

<sup>1</sup>О.И.Кадебская, <sup>2</sup>Н.Г. Максимович

<sup>1</sup>Горный институт УрО РАН, Пермь

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт Пермского государственного университета

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРДИНСКОЙ ПЕЩЕРЫ

<sup>1</sup>O.I. Kadebskaya, <sup>2</sup>N.G. Maximovitch

<sup>1</sup>Mining institute of Ural Branch Russian Academy of Sciences, Perm

<sup>2</sup>Natural Sciences Institute Perm University

## GEOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL PRECONDITIONS OF ORDINSKAYA CAVE ORIGIN

### Summary

Geological, hydrogeological and hydrogeochemical preconditions of Ordinskaya Cave (the longest underwater gypsum cave in the Earth) origin are considered. The question of cave formation is reconsidered.

### История исследований

Подводная Ординская пещера находится на Казаковской горе в 1,5 км юго-западнее с. Орда (Пермский край), в междуречье р. Ирени и ее притока р. Кунгур.

В геоморфологическом отношении Казаковская гора высотой от 40 до 60 м относится к полого-склонным холмам с плоской вершиной. Абсолютные отметки рельефа от 137,0 м (урез воды пруда на р. Кунгур), до 196 м – высшей отметки Казаковской горы. Участок входит в Иренский район интенсивного карста в гипсах и ангидридах и граничит с востока с районом карбонатного карста сводовой части Уфимского плато (К.А. Горбунова и др., 1992). В тектоническом отношении участок расположен на пологом западном крыле Уфимского вала Восточно-Европейской платформы, ось которого погружается в северном направлении.

Междуречье Ирени и Сылвы относятся к гидрогеологической области Уфимской макробрахиантиклинали с подтипом режима умеренного питания подземных вод атмосферными осадками. В пределах Уфимского карстового бассейна Г.К. Михайловым и Б.А. Булдаковым были выделены две крупные гидрогеологические зоны субмеридионального направления, которые приурочены к долгоживущим тектоническим разломам. Указанными авторами были отмечены повышенная водообильность пород на исследуемом участке, наличие крупных родников и преобладание подземного стока в Кунгурской водообильной зоне, которая является четкой границей между Западным и Центральным гидрогеологическими районами Уфимского плато. Наиболее крупные родники были выявлены в Кунгурской водообильной зоне на восточной границе Западного гидрогеологического района, где расположены локальные тектонические поднятия с повышенной трещиноватостью пород. Было установлено, что на исследуемом участке средний модуль стока и средний дебит родников в 3,2 раза и в 1,9 раза соответственно превышают эти же показатели для всего Западного гидрогеологического района, а удельный водоприток на отдельных участках в 2,5 раза выше среднего. По краям структуры имеются семь родников, относящихся к классам больших и очень больших и имеют суммарный дебит 390 л/сек. Дебит скважин пробуренных здесь – 2 л/сек, при среднем дебите ближних к участку скважин 1,2 л/сек. Было выявлено, что активная разгрузка подземных вод на исследуемом участке обусловлена подъемом куполовидной структуры в неоген-антропогенное время и ее интенсивным развитием в настоящий период.

Первое упоминание об Ординской пещере в литературе появилось в 1969 г. (Г.А. Максимович, 1969), а активное исследование началось в начале 90-х гг. прошлого столетия, когда пермскими спелеологами была закартирована сухая часть пещеры. В марте 1994 г. после погружения в озеро в привходовом гроте В. Комаровым были пройдены первые 100 м подводных ходов. К настоящему времени закартировано 4400 м из которых более 4 км

расположены под водой. На данный момент она является самой длинной в Мире подводной пещерой в сульфатных отложениях.

В первой обобщающей работе (Н.Г. Максимович и др., 2006) основное внимание было уделено морфометрическим характеристикам пещеры, особенно ее подводной части. Вопросы формирования пещеры остались практически незатронутыми.

Выполненное авторами в 2009 г. обследование района пещеры, топографические работы, анализ химического состава подземных и поверхностных вод и некоторые другие исследования позволили уточнить представления о происхождении пещеры.

