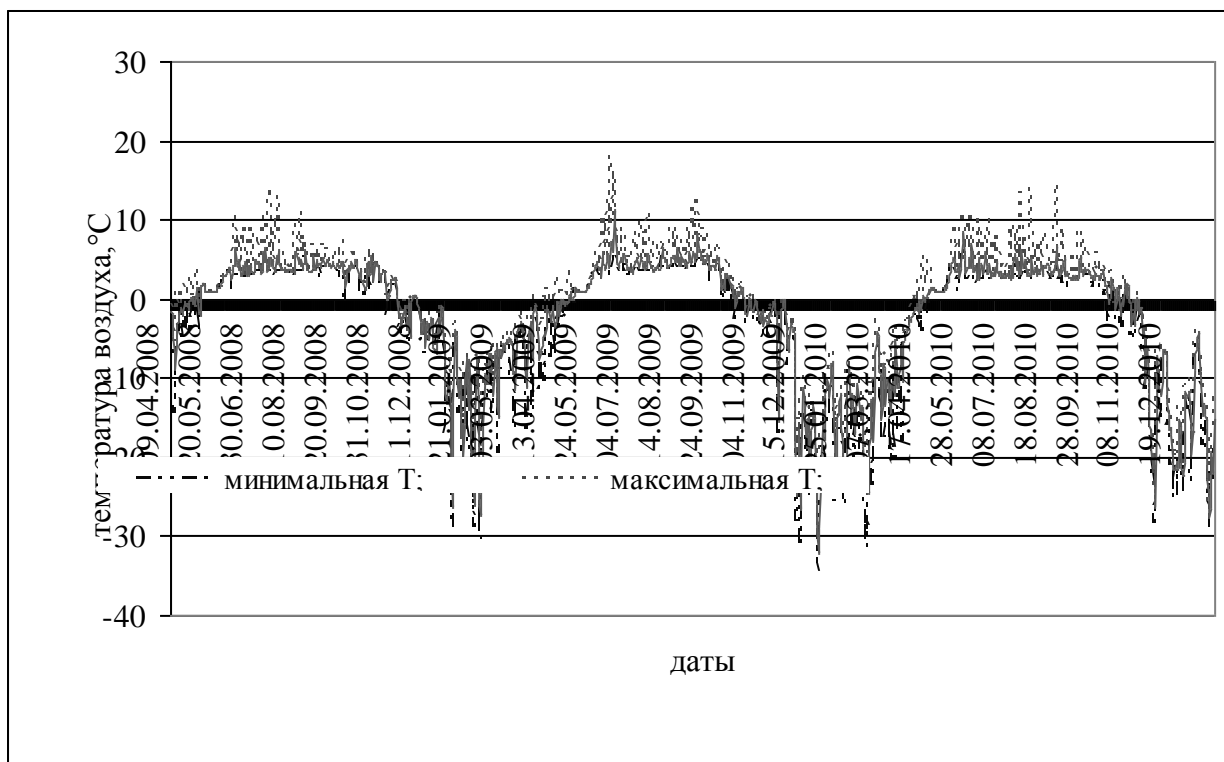


Рис.2. Динамика температуры воздуха на входе (пикет 1) в пещеру Бол. Голубинская. Совмещение линий (конец апреля – начало мая) в момент подтопления прибора.

В настоящее время в пещерах Пинежья продолжается сокращение объемов многолетних льдов, а также сроков развития сезонного оледенения по сравнению с наблюдавшимися до середины 90-х гг. XX века. За счет кратковременного роста температур при дождевых паводках в пещерах отмечается усиление таяния многолетних подземных льдов. В 2007-2009 годах начало образования сезонных льдов отмечалось на 1-2 месяца позже, что связано с затяжными осенними паводками на подземных водотоках. В настоящее время структура внутригодовых циклов оледенения восстанавливается.

По данным экспедиционного обследования к 2005 году в пещере Юбилейная (С-26) объем многолетней наледи сократился вдвое. Возраст ее по данным радиоуглеродного анализа составляет более 200 лет. Рост объемов многолетнего льда с начала XXI века был отмечен только в пещере Ледяная Волна, за счет нахождения наледи и водотока в различных ярусах пещеры. В результате роста наледи снизилась скорость циркуляции воздуха. В 2004 году вход в пещеру был закрыт обвалом.

