

ПОДЗЕМНЫЕ КАРСТОВЫЕ ОЗЕРА

В горизонтальных и наклонных пещерах, в углублениях на дне иногда наблюдаются скопления воды, которые обычно называются озерами. Происхождение впадин пещерных озер различно.

Вначале вся подземная пустота или, во всяком случае, ее нижняя часть занята водным потоком. Это стадия подземной реки. Если это интенсивно поднимающийся район, то водный поток в наклонных пещерах на пути от наивысшей точки к низшей может представлять ряд расположенных один ниже другого уровней, или бьефов, и образовать несколько водопадов. В местах падения воды с наибольшей высоты образуются котловины небольших проточных озер. Примером может служить подземная река Комбет близ Карлюса в департаменте Ло во Франции, находящаяся на глубине 58–90 м. Здесь имеются 10 водопадов с наибольшей высотой 3,5 м и два озера [20].

Иногда, как в пещере Берже, находящейся в известняковом плато Сорнен (во Франции, в департаменте Изер, в горах Веркор), наряду с водопадами могут быть и котловинные озера (оз. Каду).

По мере поднятия карстующегося массива все большее и большее количество воды уходит в трещины. Трещины расширяются химическим и механическим действиями воды. Увеличивается количество карстовых вод, которые текут под пещерой.

Обвалы кровли, пещерная глина, а иногда песок и галька создают запруды на пути пещерной реки. Образуются плотинные озера, число которых может быть различным – от одного до 12 и более. 11 озер установлено в Деветашской пещере в Болгарии, находящейся в стадии плотинных озер. 12 озер и 36 плотин имеется на подземной реке Падирак во Франции [19].

Далее постоянный поток покидает пещеру и переходит вглубь, в нижележащие трещины и пустоты. Иногда только в некоторых углублениях сохраняется вода, которая проточна. Большая часть ее течет по трещинам и пустотам ниже пола пещеры и только в углублениях виден выход этого подземного потока. Озеро представляет как бы окно в потоке карстовых вод.

Стадия подземнопроточных озер известна для некоторых пещер в гипсах и известняках. Иногда появлению ее способствует наличие слабо карстующихся пород на небольшой глубине ниже пола пещеры. Кунгурская ледяная пещера находится в этой стадии.

Когда карстовые воды еще больше углубятся в массив карстующихся пород, исчезнут и проточные пещерные озера. Тогда возможно только скопление воды в углублениях, выполненных пещерной глиной, которая создала водоупорное ложе. Вода, поступающая сверху из трещин и органических труб в потолке пещеры, скопится в углублениях. Уровень и концентрация карбонатов кальция в воде котловинных непроточных озер подвержены колебаниям. Иногда вследствие испарения и увеличения концентрации раствора в известняковых пещерах на поверхности таких озер могут образоваться либо кальцитовое обрамление, либо даже кальцитовая пленка [9, 15]. Непроточные котловинные озера известны в Кизеловской пещере в Пермской области.

Избыток воды в непроточных озерах удаляется не только испарением. Часть воды просачивается вглубь по трещинам на участках дна пещеры, лишенных глинистого покрова. Наконец, когда вся поступающая сверху вода начинает просачиваться глубже, не задерживаясь в углублениях дна пещеры, исчезают и котловинные непроточные озера.

В известняковом карсте на полу пещеры может начаться образование сталагмитов. Значительно реже в углублениях на дне пещеры образуются кальцитовые оолиты и пизолиты [16].

Такова в основных чертах эволюция пещерных озер в зоне горизонтальной циркуляции. Однако в зависимости от местных геологических, литологических, геоморфологических и климатических условий в деталях она может протекать по-разному. Возможно, например, отсутствие стадии плотинных озер; в одной пещере в различных частях, могут быть котловинные проточные и непроточные озера и т. д.

* *

*

Пещерные озера могут образоваться не только в зоне горизонтальной циркуляции. Они известны и в зоне вертикальной циркуляции в вертикальных пещерах, колодцах и шахтах. Озера эти бывают двух типов. Одни озера представляют углубления на дне вертикальных карстовых пустот с глинистым дном, заполненные поступившей сверху водой. В других случаях это выход подземных карстовых вод, вскрытый вертикальными пустотами. Через колодцы и шахты путем поглощения происходит питание карстовых вод. Данные об этих озерах немногочисленны и, видимо, они встречаются значительно реже.

Таковы озера на дне Бреховского провала в Суксунском районе, Пермской области. На глубине 45 м здесь было два небольших озера: 3×1,5 м с глубиной 1,8 м и 2×2 м при глубине 1,2 м [17].