### Геолого-литологические условия формирования пещеры

Выполненное совместно с М.С. Пятуниным, нивелирование (при помощи электронного тахеометра Nikon DTM-352), позволило рассчитать абсолютные отметки входа и всех литологических пачек иренской свиты вскрытых в сухой части пещеры. Полученные А.А. Горбуновым и Д.А. Михалевым, с помощью подводного компьютера Dive Rite с встроенным электронным глубиномером замеры подошвы и кровли позволили в дальнейшем вычислить абсолютные отметки основных галерей подводной части пещеры. Использование фондовых материалов 1969 г. структурно-поискового бурения Н.Н. Бачуриной, А.М. Насырова и рассчитанные отметки пачек позволили уточнить положение пещеры в геологическом разрезе Казаковской горы (рис. 1).

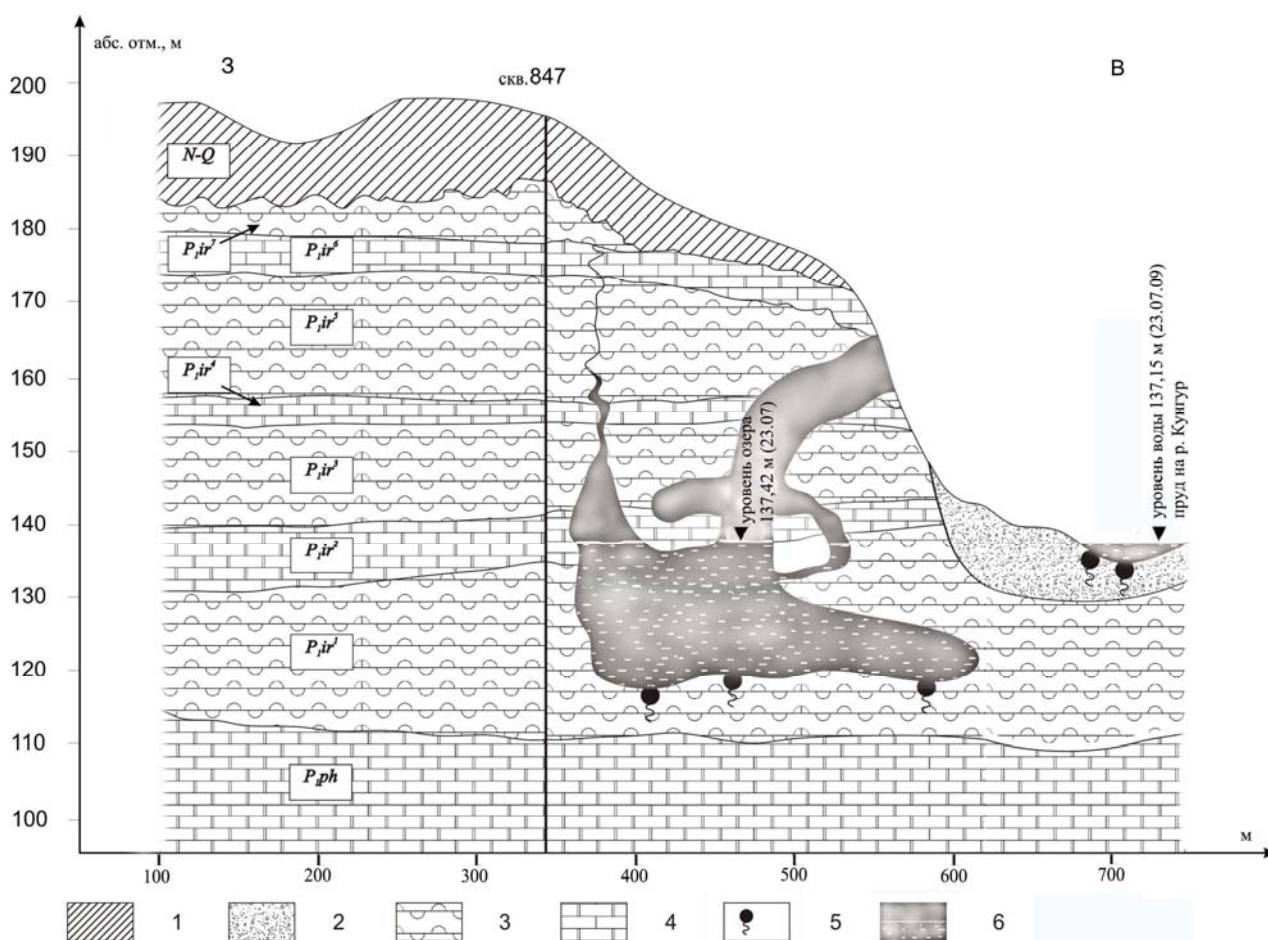


Рис 1. Геологический разрез Казаковской горы в районе входа в пещеру.