За период наблюдений в пещерах выявлено более 330 проявлений ЭГП, преимущественно гравитационных, карстово-суффозионных и суффозионно-карстовых. Суммарный объем нарушений превышает 8700 м³. Наиболее значительны обвальнo-осыпные проявления связаны с гравитацией и термогравитацией, сопровождающейся закарстованием пород по трещинным зонам, а также с таянием многолетних льдов-цементов, крупных пластовых и жильных ледяных тел и многолетних сталагматов, повышающих устойчивость трещиноватых пород. Значительно воздействие водных

потоков разрушающих льды-цементы. Зона перепада уровней подземных потоков в межень и паводок достигает 2-3,5 м, что в годы высоких паводков приводит к полному или частичному разрушению ледяных образований в пределах подъема воды. Гравитационные процессы преобладают в объемном и количественном отношении и в привходовых зонах, и внутри пещер.

Наблюдения абиотического комплекса, проводимые в пределах заповедника и его охранной зоны, позволяют оценить климатические тренды современного периода, приводящие к нарушению гомеостаза поверхностного и подземного карста. Анализ результатов исследований позволяют координировать спелеологические работы как мониторингового, так и поисково-топосъемочного направлений, выявлять изменения карстового геокомплекса, выделить критерии оценки экологической ценности подземных объектов и безопасности их туристического использования.

Литература

1. Малков В.Н., Гуркало Е.И., Монахова Л.Б., Шаврина Е.В. и др. Карст и пещеры Пинежья. М.: Ассоциация «Экост». 2001. 208 с.
2. Методика изучения карста. Пермь, 1963. Вып.1-9.
3. Методика микроклиматических наблюдений в естественных и искусственных полостях в трещиноватых закарстованных породах и во льдах. Пермь, 1982. 8 с.
4. Методические рекомендации по изучению поверхностных и подземных вод в карстовых районах. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 150 с.
5. Проблемы изучения карстовых полостей гор южных областей СССР. Ташкент, 1983. 95 с.
6. Шаврина Е.В., Малков В.Н. Мониторинг карста и экзогенных геологических процессов // Компоненты экосистем и биоразнообразие карстовых территорий Европейского Севера России (на примере заповедника «Пинежский»). Архангельск, 2008. С.64-74.

THE EXPERIENCE OF INTERVAL PHOTOGRAPHY USEAGE FOR KULOGIR CAVES MONITORING

I.Vyahhi, S.Sorokin, N.Frants

Institute of geocology RAS

Tver State University

Arkhangelsk speleoclub "Labirint"

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КУЛОГОРСКИХ ПЕЩЕРАХ.

И.Э. Вяххи, С.В. Сорокин, Н.А. Франц

Институт геоэкологии РАН

Тверской Государственный Университет

Архангельская СА «Лабиринт»

Digital interval photography can provide unique data for cave research. Short-time recordings can be done with available digital cameras. For medium time range external power is required. For long duration we recommend to use Canon cameras with CHDK software and external microcontroller-based timer. Main problem for image quality is condensate on outside surfaces of camera box.

Введение.

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

В последнее время для мониторинговых исследований, помимо использования различных датчиков (температур, влажности и пр.), стала применяться технология длительной интервальной фотографической съемки в пещерах. В результате были получены уникальные данные, переводящие мониторинговые исследования в Кулогорских пещерах на новый качественный уровень.

В данной статье описаны технологии и результаты применения интервальной фотосъемки в Кулогорских пещерах в 2008 и 2009 гг. Эксперименты по совершенствованию технологии таких наблюдений продолжаются и в настоящее время.

1. Первые наблюдения в пещере Кулогорская-2, январь 2008 года.

Первый опыт интервальной фотосъемки был получен в январе 2008 года в зале Белое Безмолвие пещеры Кулогорская-2 (К-2). Использовался цифровой фотоаппарат Pentax Optio W10, имеющий прочный водонепроницаемый корпус и уже хорошо зарекомендовавший себя при съемках в пещерах.