В Требичском гроте, восточнее Триеста, карстовая шахта на глубине 258,8 м переходит в пещеру с поперечником до 140 м и высотой более 100 м. В пещере имеется подземное озеро, обычный уровень которого над уровнем Адриатического моря составляет 18,96 м. 22–26 сентября 1868 г. он был на 90 м, а 1 октября того же года на 25 м выше обычного [4]. В пропасти Бертарелли (Гротта делля Марна), находящейся также около Триеста, близ Распо, вертикальный канал шахты переходит в наклонный, который на глубине 450 м заполнен водой [5].

Естественная шахта Сплюга делля Прета в провинции Верона в Италии на глубине 637 м переходит в подземное озеро размерами 5×15 м. При поступлении сверху воды уровень в озере повышается. Шахта Абиссо ди

Верко в Истрии на глубине 518 м кончается углублением, заполненным водой. Это уровень воды в сухой период. Карстовые воды в шахте находятся на 2 м выше, чем в р. Изонцо. После дождей вода в шахте бывает на более высоком уровне [37].

Особую группу представляют подземные озера, питающиеся подземными водами, поступающими снизу. Это либо термальные, либо углекислые воды. Примером может явиться озеро с минеральной водой в Пятигорском провале. Провал образовался в результате выщелачивающей деятельности восходящих минеральных вод. Находящееся на дне провала озеро глубиной до 10 м с сине-зеленой водой характеризуется наличием гидравлической связи с Пятигорскими минеральными источниками. Отмечено, что подъем уровня в озере совпадает со временем увеличения дебита минеральных источников.

В Зброшевской «арагонитовой» пещере (Чехословакия, Границкий карст) имеются 8 озер с поступающей снизу водой, насыщенной углекислотой. Глубина их до 15 м. Температура на дне озер достигает 20–24° при температуре воздуха 13° [8].

* *

*

Рассмотрим некоторые типичные подземные карстовые озера. Хорошим примером плотинных озёр может явиться Деветашская пещера в Болгарии, находящаяся в 20 км к северу от Ловеча, на правом берегу р. Осым. За первым озером выше водопада находится второе озеро длиной в 130 м и шириной до 8 м. Оно примыкает ко второй запруде – Пристанище, за которой идет третье озеро. За маленькой запрудой находится четвертое озеро, оканчивающееся у порога (запруды) Леговня. Всего в пещере 11 озер различной величины и шесть значительных порогов. Глубина озер от 4 до 9 м, а высота порогов над поверхностью воды в нижележащем озере от 0,6 до 7 м. Пороги состоят из обломков, принесенных водой, и водонепроницаемого песчано-глинистого материала. Вследствие этого вода из озер вытекает путем переливания через край. Временами под напором воды пороги разрушаются, а затем вновь возникают. Некоторые пороги, например Леговня, состоят целиком из известняка и потому водопроницаемы [21, 22].

Выше уже указывалось, что переход пещеры от стадии пещерного потока к озерной стадии может произойти не только путем образования плотинных озер. Постоянный поток может смениться временным, который будет функционировать в периоды обильного поступления в пещеру вод с поверхности – во время весеннего снеготаяния, а для тропиков и субтропиков – в периоды дождей. В периоды же малого поступления вод в углубления отмечены только котловинные озера. Таким образом, у пещер этой переходной стадии в течение года кратковременная стадия пещерного потока сменяется стадией котловинного озера, которая и существует большую часть года.

Примером может служить Шемахинская пещера, находящаяся на правом берегу р. Шемахи (правого притока р. Уфы) в Нязепетровском районе, Челябинской области [24]. В пещере, приуроченной к девонским массивным рифовым известнякам, расположены два озера. Первое из них находится в 50 м от входа и характеризуется глубиной до 7 м. Зимой это озеро покрыто льдом, который в теплое время оттаивает. Второе озеро находится в конце пещерной галереи. Весной, когда один из рукавов р. Шемахи поглощается карстовой воронкой и через понор поступает в пещеру, уровень воды в подземном озере повышается и из пещеры начинает вытекать источник. Излив воды происходил в 1940 г. с 21 апреля до конца мая, а в 1941 г. – с 9 мая до середины июня. При этом расход достигал в 1940 г. 3000 л/сек, а в 1941 г. – 3500–4000 л/сек.

После прекращения излива вода в пещере постепенно отступала в глубь галереи и уже к началу зимы она была в 50 м от входа в углублении, обычно занятом первым озерком. Воды Шемахинской пещеры, приуроченные к известнякам, гидрокарбонатно-кальциевые, а содержание других ионов в них ничтожно. По сезонам содержание HCO_3 (в мг/л) следующее:

зима	весна	лето	осень
240–265	50–60	120–130	140–160

Содержание HCO_3 в речных водах, поглощаемых весной воронкой, составляет 30–50 мг/л. В соответствии с изменением минерализации пещерных вод менялась их агрессивность. Содержание агрессивной углекислоты весной достигало 20–40 мг/л и постепенно уменьшалось летом и осенью. Зимой она либо отсутствовала, либо составляла 1–2 мг/л.