1 - неоген-четвертичные отложения, 2 – аллювиальные отложения, 3 – сульфатные пачки иренского горизонта, 4 – известняки и доломиты иренского и филипповского горизонтов, 5 – места разгрузки сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевых вод,, 6 – расположение гротов Ординской пещеры

Положение литолого-стратиграфических подразделений приведено снизу вверх.

1. **Ледянопещерская пачка** ( $P_{1ig^1lp}$ ) представлена гипсоангидритами с тонкими прослоями доломитов. Абсолютная отметка низа пачки в районе пещеры находится на отметке 111-115 м. Наиболее глубокие части пещеры находятся в непосредственной близости к филипповским доломитам. Это нижние части гротов Красноярского хода (абс. отм 118 м), грот Подвал (абс. отм. 121 м) и др. Общая мощность ледянопещерской пачки 20-25 м. Вся пачка обводнена и находится ниже уровня подземных вод.

2. **Неволинская пачка** ( $P_{1ig^2nv}$ ) сложена доломитами. Подошва пачки находится на отметке 137-135 м. В пещере граница ледянопещерской пачки и неволинской хорошо видна над Главным озером, в котором находится вход в подводную часть пещеры. В верхней части пачки расположен Доломитовый ход в Сухой части пещеры. Мощность пачки 4-8 м.

3. **Шалашнинская пачка** ( $P_{1ig^3sch}$ ) сложена гипсами и ангидритами. Мощность пачки 12-15 м. Подошва пачки вскрывается в гроте Ледяной дворец и галерее ведущей к гроту Максимовича и имеет абсолютные отметки 139-142 м. Кровля имеет абс. отм. 154 м.

4. **Елkinская пачка** ( $P_{1ig^4el}$ ) представлена доломитами светло-серыми и серыми, мелкозернистыми. Мощность пачки 3-4 м. Абсолютная отметка кровли 157 м.

5. **Демидковская пачка** ( $P_{1ig^5dem}$ ) сложена гипсами. Мощность демидковской пачки 12-18 м. Пачка вскрывается у входа Ординской пещеры, а также в свежем провале на Казаковской горе. Абсолютная отметка кровли 169-175 м.

6. Глыбовые выходы известняков **туйской пачки** ( $P_{1ig^6tu}$ ) вскрываются повсеместно на задернованном склоне Казаковской горы и небольших карьерах. Общая мощность пачки 5-10 м, абсолютная отметка кровли 179-180 м. Туйская пачка в нижней части представлена белыми и светло-серыми кристаллическими известняками, участками окремнелыми, иногда доломитизированными. Эти породы служат надежным маркирующим горизонтом и характеризуются присутствием палыгорскита. Последний был найден нами в 200 метрах южнее входа пещеры, на абсолютной отметке 175 м.

7. Ангидриты и гипсы **лунежской пачки** ( $P_{1ig^7ln}$ ) сохранилась только в северной части Казаковской горы и вскрыта скважинами на абсолютных отметках 184-187 м. Общая мощность остатков лунежской пачки на Казаковской горе 4-8 м, над Ординской пещерой она полностью размыта.

Таким образом, Ординская пещера имеет общую амплитуду равную 50 м и расположена в туйской, демидковской, елkinской, шалашнинской, неволинской и ледянопещерской пачках иренского горизонта, что например, в 1,6 раза превышает амплитуду Кунгурской Ледяной пещеры и вскрывает большее количество литологических слоев (Кунгурская Ледяная пещера, 2005).

#### **Гидрогеологические особенности пещеры**

Зона активной циркуляции вод Уфимского плато ограничена снизу поверхностью эрозионного вреза или наличием и глубиной залегания поддолинных карстовых каналов. Она включает зону вертикальной, горизонтальной, подрусловой и сифонной циркуляции карстовых вод. Нижняя граница зоны проходит на абсолютных отметках 90-100 м. На Уфимском валу преобладает поперечный относительно его оси сток карстовых вод по падению пород на восток и запад. Воды разгружаются в зонах литогенетических контактов или тектонических нарушений в виде высокодебитных родников типа воклюзов и субаквально в озера и русле рек, а также в трещины карстующихся пород. Все эти виды разгрузки наблюдаются в районе Ординской пещеры.