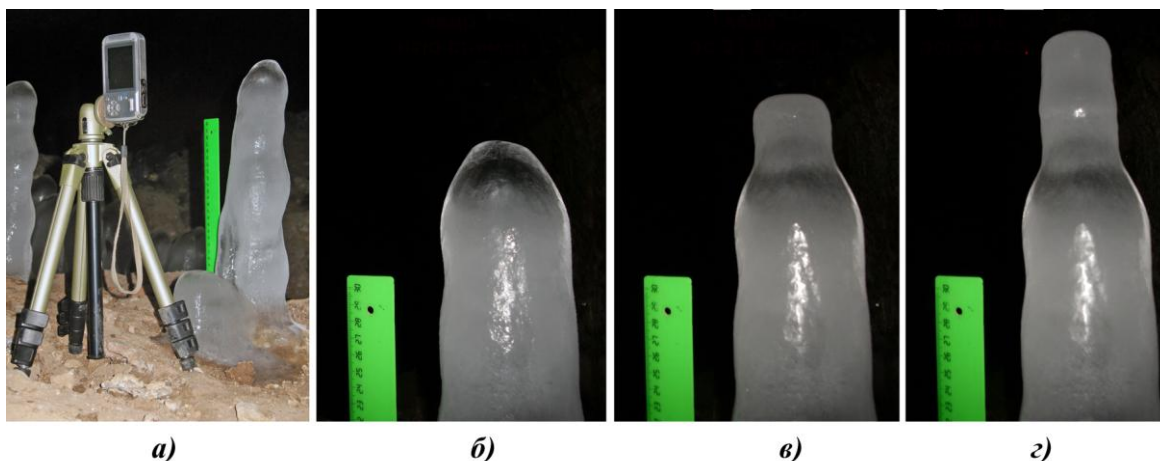


Рисунок 1. Наблюдение роста ледяного сталагмита в пещере К-2: а) установка фотокамеры; б) первый кадр; в) через сутки; г) через двое суток (последний кадр).

Объект съемки – небольшой ледяной сталагмит, высотой около 40 см (рис.1а). Фотокамера была установлена на штативе, съемка велась с 1 по 3 января, с интервалом 30 минут. В итоге было получено 86 кадров, отражающих динамику роста сталагмита.

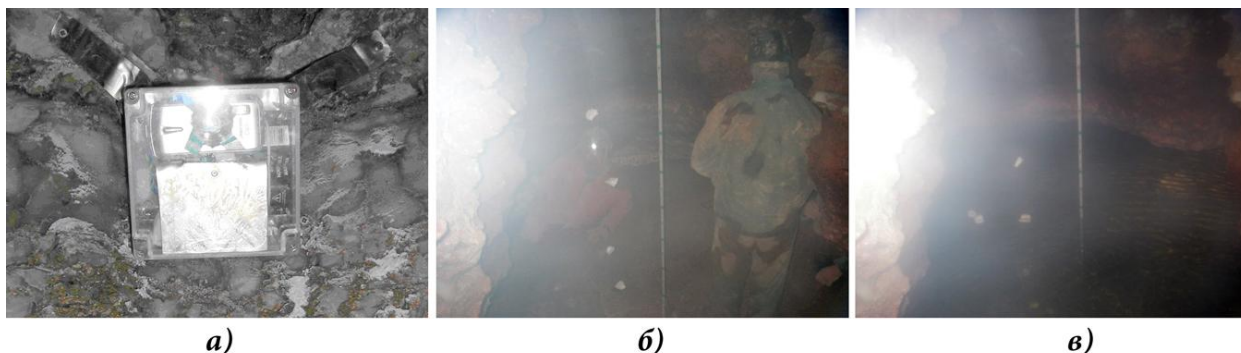
Как видно на Рис.1б-г, за неполные двое суток сталагмит «подрос» на 68 мм (средняя скорость роста - 16 мм/час). Ускорение роста сталагмита с одновременным уменьшением его диаметра объясняется резким (с +2 до -18С) похолоданием наружного воздуха, вентилирующего пещеру.

Первый опыт интервальной фотосъемки показал принципиальную возможность такой технологии для мониторинговых наблюдений небольшой длительности. При этом число кадров, которое может быть сделано в таком режиме, оказывается ограниченным ёмкостью встроенного аккумулятора фотоаппарата.

2. Весенний паводок 2008 года в пещере Водная (К-4).