Кунгурская ледяная пещера известна своими 36 котловинными, проточными и непроточными озерами [13, 14]. Размер наибольшего из них – в гроте «Дружба народов» – около 700 кв. м, при средней глубине 4 м, а максимальной – 5,5–6 м. Другие из более значительных озер, в так называемой заозерной части, достигают 400 и 220 кв. м, а наиболее длинное (60 м) – 350 кв. м. Остальные озера имеют меньшую площадь, а наименьшие из них – 15–20 кв. м и глубину около 0,5 м.

Уровень воды в озерах подвержен колебаниям. Он примерно на 0,1–0,15 м выше уровня воды в р. Сылве, на берегу которой находится пещера. Когда вода в р. Сылве убывает, уровень подземных озер понижается и наоборот. Так как рельеф дна гротов неровен, а озера неглубоки, то при колебаниях уровня не только площадь, но и число их изменяется. Так, в гроте «Дружба народов» при низком стоянии воды наблюдаются три озера, которые при высоком уровне сливаются в одно. В «Озерном» гроте периодически наблюдается то двенадцать, то одно озеро. Таким образом, большая часть озер Кунгурской ледяной пещеры проточна и через систему трещин находится в гидравлической связи с р. Сылвой.

Некоторая небольшая часть озер этой пещеры непроточна. Они приурочены к углублениям, выполненным элювиальной глиной. Поступающая с поверхности по трещинам и органам трубам вода скопляется в этих

понижениях и образует озера, уровень которых не связан с р. Сылвой. В Кунгурской пещере, по данным исследований 1934–1935 гг., уровень воды в непроточных озерах был на 4 м выше, чем в проточных.

Температура воды в озерах весь год постоянна и колеблется в пределах десятых долей градуса. Она составляет 4–4,5°, достигая в некоторых редких озерах 4,8°. Состав воды озера Кунгурской пещеры обусловлен приуроченностью ее к гипсам и ангидритам. Воды здесь сульфатно-кальциевые, причем минерализация их достигает 2,17 г/л.

Весьма типичное проточное подземное озеро находится в приуроченной к верхнедевонским известнякам [14] Пашийской пещере на берегу р. Вижай Пермской области. В озеро, эллиптической формы в плане, размерами большой и малой осей 8 и 5,5 м и глубиной около 2 м, впадают два ручья. Уровень воды в подземном озере находится примерно на той же отметке, что и уровень р. Вижай. Вода из озера подземным путем разгружается в подрусловой поток этой реки.

Котловинными озерами характеризовалась Девичья пещера из группы Сюкеевских пещер [25, 26]. Наибольшее из них имело площадь около 1000 кв. м. Длина водоема достигала 90 м, а средняя ширина 10–12 м, при глубине 1–2 м. Там, где на дне имелись карстовые воронки, глубина озера доходила до 3 м. Температура воды в озере весь год была постоянной и составляла 6,8°. Второе озеро в западной заозерной части имело длину 25 м и ширину 6–8 м, причем заканчивалось оно круглым водоемом, имеющим 8 м в поперечнике. Озера эти приурочены к гипсовой пачке в верхней части казанского яруса пермской системы.

Котловинное озеро в известняках указывает М. Ф. Розен [23] в пещере у д. Усть-Пустынка по р. Чарышу на Алтае. В дальней части пещеры, длиной около 28 м, имеется озеро до 2,5 м в поперечнике.

* *

*

Подземные озера известны и в других пещерах. В Западном Приуралье, в пределах Пермской области, помимо упомянутых Кунгурской и Пашийской, известны озера в пещерах Дивьей, Велсинской, Родничной, Большой Всеволодовской, Кизеловской (глубиной 2,5–3 м), Куликовской ледяной, Андроновской ледяной (площадью 18 кв. м и глубиной до 1,5 м), Кладбищенской, Мечкинской (площадью 4 кв. м при глубине 0,5 м и площадью 8–10 кв. м при глубине до 1,5 м), Тураевской, Бурцевской и Степановской [14].

Южнее, в восточной Татарии и Башкирии, озера известны в пещерах Икской (на правом берегу р. Ика, выше впадения в р. Узени), в горе Тюрмен-Тау, Каповой (Шультам), Симской, Курманаевской и др. [2, 11, 12, 27].

Отмечены озера и в пещерах Абхазии. В Александровской пещере, в долине р. Келасури в 15 км от Сухуми у с. Бахмараны, в глубине имеется зал с небольшим озерком. Озерные ванночки с кальцитовым обрамлением известны в Гумской пещере и у с. Андреевского, близ Сухуми. Обнаружены они и в озере пещеры Абласкира [15]. Отапская пещера в с. Отапи Очамчирского района протяжением до 2 км заканчивается подземным озером [18].