На правом берегу р. Кунгур находится мощный Арсеновский источник с дебитом до 390 л/сек. На дне пруда р. Кунгур по данным термо- и резистивиметрии ранее нами выявлена зона разгрузки подземных вод. В самой пещере в подводной части наблюдается разгрузка в виде восходящих источников со дна некоторых гротов, что более подробно будет рассмотрено ниже.

К массиву Казаковской горы приурочен водоносный комплекс иренского горизонта кунгурского яруса. В нижней части кунгурских отложений, как правило, формируются

разобщенные карстовые водотоки, что подтверждается наличием высокодебитных родников и безводных скважин.

Судя по схеме А.В. Турышева (1962), в междуречье Ирени и Кунгура существует водораздел подземных вод, от которого вода движется в западном направлении к р. Ирени и в восточном направлении – к р. Кунгур, через Ординскую пещеру. Различные виды движения воды в массиве подтверждаются некоторыми натурными наблюдениями.

Анализ видеоматериалов подводной съемки выполненной А.Г. Филимоновым позволил выявить на дне пещер серии углублений округлого сечения глубиной до 1 м (рис. 2), которые напоминали восходящие субаквальные источники. По словам дайверов их размеры в течение 3-4 лет существенно увеличились, а во время паводка на дне гротов Большого зала, Подвала, Основной галереи, Каньона, Красноярского и Челябинского ходов фиксировались пульсирующие струи.

Вертикальное движение воды было отмечено А.А. Горбуновым: во время весеннего паводка 2009 г. Вода со взвесью глинистых частиц двигалась из нижней горизонтальной галереи хода Подвал по почти вертикальному каналу хода Каньон в вышележащую горизонтальную галерею Основного хода. Восходящее движение вод подтверждается и морфологией пещеры: на пересечении галереи Каньон и Основной галереи на своде имеется образованный за счет растворения восходящими потоками воды, так называемый Большой пузырь (купол) диаметром около 12 м, где скапливается воздух. Несколько меньших по диаметру куполов такого же происхождения прослеживается на своде, если двигаться по галерее Основного хода из сухой части к гроту Большой зал.



Рис. 2. Восходящий источник на дне грота Подвал в подводной части пещеры, съемка А.Г. Филимонова

Другое направление движения воды в пещере наблюдается параллельно течению в р. Кунгур в Московском и Свердловском ходах. Происхождение этих галерей очевидно связано с развитием трещин бортового отпора. Вследствие высокой проницаемости карстового массива во время паводка мутная вода поступает из речной системы по трещинам в дальнюю часть галерей и доходит до сухой части пещеры примерно за 5-7 дней. В некоторых гротах Московского и Свердловского ходов можно увидеть остатки деревьев, попавшие туда, по-видимому с паводковыми водами. До Красноярского и Челябинского ходов мутная вода не доходит. Даже во время межени, когда поднимают взвесь со дна пещеры в Московском ходе, она также двигается к сухой части, что указывает на движение воды в северо-восточном направлении.

Во время летней межени 23 июля 2009 г. М.С. Пятуниным было проведено нивелирование уровней стояния воды в озерах пещеры и пруда на р. Кунгур при помощи электронного тахеометра Nikon DTM-352, имеющего следующие технические характеристики: минимальный отсчет – 1”, точность измерения горизонтальных углов – 5”,

точность измерения вертикальных углов – 5", дальность измерения электронного дальномера – 2000 м на одну призму, точность измерения – 5 мм/км. После обработки результатов съемки было установлено (рис. 1), что зеркало пещерных озер располагается на 27 см выше уровня пруда на р. Кунгур. Отметим еще два факта: по данным (Н.Н. Бачурина, А.М. Насыров) полученными при бурении в южной части Казаковской горы в 1969 г. в скважинах отмечались местные напоры. Во время спуска пруда на р. Кунгур в 2005 г. уровень воды в озерах пещеры оставался практически неизменным.