Следующим экспериментом по использованию рассматриваемой технологии стала съёмка весеннего паводка 2008 года в пещере К-4 фотоаппаратом Pentax W10, с

использованием внешнего источника питания (2 свинцовых аккумулятора 2V 7Ah, соединенных последовательно), подключенных к штатному разъему внешнего питания фотоаппарата. Высота хода позволяла рассчитывать на то, что место установки камеры окажется не затопленным во время паводка.



*Рисунок 3. Интервальная съемка в пещере К-4 в 2008 году:
а) бокс с камерой; б) первый кадр - 3 апреля; в) последний кадр - 5 июня.*

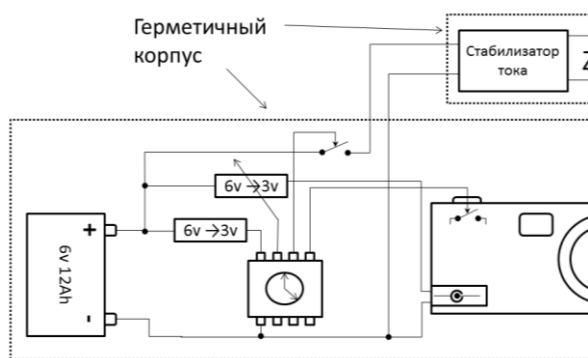
Использование разъема внешнего электропитания нарушает герметизацию фотоаппарата, поэтому камера вместе с аккумуляторами была помещена в герметичный пластиковый бокс (Рис.3а). Перед камерой была установлена вертикальная рейка с мерными линиями через каждые 20см. Кроме того, там же, для определения направления течения воды на разных уровнях, на натянутой от потолка до пола леске были закреплены пенопластовые поплавки.

Фотобокс был демонтирован в августе, но сама камера была активна с 3 апреля по 5 июня. Обследование бокса показало, что на этот момент аккумуляторы были еще заряжены, вода внутрь бокса не попала, однако наблюдался конденсат снаружи бокса. Этот конденсат серьезно испортил качество снимков, однако определить по ним уровни воды все же удалось. На низкое качество снимков также повлияло отражение встроенной вспышки от выступа стены слева от бокса (Рис.3б и 3в).

Анализ результатов фотосъемки позволил впервые получить часть гидрографа весеннего паводка в пещере К-4 и сравнить его с гидрографом реки Пинега.

3. Весенний паводок 2009 года в пещере К-4.

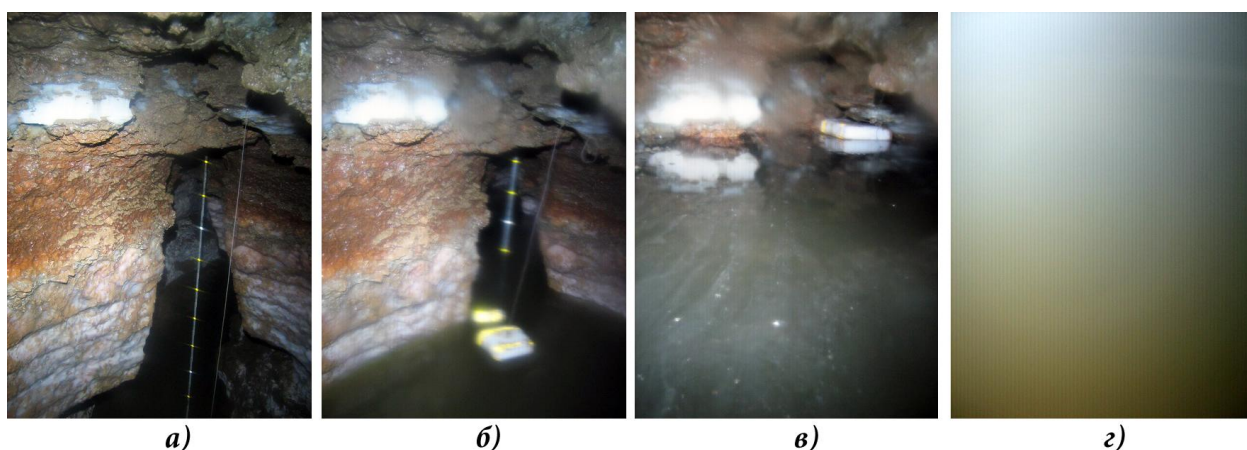
Использовавшийся фотоаппарат Pentax W10 позволяет задать число кадров не более 1000 и интервал - не более 99 минут, что ограничивает максимальную продолжительность съемки до двух месяцев, не вмещающих весь период паводка в Кулогорских пещерах. Данное обстоятельство заставило нас перейти к использованию фотоаппарата Canon A460. Для него, как и многих других фотокамер Canon, имеется возможность загрузки стороннего программного обеспечения CHDK [1], обеспечивающего полный контроль над функциями фотоаппарата, в том числе - возможность написания программ для управления камерой. С использованием CHDK разработаны и программы для интервальной съемки. Однако при реализации интервальной съёмки средствами CHDK невозможно выключить питание камеры в интервалах между кадрами, что приводит к слишком большому расходу электроэнергии.