В Уссурийском крае в пещере Арсеньева, протяженностью около 500 м, в одном из ходов нижнего этажа также имеется неглубокое озеро.

В Польше много подземных пещерных озер описал К. Ковальский [35]. Приведем данные о некоторых. В докембрийских известняках Судет, в пещере близ Подгурки (Матценлох) выявлено небольшое озерко 2×0,8 м температурой 4,3° при глубине 0,3 м. Во второй пещере Солна Яма (Зальцлехер) в мраморе вода в озере размером 6,4×2,4 м имеет: температуру 5,1–6,8°; pH – 7,5; жесткость – 4,9 Н°; содержание кислорода 4–5 см³/л. Озеро населено пещерной фауной. Несколько озер расположено в Радоховской пещере, приуроченной также к мрамору. Наибольшее из них обладает площадью 10 кв. м при глубине 1 м.

В Нидзьянской мульде, сложенной миоценовыми отложениями, находится ряд пещер, в большинстве случаев приуроченных к гипсам. Небольшие котловинные пещерные озера указываются для Александра и Сеславиц (три пещеры). Наибольшее из них имеет длину 15 м при ширине 5 м. Глубина их не превышает 1,5 м [32, 35].

Небольшие озера наблюдаются в Германии, в гипсовых пещерах Южного Гарца [15].

В Австрии в пещере «Катерлох» близ Вейца (Штирия), отмечены озера [33]. Три озера известны в сталактитовой пещере Этшер в нижней Австрии [31].

В Северной Венгрии между реками Шайо и Гернад, в известняковом карстовом плато, находится Аггтелекская пещера, длина которой на территории Венгрии составляет 14 км. Она продолжается в Чехословакии, где называется пещерой Домица и имеет здесь протяжение около 7 км. В пещере Аггтелек в месте слияния подземных рек Ахерон и Стикс находится озеро длиной около 500 м. Оно заканчивается небольшим водопадом. В словацкой части пещеры Домица вода, стекающая по сталактитам, иногда скопляется небольшими озерками в натечных образованиях на полу пещеры. Изучение содержания цинка, меди и свинца в каплюющей со сталактитов и озерной воде показало примерно одинаковые цифры, за исключением свинца, которого значительно меньше в озерной воде [7].

В Чехословакии, в Моравском карсте, на дне пропасти Мацохи подземная река Пунква образовала два плотинных озера, возникших в результате подпруды глыбовыми нагромождениями. Из низкого озера вода сифоном протекает в пещеры. В Збрашевской пещере на берегу р. Бечвы (Границкий карст) имеется 8 озер глубиной до 15 м, содержащих газированную воду. Температура воды на дне озера достигает 20–24° при температуре воздуха 13°. Содержание CO₂ в воздухе достигает 36 %. В «Пещере смерти», заполненной углекислым газом, на дне озера с углекислой водой находятся сталагмиты, образовавшиеся от выпадения травертина в месте выхода источника.

На дне Макушки, или «Границкой пропасти», в северной части имеется небольшое озеро глубиной до 36 м.

На дне озера находится углекислый источник, который минерализует воду озера. Уровень воды на 1,4 м выше уровня протекающей недалеко р. Бечвы [8].

В Румынии, в Южных Карпатах и их предгорьях, подземные озера отмечены в ряде пещер на плато Мехединци. В дальней части пещеры Бая-де-Арама после дождей проход заполняется водой. В пещере Изверка в этом же районе в 130-метровом проходе есть озеро длиной 5 м и 0,5 м глубиной. Второе озеро за этим проходом круглое, диаметром 10 м и глубиной 1,5 м. Температура воды 6°. В пещере Клезани, в 24 км от предыдущей, выявлено еще несколько озер небольшой глубины; протяженность наибольшего из них 15 м, ширина 5 м, глубина 0,5 м. В Быстрицком массиве пещера Св. Георгия кончается озерком, которое в дождливое время полно воды.

В пещере Лаломница на запад от долины р. Прахова, в массиве Бучеджи, протекает подземная речка, образующая несколько озер с чистой водой, температура которой 4–5°. Диаметр их до 10 м, а глубина до 5 м. Медвежья пещера, находящаяся недалеко от предыдущей, заканчивается подземным озером, питающимся водой, стекающей сверху. В пещере Пустынный, в этом же районе, в одном из гротов отмечено небольшое озеро, питающееся водой со сводов.

В пещере Циокловина, в районе Пуи, на р. Стрию в нижнем этаже имеется озеро 5 м в поперечнике при глубине около 2 м.

В Болгарии, кроме описанной Деветашской пещеры, небольшое подземное озеро возникло в пещере Медник, находящейся в юрских известняках Вратчанского округа вблизи р. Искыр [22]. Имеются они и в других пещерах.