### Гидрогеохимические особенности пещеры

В 1996 г. было установлено, что подземные воды относятся к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевой гидрохимической фации, и имеют достаточно высокую минерализацию (до 2400 мг/л). До настоящего времени пробы воды в пещере отбирались только с поверхности озер.

Выполненный по нашей просьбе отбор проб А.А. Горбуновым и Д.А. Михалевым в основных галереях подводной части пещеры и позволил охарактеризовать состав воды на разных уровнях пещеры во время весеннего паводка и во время летней межени (табл. 1). Для сравнения нами были отобраны пробы воды в пруде на р. Кунгур выше и ниже пещеры, Арсеновском и Подзுவском источниках.

В пробах отобранных из мест выхода подземных вод, представляющих собой углубления на дне в Арсеновском источнике (диаметр отверстий до 5 м, глубина до 3 м) и Большом зале пещеры (диаметр отверстий до 2 м, глубина до 1 м) выявлено относительно высокое содержание гидрокарбонатов (до 317 мг/л). В других пробах из Челябинского, Красноярского, Московского ходов, Основной галереи и Подвала количество их равно или немного ниже (280 мг/л). В пробе воды из пруда р. Кунгур выше пещеры гидрокарбонатов еще меньше (195 мг/л). Сопоставление с химическим составом вод Кунгурской пещеры локализованной среди сульфатов ледянопещерской пачки показывает, что в последней их количество не превышает 190 мг/л (Кунгурская Ледяная пещера, 2005). Повышенное содержание гидрокарбонатов может свидетельствовать о поступлении вод из известняков и доломитов филипповского горизонта. Высокая минерализация и преобладание сульфат-иона может являться результатом смешения вод филипповского горизонта с минерализованными водами иренского горизонта.

Для оценки растворяющей способности воды по отношению к гипсу нами была использована методика Скилмена-Мак Дональда-Стиффа, эффективность которой была изучена в работах ОАО «БашНИПнефть» (Н.Р. Яркеева, 1999). В основе ее лежит определение равновесной концентрации сульфата кальция и сравнение ее с фактической концентрацией сульфата кальция в воде (табл.).

Равновесная концентрация определяется по уравнению:

$$C_{CaSO_4}^p = 1000 \cdot \left( \sqrt{X^2 + 4K} - X \right)$$

где  $C_{CaSO_4}^p$  - равновесная концентрация сульфата кальция в воде, мг-экв/л;  $X$  - избыточная концентрация гипсообразующих ионов, мг/л;  $K$  - константа растворимости гипса. Избыточная концентрация  $X$  определяется по формуле:

$$X = (2.5 \cdot C_{Ca^{2+}} - 1.04 \cdot C_{SO_4^{2-}}) \cdot 10^{-5}$$

где  $C_{Ca^{2+}}$ ,  $C_{SO_4^{2-}}$  - концентрация ионов  $Ca^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$ , в воде по данным шестикомпонентного анализа, мг/л.

Ионная сила раствора  $I$  рассчитывается как сумма концентраций ионов с учетом соответствующих коэффициентов пропорциональности по уравнению:

$$I = (2.2 \cdot C_{Na^+} + 1.4 \cdot C_{Cl^-} + 0.8 \cdot C_{HCO_3^-} + 5.0 \cdot C_{Ca^{2+}} + 8.2 \cdot C_{Mg^{2+}} + 2.1 \cdot C_{SO_4^{2-}}) \cdot 10^{-5}$$

Зная ионную силу, определяется величина константы растворимости для растворов при различных температурах. Температура воды в пещере в этот период равна 4°C. Значения констант растворимости, могут быть записаны в виде уравнения регрессии:

$$K = (2,668928 + 16,30784 \cdot l + 0,02900295 \cdot t + 0,001478 \cdot l \cdot t - 0,0004435 \cdot t^2 + 2,365462 \cdot l^2) \cdot 10^{-4}$$

Количество фактически находящегося сульфата кальция в растворе  $C^p_{CaSO_4}$  определяется по концентрации того иона ( $Ca^{2+}$  или  $SO_4^{2-}$ ), который находится в данной воде в меньшем количестве. Если  $C_{CaSO_4} > C^p_{CaSO_4}$  то данная вода пересыщена сульфатом кальция, и избыток его выпадает в осадок.