а) б)
 Рисунок 4. Фотопост с таймером на микроконтроллере:
 а) структурная схема; б) устройство установлено в пещере К-4.

Для преодоления этого ограничения был изготовлен внешний таймер с использованием микроконтроллера Texas Instruments MSP430F2001 [2], который раз в три часа включает фотокамеру и внешний светодиодный светильник (Рис. 4б). При включении камеры в ней автоматически запускается написанная на СНДК программа, которая выставляет необходимые параметры съемки (в том числе дистанцию фокуса, что позволяет отказаться от ненадежно работающего при низком освещении автофокуса) и делает один кадр. Через 15 секунд после включения микроконтроллер выключает камеру. Для питания используется герметичный свинцовый аккумулятор 6 V 12Ah, напряжение которого подается на два блока питания – линейный низкого потребления для питания микроконтроллера и импульсный с выходным током 500 мА для питания камеры, который включается только на момент съемки.

Бокс с фотоаппаратом был установлен в пещере К-4 в конце марта 2009 года. Начало подъема воды было зафиксировано утром 12 мая (см. рис.6). Резкий подъем воды наблюдался в течение дня 12 мая, после которого бокс с фотоаппаратом оказался под паводковыми водами в течение 7 дней. После 18 мая начался, вначале быстрый, а затем все более медленный спад паводковых вод. К концу июня скорость спада воды снизилась до значений, неразличимых на фотографиях. Фотопост успешно проработал до его демонтажа в середине августа 2009 года.



а) б) в) г)
 Рисунок 5. Фотографии съемки весеннего паводка 2009 г. в пещ. К-4: а) установка фотоаппарата – 25 марта; б) начало паводка – 12 мая, 00:00 час; в) подъем воды – 12 мая 21:00 час; г) подъем воды выше уровня фотоаппарата – 13 мая, 3:00 час.

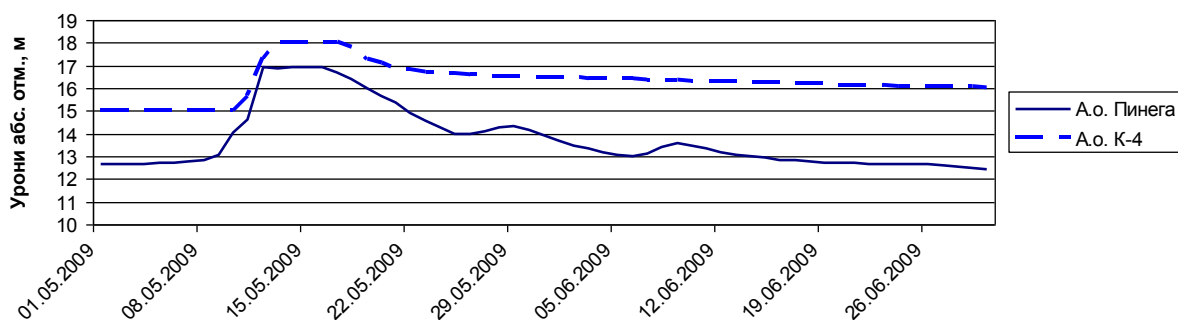


Рисунок 6. Гидрограф весеннего паводка реки Пинега и пещеры К-4.