В Югославии, в Словении в пещере Подпеч, в котловине Добреполье в наклонном участке находится девять озер различной формы. Размер наибольшего, примерно овального очертания, 7×8 м, другого – треугольной формы, 13,5×7 м при глубине менее 0,5 м. Третье озеро в плане похоже на восьмерку. Оно состоит из двух блюдцеобразных понижений общей длиной 4 м при ширине около 3 м. Глубина его, как и второго озера, менее 0,5 м. Четвертое озеро размером 4×1,5 м по глубине не превышает 0,5 м. Наибольшая глубина (около 1 м) установлена у пятого озера размером 2×2 м. Остальные озера еще меньше. Более значительны озера в пещере Пивка Яма около Постойны [28].

Во Франции, в департаменте Ло, близ Карлюса на подземной реке Комбет имеются два подземных озера. Первое из них находится ниже третьего водопада. Длина его 11 м, ширина 3 м, наибольшая глубина около 3 м. С одной стороны его наблюдается плоский песчаный пляж длиной до 11 м при наибольшей ширине 2,5 м. Второе менее значительное озеро, расположенное ниже десятого водопада, при длине 11 м имеет в ширину и глубину 2 м [20].

На о. Мальорка (Валеары) в гроте Пон выявлено оз. Виктория с эксцентричными сталактитами над ним. В пещере Дракона находится многоводное озеро Мартеля [38].

В Африке, в Северной Родезии, известен карстовый колодец, переходящий в пещеру, на дне которой находится подземное озеро. В Дамарленде в пещерах Обаб, Аигаб (протяжением 35 м) и Аигамас (70 м) живут слепые рыбы с рудиментарными глазами [36].

На Яве, на карстовом плато Гунонг-Севу, на дне колодцеобразной пещеры Леванг-Блелу имеется небольшое озеро [30].

В Австралии, в Австралийских Кордильерах, карстовые озера отмечены в пещерах Чиллаго [16]. Наиболее известны они в Озерной пещере, отличающейся также грандиозными колоннами и многочисленными сталактитами. Эта пещера приурочена к четвертичным береговым известнякам [29].

В Северной Америке, штат Кентукки, имеются три озера, одно из которых называется «морем» [3], в крупнейшей Мамонтовой пещере.

Subterranean karst lakes

G. A. Maximovitch SUMMARY

The accumulation of water at the floor surface of the subterranean cavities is most commonly called lakes. In the horizontal and oblique karst caves it is possible to discern a few types of this kind of lakes which are nothing but gradual transition stages of caves with flows to the dry type caves. Troughs of small running water lakes are being formed in oblique caves with waterfalls at sites of its fall. Cave flows with dike dams and embankment lakes are also observed. The subterranean running water lakes display a deepening of the bottom of the horizontal caves disclosing the karst waters running somewhat lower. The trough lakes are being formed under conditions of much more deeper water bedding below the cave floor in the watertight (of clay material) depressions.

In karst mines the lakes are of two types. In one type of lakes distinguished for its clayey bed the lakes are fed by waters running from elevated sites. The other type is marked by the presence of subterranean waters disclosed by vertica hollows.

The paper cites some facts concerning the subterranean karst lakes of the USSR and some other countries.

Литература

1. Богословский В. Ф. Карстовые явления в окрестностях Пашийского завода. «Уч. зап. Пермск пед. ин-та», 1954, вып. 13, стр. 131–139.
2. Вахрушев Г. В. Большая Капова пещера (Шульган) и ее подземные водоемы в Южном Урале. «Тр. 1-го Всес. гидрол. съезда в Ленинграде», 1925.
3. Витковский В. За океан, изд. 2. СПб., 1901.
4. Гвоздецкий Н. А. Подземная топография. «Природа», 1948, № 3, стр. 30–31.
5. Гвоздецкий Н. А. Карст, изд. 2, М., Географиз, 1954, стр. 210–218.