Как видно из проведенных расчетов (таблица), концентрация сульфата кальция в воде из подводных галерей далека от насыщения (от 68,8% в Московском ходе до 76,6% в Большом зале), поэтому во всех частях пещеры вода способна растворять и насыщаться сульфатом кальция. Для сравнения процент насыщения сульфатом кальция был рассчитан и для воды в пруде р. Кунгур, выше пещеры он составил 63,1%, а ниже 65,1%. Низкий процент насыщения в Московском ходе по сравнению с другими галереями пещеры, также может говорить о взаимосвязи этой галереи с прудом на р. Кунгур.

Сопоставление состава воды в Большом зале в паводковый и меженный периоды на разных высотах не показал существенных различий в общей минерализации. Однако по проценту насыщения солями сульфата кальция видно, что весной насыщение воды идет снизу вверх от зоны разгрузки к кровле, а летом наоборот (рис. 3).

Таблица

Химический состав воды района Ординской пещеры,  
равновесная концентрация сульфата кальция ( $C^p_{CaSO_4}$ ) и сравнение ее с фактической концентрацией сульфата кальция в воде ( $C_{CaSO_4}$ ), 2009 г.

№	Место отбора	дата отбора	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na+K	Fe <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub>	общая мин-я	$C^p_{CaSO_4}$	$C_{CaSO_4}$	% насыщения
1	Пещера, Большой зал, углубления на дне	24.04	317,29	1413,37	10,93	5,90	-	589,18	36,46	63,12	-	-	2436,25	39,3	29,4	74,8
2	Пещера, Большой зал, углубления на дне	25.05	292,80	1315,20	12,00	3,12	-	581,20	24,40	35,90	0,01	-	2264,63	38,1	29,0	76,0
3	Пещера, Большой зал, кровля	25.05	292,80	1296,00	12,00	11,83	-	581,20	19,52	40,00	0,02	-	2253,37	37,9	29,0	76,6
4	Московский ход, ближняя часть	25.05	292,80	1356,00	12,00	16,97	-	581,20	26,84	57,97	0,02	-	2343,80	38,7	29,0	74,0
5	Московский ход, дальняя часть	25.05	292,80	1356,00	12,00	16,97	-	581,20	26,84	57,95	0,01	-	2343,77	38,7	29,0	74,0
6	Московский ход, низ	22.05	286,78	1247,66	14,35	17,70	-	561,12	34,03	13,68	-	-	2175,32	37,8	26,0	68,8
7	Московский ход, кровля	22.05	286,78	1364,63	15,72	18,20	-	557,11	38,89	68,16	-	-	2349,49	39,4	27,8	70,6
8	Основная галерея низ	22.05	292,88	1384,13	13,67	14,60	-	561,20	40,10	70,80	-	-	2377,38	39,6	28,0	70,8
9	Основная галерея кровля	22.05	292,88	1423,12	15,72	16,00	-	557,11	38,89	99,12	-	-	2442,84	40,3	27,8	69,0
10	Подвал низ	22.05	286,78	1306,15	15,72	14,20	-	565,13	36,46	32,64	-	-	2257,08	38,6	27,2	70,5
11	Красноярский ход, низ	22.05	280,68	1335,39	14,35	13,60	-	569,14	35,24	41,28	-	-	2289,68	38,8	27,8	71,6
12	Большой зал, кровля	14.08	280,68	1286,75	11,44	15,50	-	561,12	36,46	23,04	-	-	2214,99	38,8	26,8	69,1
13	Большой зал, низ	14.08	280,68	1286,75	11,44	14,40	-	569,14	34,03	17,76	-	-	2214,20	38,8	26,8	69,1
14	Большой зал, углубления на дне	14.08	280,68	1345,34	10,67	14,00	-	569,14	38,89	36,96	-	-	2295,68	38,9	28,0	71,9
15	Подвал, углубления на дне	14.08	280,68	1325,65	10,67	14,80	-	585,17	36,46	12,96	-	-	2266,39	38,9	27,6	70,9
16	Арсеновский источник, углубления на дне	24.04	286,78	1442,61	9,57	10,20	-	585,17	34,03	76,08	-	-	2444,44	39,7	29,2	73,5
17	Подзудевский источник, верх	14.08	292,88	1286,75	12,20	15,80	-	565,13	36,46	23,52	-	-	2232,74	38,8	26,8	69,1
18	Главное озеро, верх	14.08	286,78	1325,65	12,20	16,90	-	557,11	38,89	45,84	-	-	2283,37	38,9	27,6	71,0
19	р. Кунгур, выше пещеры	14.08	195,26	1179,43	16,40	6,10	0,06	496,99	34,03	17,28	-	0,1	1945,65	38,9	24,6	63,1
20	р. Кунгур, ниже пещеры	14.08	213,56	1237,92	13,67	7,80	0,08	513,02	34,03	33,36	-	0,1	2053,54	39,3	25,6	65,1