4. Борьба с запотеванием объектива

Вынос источника освещения в отдельный корпус устранил засветку стекла перед объективом, однако даже без подсветки конденсат существенно ухудшает качество изображения. Нами был предпринят ряд попыток устранить конденсат с помощью специальных покрытий: использовались «незапотевающие» стёкла от защитных очков, а также различные составы против запотевания. Однако ни одно из средств не дало существенного результата. По всей видимости, единственным эффективным методом борьбы с конденсатом может стать подогрев стекла перед началом съемки. По предварительным оценкам, для подогрева потребуется в четыре раза больше электроэнергии, чем для питания фотоаппарата и подсветки. Начало испытания фотопоста с подогревом стекла планируется на осень 2011 года.

Выводы

Применение цифровой интервальной фотосъемки позволяет организовать регулярные визуальные наблюдения за гидрологическими и иными процессами, в условиях, когда пещеры недоступны для человека, или отсутствует постоянный персонал.

Для съемок небольшой продолжительности можно использовать без модификаций фотоаппараты, имеющие поддержку интервальной съемки. Для съемок средней продолжительности необходимо использовать внешнее питание фотоаппарата от аккумулятора большой ёмкости. Съемка большой длительности может быть осуществлена системой, включающей фотоаппарат Canon с дополнительным программным обеспечением, микроконтроллер и аккумулятор.

Для повышения информативности съемки в кадре целесообразно разместить различные указатели, позволяющие определять уровень воды и направление течения. Для улучшения видимости делений шкалы целесообразно использовать светоотражающие плёнки. Дополнительные параметры могут быть зафиксированы, например, логгерами температуры, установленными в районе съемки.

Улучшения качества картинки можно достичь с помощью использования внешней вспышки, или другого источника освещения, которые можно было бы расположить на большом расстоянии от камеры. Желательно избегать наличия в кадре светлых поверхностей стен рядом с камерой. На настоящий момент наибольшие проблемы вызывает конденсат.

Список литературы

[1] CHDK – альтернативная прошивка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://chdk.clan.su/>

[2] MSP430F20x1, MSP430F20x2, MSP430F20x3 Mixed Signal Microcontroller (Rev. F) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/gpn/msp430f2001>

SNOW AND ICE FORMATIONS IN ALTAI CAVES
V.K. Wistinghausen
СНЕЖНО-ЛЕДОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В ПЕЩЕРАХ АЛТАЯ
В.К. Вистингаузен

Русское географическое общество, Республика Алтай

Снег и лед в пещерах Алтая специально не изучался. Немногочисленные наблюдения, отраженные в литературе [1–12] сделаны, преимущественно, в процессе эпизодических маршрутных обследований пещер. Микроклиматические наблюдения в пещерах ограничиваются отдельными измерениями температуры воздуха. Единственные более длительные микроклиматические наблюдения проводились спелеологами Томского университета в 1967 году в пещере Ледяная Катушка в течение 2 суток через каждые 3 часа на трех постах. Один пост находился на поверхности у входа в пещеру, второй – в ледовой части пещеры, третий – в пещере, за пределами ледовой зоны. К сожалению, современное местонахождение отчета экспедиции неизвестно.

Снежно-ледовые скопления известны во всех карстовых районах Алтая. Высота расположения входов в пещеры не играет решающего влияние на наличие оледенения – скопления льда и снега известны в пещерах с высотой входов от 400 до 2000 м над уровнем моря. А. М. Маринин [9, с. 113–131] указывает, что входы в пещеры со льдом и снегом приурочены к склонам северной экспозиции, реже – западной и восточной. По нашим наблюдениям, экспозиция входа не оказывает решающего влияния на образование пещерных скоплений льда. Они встречаются и в пещерах, расположенных на южных склонах. Основной фактор, на наш взгляд, это возможность накопления вблизи входа в пещеру значительных масс снега повышенной плотности, в основном – за счет его метелевого переноса. Всего известно около 30 пещер со снегом и льдом, 2/3 которых – вертикальные.