6. Ильин С. В., Кельманский М. С. Результаты работ Уральской научно-исследовательской карстовой станции. «Геология и геофизика», 1938, вып. 1, стр. 101–114, табл.
7. Кашпар Я. О распределении цинка, свинца и меди в известняках и водах пещеры Домице в Словенском карсте. «Сб. к 50-летию В. И. Вернадского», т. 1, 1936, стр. 267–271.
8. Кригер Н. И. Карстовые явления в Чехословакии. «Изв. Всес. геогр. о-ва», 1953, т. 85, вып. 2, стр. 220–224.
9. Кузнецова Л. С. и Чирвинский П. Н. Кальцитовые озернокарстовые пленки и их вероятный генезис. «Минерал, сб. Львовск. геол. о-ва», 1951, № 5, стр. 319–324.
10. Лебединцев А. А. и Бондарев В. И. Химическое исследование образцов морской воды у Севастополя и Ялты и воды из сталактитовой пещеры Суук-хоба. «Зап. Крымск. горн. клуба», 1896, № 1, стр. 17.
11. Лосиевский В. Курманаевские пещеры и их подземные озера. «Уфимск. губ. вед.», 1891, № 29.
12. Маков К. И. Подземные воды Башкирской АССР, ч. 1, 1946, стр. 103.
13. Максимович Г. А. и Н. А. Ледяная пещера. Свердловск, 1937, стр. 48–49.
14. Максимович Г. А. Спелеографический очерк Пермской области. «Спелеол. бюл.», 1947, № 1, стр. 5–42.
15. Максимович Г. А. Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер. «Зап. Всес. минерал, о-ва», 1955, ч. 84, № 1, стр. 78–79.
16. Максимович Г. А. Кальцитовые оолиты, пизолиты и конкре. ции пещер и рудников. «Зап. Всес. минерал, о-ва», 1955, т. 84, № 1, стр. 74–78.
17. Максимович Г. А. и Шимановский Л. А. Карстовый провал в с. Брехово Суксунского района. «Уч. зап. Пермск. ун-та», 1956, т. 10, вып. 2, стр. 79–82.
18. Милановский Е. С. Сталактитовые пещеры Абхазии. «Природа», 1955, № 10, стр. ПО–111.
19. Нечаев А. П. Работа подземной воды. М., Учпедгиз, 1939, стр. 51–55.
20. О г Э. Геология, т. 1, изд. М.–Л. – Новосибирск. Гос. научн.- техн. горно-геол.-нефт. изд-во, 1933, стр. 309–311.
21. Петров П. Деветашката пещера. «Труд, на Българск. природоизп. дружество», т. 13. София, 1928, стр. 193–208; 1929, т. 14, стр. 107–132.
22. Радев Н. Материалы за изучаване на пещерите в България. «Труд, на Българск. природоизп. дружество», 1926, т. 12, стр. 174–177.
23. Розен М. Ф. Древние стоянки человека в пещерах Алтая. «Природа», 1954, № 2, стр. 112–114.
24. Соколов Д. С. Подземные воды Шемахинской пещеры. «Природа», 1951, № 5, стр. 56–57.
25. Ступишин А. В. Замечательный памятник природы – Сюкеевские пещеры. «Природа», 1950, № 10, стр. 48–50.
26. Ступишин А. В. и Мухитдинова Д. Х. Сюкеевские пещеры. Казань, Татгосиздат, 1950, 22 стр.
27. Урал и Приуралье. «Россия», т. 5, 1914, 669 стр.
28. Четвертое озеро сталактитовой пещеры Пивка Яма у Адельсберга в Крайне. Энцикл. словарь Брокгауз и Эфрон, т. 23, 1898, стр. 556.
29. B1atchford T. The Flooding and Drainage of the Lake Cave a Margaret River. „Ann. Rept. Depart. Mines, W. A“ for 1924, Appendix No 21, 1925, p. 77.
30. Danes J. V. Das Karstgebiet Goenoeng Sevoe auf Java. „Vestn. Krai. C. Spol. Nauk“, 1915, SS. 1–90.
31. Die Eroffnung der Oetschen Tropfsteinhohle. „Mitt. fiber Hohlen- und Karstforschung“, 1926, No 3, S. 100.
32. Gas1orowski H. Podziemne jeziorco w krasie fipsowym w Sieslawicach jako osobliwosc przyrody. „Ochorona Przyrody“, 1925, z. 5. Krakow, pp. 33–37.
33. Hofer H. Weitere Entdeckungen im Katerloch bei Weiz (Steier- mark). „Hohle“, 1955, No 3, S. 55.
34. Kenk R. in Selioska r A. Studije o ekologiji jamskih zivalic. I. Meteoroloska in hidroloska opazovanja v Podpeski jami v letih 1928–1931. „Prirodoslovne Razprave“, 1931, kn. 1, Ljubljana, SS. 5–24.
35. Kowalski K. Jaskinie Polski, 111. Warszawa, 1954, SS. 92–139.
36. Martel E. A. L' Evolution souterraine. Paris, 1908, p. 227.
37. Martel E. A. Les plus grands abimes (Italia). „Geographie“, 1929, v. 52, No 5–6, pp. 366–370.
38. Trombe F. Traite de speleologie. Paris, 1952, p. 355.

Г. А. Максимович

ПОДЗЕМНЫЕ КАРСТОВЫЕ ОЗЕРА

В горизонтальных и наклонных пещерах, в углублениях на дне иногда наблюдаются скопления воды, которые обычно называются озерами. Происхождение впадин пещерных озер различно.