Пробы 2-5 отобраны У.В. Назаровой, выполнены лабораторией гидрохимического анализа ПГУ Д.Ю. Наумовым; пробы 1, 6-20 выполнены в лаборатории геологии техногенных процессов ЕНИ ПГУ Е.А. Мельниковой.

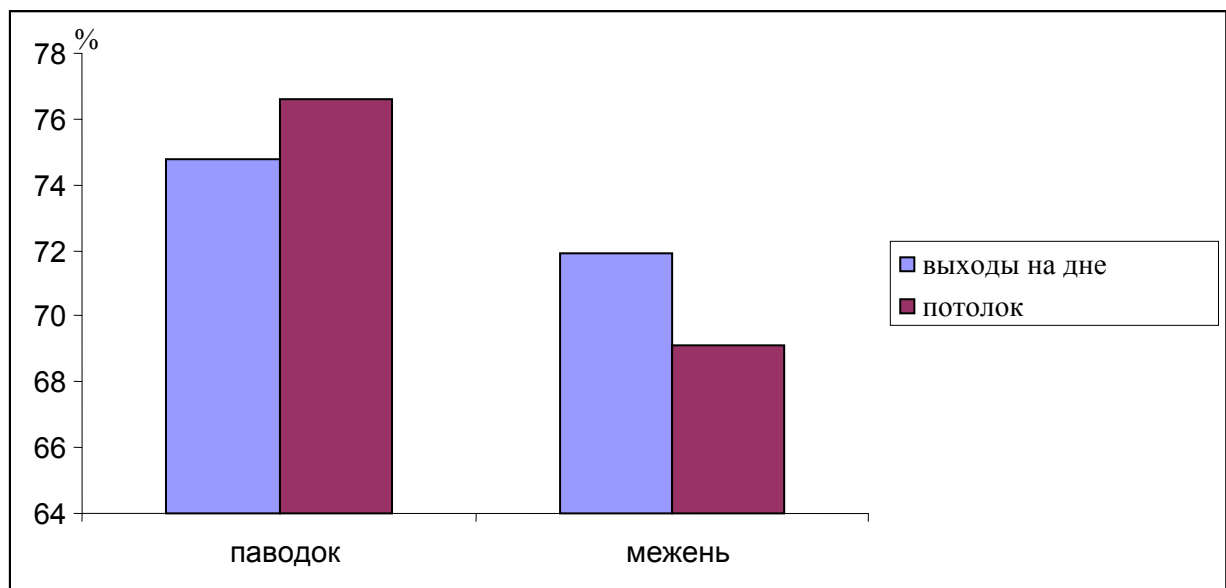


Рис. 3. Насыщение воды сульфатом кальция в Большом зале в летнюю межень и весенний паводок

В паводок воды более насыщены, по-видимому, за счет поступления атмосферных и талых вод, фильтрующихся через сульфатный массив и отставания поступления в пещеру паводковых вод филипповского горизонта. В межень доля атмосферного питания снижается, увеличивается дефицит насыщения воды сульфатом кальция, распределение его по вертикали приобретает обратный характер. О сходном характере формирования вод пещеры говорит и повышение температуры в зимний период до 7-8°C, и снижение ее летом до 4°C.

Таким образом, в формировании Ординской пещеры принимают воды различного происхождения.

- Атмосферные осадки, фильтруются по зоне аэрации сложенной неоген-четвертичными отложениями и сульфатно-карбонатными породами иренского горизонта. Наиболее интенсивное поступление во время снеготаяния и теплое время года.
- Вода разгружающаяся с Уфимского плато в массив Казаковской горы, в том числе в виде восходящих источников на дне гротов в подводной части пещеры. Разгрузка происходит достаточно постоянно в течение года.
- Приток подземных вод иренского водоносного горизонта с западной части карстового массива.
- Поступление вод из пруда на р. Кунгур в период паводка.