По длительности существования можно выделить сезонные, перелетовывающие и многолетние скопления льда и снега. Из-за малого количества наблюдений провести грань между ними не всегда возможно. По типам можно выделить снежники, ледники, наледи, ледяные натеки и сублимационный лед (иней). Сезонные и перелетовывающие снежники образуются во многих карстовых колодцах и шахтах. Сезонные снежники так же встречаются в привходовой части некоторых горизонтально-наклонных пещер, где держатся до начала лета. В отдельных случаях скопления снега на дне колодцев и шахт, вследствие процессов уплотнения и конжеляции, превращаются в фирн и лед. Такие многолетние скопления, вне зависимости от их размеров, надо считать уже ледниками, хотя, строго говоря, на Алтае нет наблюдений, фиксирующих движение этих фирно-ледовых масс. Но такие наблюдения сделаны в пещерах других территорий [13]. Ледники в вертикальных пещерах Алтая отмечены на глубинах от 4 до 40 м от поверхности. Некоторые из них имеют вид снежно-ледовых пробок в стволах карстовых шахт выше их дна.

Наледи пещер формируются, преимущественно, за счет инфлюационных потоков воды, замерзающей на полу пещеры при одновременном затекании или застаивании холодного воздуха. Они могут быть сезонными и перелетовывающими, но чаще имеют многолетний характер, поскольку образовавшаяся наледь способствует дальнейшей аккумуляции холода. Вода, формирующая наледи, чаще всего образуется при таянии снега, в том числе сезонных снежников карстовых форм. Наледи пещер нередко именуются ледниками, что терминологически неверно. Так, А.М. Маринин называет Кульдюкскую пещеру (Семинский хребет) «крупнейшим подземным ледником Алтая» [10], хотя лед ее считает гидрогенным. Правда, в данном случае, не исключено и смешанное происхождение льда.

Ледяные натеки (сталактиты, сталагмиты, колонны, занавеси, коры и т. д.) образуются за счет замерзания инфильтрационных вод. В большинстве случаев это сезонные образования, но встречаются и многолетние, которые только претерпевают сезонные изменения. Иногда опадающие в теплый сезон мощные сосульки образуют ледяные скопления на полу пещеры. Не вполне ясен механизм образования крупных (до 3 м в сечении, до 15 м длиной) висячих ледяных форм, прикрепленных к стенкам вертикальных полостей.

Скопления инея в зимний период отмечаются в привходовых частях многих пещер. В отдельных пещерах они могут встречаться круглый год. Опадающие кристаллы инея принимают участие в формировании льда ледников и наледей.

Лед пещерных водоемов является спорной формой, так как ледяные «озера» пещер на проверку нередко оказываются наледями. Тем не менее, на Алтае известны 2 полости, в которых наблюдался лед на поверхности воды. Пещера Ледовитая (Теректинский хребет) представляет шахту, выводящую в потолок зала. На глубине 30 м от поверхности весь зал затоплен озером глубиной площадью 240 кв. м. Только под отверстием входного колодца имеется ледяной остров. Вторая похожая пещера, Песочная (Башчелакский хребет) имеет вид колодца затопленного на глубине 11 м. На поверхности воды плавают льдины. В обоих случаях не выяснено, есть ли лед под водой.

Спорным также является вопрос о связи оледенения пещер с многолетней мерзлотой. Одни авторы [9] считают, что такая связь есть, другие [6, 11] – что ее нет.

В связи с муссированием темы так называемого «глобального потепления» (являющегося, на наш взгляд, восходящей частью векового цикла геоклиматических колебаний) представляет интерес вопрос о реакции на него пещерных льдов. Наши наблюдения говорят о неоднозначности данного процесса. В 1969 году в пещере Ящур в середине лета наблюдалось мощное скопление льда и снега с кристаллами инея и ледяными сталагмитами. Снег попадал в обширный грот через два отверстия в потолке на глубину 10 м. В 2005 и 2008 годах, в тот же сезон года в пещере льда не было вовсе. К этому же времени полностью исчезло и снежно-фирновое скопление, ранее находившееся в наклонной Дмитриевской шахте заброшенного Ново-Чагырского рудника. В 1969 г. лед в ней располагался на глубине от 20 до 40 м от входного отверстия.