Вначале вся подземная пустота или, во всяком случае, ее нижняя часть занята водным потоком. Это стадия подземной реки. Если это интенсивно поднимающийся район, то водный поток в наклонных пещерах на пути от наивысшей точки к низшей может представлять ряд расположенных один ниже другого уровней, или бьефов, и образовать несколько водопадов. В местах падения воды с наибольшей высоты образуются котловины небольших проточных озер. Примером может служить подземная река Комбет близ Карлюса в департаменте Ло во Франции, находящаяся на глубине 58—90 м. Здесь имеются 10 водопадов с наибольшей высотой 3,5 м и два озера [20].

Иногда, как в пещере Берже, находящейся в известняковом плато Сорнен (во Франции, в департаменте Изер, в горах Веркор), наряду с водопадами могут быть и котловинные озера (оз. Каду).

По мере поднятия карстующегося массива все большее и большее количество воды уходит в трещины. Трещины расширяются химическим и механическим действиями воды. Увеличивается количество карстовых вод, которые текут под пещерой.

Обвалы кровли, пещерная глина, а иногда песок и галька создают запруды на пути пещерной реки. Образуются плотинные озера, число которых может быть различным — от одного до 12 и более. 11 озер установлено в Деветашской пещере в Болгарии, находящейся в стадии плотинных озер. 12 озер и

36 плотин имеется на подземной реке Падирак во Франции [19].

Далее постоянный поток покидает пещеру и переходит вглубь, в нижележащие трещины и пустоты. Иногда только в некоторых углублениях сохраняется вода, которая проточна. Большая часть ее течет по трещинам и пустотам ниже пола пещеры и только в углублениях виден выход этого подземного потока. Озеро представляет как бы окно в потоке карстовых вод.

Стадия подземнопроточных озер известна для некоторых пещер в гипсах и известняках. Иногда появлению ее способствует наличие слабо карстующихся пород на небольшой глубине ниже пола пещеры. Кунгурская ледяная пещера находится в этой стадии.

Когда карстовые воды еще больше углубятся в массив карстующихся пород, исчезнут и проточные пещерные озера. Тогда возможно только скопление воды в углублениях, выполненных пещерной глиной, которая создала водоупорное ложе. Вода, поступающая сверху из трещин и органических труб в толще пещеры, скопляется в углублениях. Уровень и концентрация карбонатов кальция в воде котловинных непроточных озер подвержены колебаниям. Иногда вследствие испарения и увеличения концентрации раствора в известняковых пещерах на поверхности таких озер могут образоваться либо кальцитовое обрамление, либо даже кальцитовая пленка [9, 15]. Непроточные котловинные озера известны в Кизеловской пещере в Пермской области.

Избыток воды в непроточных озерах удаляется не только испарением. Часть воды просачивается вглубь по трещинам на участках дна пещеры, лишенных глинистого покрова. Наконец, когда вся поступающая сверху вода начинает просачиваться глубже, не задерживаясь в углублениях дна пещеры, исчезают и котловинные непроточные озера.

В известняковом карсте на полу пещеры может начаться образование сталагмитов. Значительно реже в углублениях на дне пещеры образуются кальцитовые оолиты и пизолиты [16].

Такова в основных чертах эволюция пещерных озер в зоне горизонтальной циркуляции. Однако в зависимости от местных геологических, литологических, геоморфологических и климатических условий в деталях она может протекать по-разному. Возможно, например, отсутствие стадии плотинных озер; в одной пещере в различных частях могут быть котловинные проточные и непроточные озера и т. д.

* *

*

Пещерные озера могут образоваться не только в зоне горизонтальной циркуляции. Они известны и в зоне вертикальной циркуляции в вертикальных пещерах, колодцах и шахтах. Озера эти бывают двух типов. Одни озера представляют углубления на дне вертикальных карстовых пустот с глинистым дном, заполненные поступившей сверху водой. В других случаях это выход подземных карстовых вод, вскрытый вертикальными пустотами. Через колодцы и шахты путем поглощения происходит питание карстовых вод. Данные об этих озерах немногочисленны и, видимо, они встречаются значительно реже.

Таковы озера на дне Бреховского пресала в Суксунском районе, Пермской области. На глубине 45 м здесь было два небольших озера: $3 \times 1,5$ м с глубиной 1,8 м и 2×2 м при глубине 1,2 м [17].

В Требишском гроте, восточнее Триеста, карстовая шахта на глубине 258,8 м переходит в пещеру с поперечником до 140 м и высотой более 100 м. В пещере имеется подземное озеро, обычный уровень которого над уровнем Адриатического моря составляет 18,96 м. 22—26 сентября 1868 г. он был на 90 м, а 1 октября того же года на 25 м выше обычного [4]. В пропасти Бертарелли (Гротта делла Марна), находящейся также около Триеста, близ Распо, вертикальный канал шахты переходит в наклонный, который на глубине 450 м заполнен водой [5].