Другими словами пещера представляет собой сложную гидравлическую систему в которой доля поступающих в нее вод во многом зависит от сезонных факторов.

Все эти воды способны растворять гипсы, т.к. насыщение их сульфатом кальция находится в пределах от 63 до 77%. Активную фазу развития карстовых процессов подтверждают увеличение размеров полостей в районе восходящих источников на дне гротов в подводной части; проседание и обрушение сводов в сухой части пещеры; а также образование на Казаковской горе свежих провалов достаточно большого размера (диаметр до 40 м и глубина до 17 м).

На наш взгляд основной вклад в растворение гипсов вносит постоянная разгрузка в карстовый массив значительных объемов подземных вод с Уфимского плато, ненасыщенных сульфатом кальция. Для выявления роли каждого фактора требуется проведение специальных исследований.

### Выводы



Масштабы (высотные и стратиграфические) Ординской пещеры оказались более значительными, чем предполагалось ранее. Амплитуда высот между подошвой и кровлей пещеры составляет 50 м и охватывает туюскую, демидковскую, елкинскую, шалашинскую, неволинскую и ледянопещерскую пачки иренского карстового горизонта, что значительно превышает, например, параметры Кунгурской Ледяной пещеры.

В формировании пещеры принимают участие воды филипповского горизонта, разгружающиеся с Уфимского плато, воды иренского горизонта движущиеся в западном направлении, атмосферные и талые воды, а также воды пруда р. Кунгур, затекающие в пещеру во время весеннего паводка.

Установлено, что подземные воды пещеры агрессивны по отношению к сульфатам, причем весной насыщение воды идет снизу вверх от субаквальных источников к кровле грота, а летом наоборот. Вследствие этого в пещерном массиве наблюдается интенсивное развитие карстовых процессов выражающееся в обрушении сводов, формировании провалов и др.

Пользуясь случаем, авторы приносят глубокую благодарность специалистам которые оказали помощь в сборе и анализе материалов, а именно д.г.-м.н. И.И. Чайковскому, сотрудникам ЕНИ ПГУ У.В. Жаковой, Д.Ю. Наумову, Е.А. Мельниковой, сотруднику Геофизической службы РАН М.С. Пятунину. Особую признательность авторы выражают к.г.-м.н. Г.К. Михайлову за предоставление фондовых материалов. Благодарим за содействие в отборе образцов, а также помощь в организации и проведении полевых работ А.А. Горбунова, А.В. Щукина и Д.А. Михалева.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П. и др. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Изд. Перм. ун-та, 1992. 200 с.
2. Климчук А.Б. Основные особенности и проблемы гидрогеологии карста: спелеогенетический подход // Пещеры. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. С. 28-50.
3. Лавров И.А. Ординская пещера // Пещеры: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. – Пермь, 1999. С. 47-52.
4. Максимович Г.А. Пещеры гипсового карста // Пещеры. Пермь, 1969. Вып. 7(8). С. 5-29.
5. Максимович Н.Г, Максимович Е.Г, Лавров И.А Ординская пещера. Длиннейшая подводная пещера России. – Пермь, 2006. –64 с.
6. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений. Под ред. В.Н. Дублянского. Екатеринбург, 2005. – 375 с.
7. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского кряжа: монография / Г.К. Михайлов, А.А. Оборин; УрО РАН; Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2006. – 154 с.
8. Лаврова Н.В., Кадебская О.И. Карстологический очерк // Геологические памятники Пермского края: Энциклопедия / Под общ. ред. И.И. Чайковского; Горный институт УрО РАН. – Пермь, 2009. С. 358-367.
9. Турышев А.В. Особенности подземного стока и разгрузки трещинно-карстовых вод северной части Уфимского плато // Тр. Ин-та геологии УФАИ. Свердловск, 1962. Вып. 2. С. 48-53.
10. Яркеева Н.Р. Оценка равновесной насыщенности попутно-добываемых вод сульфатом кальция в зависимости от их суммарной минерализации // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: сб. науч. тр. / редкол. Токарев М.А. и др. – Уфа: Из-во УГНТУ, 1999. С. 168-174.