В тоже время, в пещере Тигирек-2, расположенной в 3 км к западу от пещеры Ящур, размеры снежно-ледового скопления увеличились. В 1959 году лед незначительной мощности покрывал дно наклонного хода от дна воронки до устья первого колодца. В 2008 года этот ход был полностью забит снегом и льдом, перекрыв доступ в глубину пещеры. На поверхности льда была лужа талой воды. Предполагаемая мощность ледяной пробки составляла несколько метров. Поблизости от пещеры Тигирек-2 находится пещера Фирновая, наклонной щелью уходящая вглубь массива. В ней, начиная с 5 м от входа, наблюдалось скопление фирна, прослеженное до глубины 30 м, где фирн практически полностью перекрыл полость. Продолжает сохраняться и ледник в пещере Ледяная Катушка, находящейся в 1 км от Ново-Чагырского рудника. Входы во все эти пещеры располагаются в пределах высот 370 – 770 м над уровнем моря. Во всех случаях наблюдения произведены в июле.

Вход в Дмитриевскую шахту расположен на плоской вершине горы. Входы в пещеру Ящур находятся на склоне юго-восточной экспозиции. Входы в пещеры Тигирек-2, Фирновая, Ледяная Катушка расположены на склонах северо-западной экспозиции. Так что в данном случае, экспозиция входов, возможно, имеет значение. Кроме того, размеры и положение входов в Дмитриевскую шахту и пещеру Ящур способствуют большему прогреванию этих полостей. У пещерных снежников и ледников, в отличие от горных, в первую очередь таянию подвергаются зоны их питания.

В заключение надо сказать, что изучение снежно-ледовых образований пещер и, особенно, их динамики невозможно без длительных наблюдений, желательно стационарных, с использованием современной метеорологической аппаратуры. Для подобных стационарных наблюдений в Алтайском крае более всего подходит пещера Ледяная Катущка у с. Усть-Чагырка Краснощековского района.

Литература

1. Вистингаузен В.К. Пещера Ящур // Красная Книга Алтайского края. : Особо охраняемые природные территории. Барнаул, 2009. С. 206-207.
2. Вистингаузен В.К., Платонова С.Г., Бондаревская С.А. Лог Страшной // Красная Книга Алтайского края.: Особо охраняемые природные территории. Барнаул, 2009. С. 199-201.
3. Вистингаузен В.К.. Пещера Ледяная Катущка – зона особой охраны государственного природного комплексного заказника краевого значения «Чинетинский» // URL: «Красная книга Алтайского края: особо охраняемые территории» (Электронный ресурс локального доступа). Барнаул, 2010.
4. Вистингаузен В.К. Гора Рудничная с пещерой Рудничная и с пещерой-рудником «Ново-Чагырский» – зона рекреации государственного природного комплексного заказника краевого значения «Чинетинский» // URL: «Красная книга Алтайского края: особо охраняемые территории» (Электронный ресурс локального доступа). Барнаул, 2010.
5. Дмитриев В.Е, Вистингаузен В.К.. Оледенение карстовых пещер СССР // Мероприятия по повышению устойчивости земляного полотна в карстовых районах БАМ и другие вопросы карстоведения.: Тезисы докладов всесоюзного научно-технического совещания, 19-21 октября 1977 г. – Красноярск, 1977.
6. Максимов Г.М. Карст и пещеры центра Горного Алтая // Свет, № 4 (10), 1993, с. 20.
7. Маринин А.М. Кульдюкская ледяная пещера // Известия Алтайского отдела Географического общества СССР. 1969. В. 9. С. 22-33.
8. Маринин А.М. Пещеры-ледники Алтая // Проблемы гляциологии Алтая. Томск, 1972. С. 24-26.
9. Маринин А.М. Карст и пещеры Алтая. Новосибирск, 1990. 148 стр.
10. Маринин А.М. Кульдюкская пещера – крупнейший подземный ледник на севере Алтая // Особо охраняемые природные территории и объекты Республики Алтай и горных систем центра Евразии.: Пути и проблемы устойчивого развития. Горно-Алтайск, 1998 (?). С. 106-108.
11. Р.А. Цыкин, Ж.Л. Цыкина, К.П. Черняева. Пещеры Алтае-Саянской горной области. Рукопись. Красноярск, 1979. ВИНТИ, Деп-№1875-79. 163 с.
12. Черняева К.П., Седымова В.В. Пещеры-ледники некоторых районов Горного Алтая и Кузнецкого Алатау // Проблемы гляциологии Алтая. Томск, 1972. С. 121-123.
13. Дмитриев В.Е. О ледовых образованиях некоторых пещер Кузнецкого Алатау // Вопросы географии Кузбасса и Горного Алтая. Вып. 6. Новокузнецк, 1972.