Естественная шахта Сплюга делля Прета в провинции Верона в Италии на глубине 637 м переходит в подземное озеро размерами 5×15 м. При поступлении сверху воды уровень в озере повышается. Шахта Абиссо ди Верко в Истрии на глубине 518 м кончается углублением, заполненным водой. Это уровень воды в сухой период. Карстовые воды в шахте находятся на 2 м выше, чем в р. Изонцо. После дождей вода в шахте бывает на более высоком уровне [37].

Особую группу представляют подземные озера, питающиеся подземными водами, поступающими снизу. Это либо термальные, либо углекислые воды. Примером может явиться озеро с минеральной водой в Пятигорском провале. Провал образовался в результате выщелачивающей деятельности восходящих минеральных вод. Находящееся на дне провала озеро глубиной до 10 м с сине-зеленой водой характеризуется наличием гидравлической связи с Пятигорскими минеральными источниками. Отмечено, что подъем уровня в озере совпадает со временем увеличения дебита минеральных источников.

В Зброшевской «арагонитовой» пещере (Чехословакия,

Границкий карст) имеются 8 озер с поступающей снизу водой, насыщенной углекислотой. Глубина их до 15 м. Температура на дне озер достигает 20—24° при температуре воздуха 13° [8].

* *
*

Рассмотрим некоторые типичные подземные карстовые озера. Хорошим примером плотинных озер может явиться Деветашская пещера в Болгарии, находящаяся в 20 км к северу от Ловеча, на правом берегу р. Осым. За первым озером выше водопада находится второе озеро длиной в 130 м и шириной до 8 м. Оно примыкает ко второй запруде — Пристанище, за которой идет третье озеро. За маленькой запрудой находится четвертое озеро, оканчивающееся у порога (запруды) Леговня. Всего в пещере 11 озер различной величины и шесть значительных порогов. Глубина озер от 4 до 9 м, а высота порогов над поверхностью воды в нижележащем озере от 0,6 до 7 м. Пороги состоят из обломков, принесенных водой, и водонепроницаемого песчано-глинистого материала. Вследствие этого вода из озер вытекает путем переливания через край. Временами под напором воды пороги разрушаются, а затем вновь возникают. Некоторые пороги, например Леговня, состоят целиком из известняка и потому водопроницаемы [21, 22].

Выше уже указывалось, что переход пещеры от стадии пещерного потока к озерной стадии может произойти не только путем образования плотинных озер. Постоянный поток может смениться временным, который будет функционировать в периоды обильного поступления в пещеру вод с поверхности — во время весеннего снеготаяния, а для тропиков и субтропиков — в периоды дождей. В периоды же малого поступления вод в углубления отмечены только котловинные озера. Таким образом, у пещер этой переходной стадии в течение года кратковременная стадия пещерного потока сменяется стадией котловинного озера, которая и существует большую часть года.

Примером может служить Шемахинская пещера, находящаяся на правом берегу р. Шемахи (правого притока р. Уфы) в Нязепетровском районе, Челябинской области [24]. В пещере, приуроченной к девонским массивным рифовым известнякам, расположены два озера. Первое из них находится в 50 м от входа и характеризуется глубиной до 7 м. Зимой это озеро покрыто льдом, который в теплое время оттаивает. Второе озеро находится в конце пещерной галереи. Весной, когда один из рукавов р. Шемахи поглощается карстовой воронкой и через понор поступает в пещеру, уровень воды в подземном озере повышается и из пещеры начинает вытекать источ-

ник. Излив воды происходил в 1940 г. с 21 апреля до конца мая, а в 1941 г. — с 9 мая до середины июня. При этом расход достигал в 1940 г. 3000 л/сек, а в 1941 г. — 3500—4000 л/сек.

После прекращения излива вода в пещере постепенно отступала в глубь галереи и уже к началу зимы она была в 50 м от входа в углублении, обычно занятом первым озерком. Воды Шемахинской пещеры, приуроченные к известнякам, гидрокарбонатно-кальциевые, а содержание других ионов в них ничтожно. По сезонам содержание HCO_3 (в мг/л) следующее:

зима	весна	лето	осень
240—265	50—60	120—130	140—160

Содержание HCO_3 в речных водах, поглощаемых весной воронкой, составляет 30—50 мг/л. В соответствии с изменением минерализации пещерных вод менялась их агрессивность. Содержание агрессивной уголекислоты весной достигало 20—40 мг/л и постепенно уменьшалось летом и осенью. Зимой она либо отсутствовала, либо составляла 1—2 мг/л.

Кунгурская ледяная пещера известна своими 36 котловинными, проточными и непроточными озерами [13, 14]. Размер наибольшего из них — в гроте «Дружба народов» — около 700 кв. м, при средней глубине 4 м, а максимальной — 5,5—6 м. Другие из более значительных озер, в так называемой заозерной части, достигают 400 и 220 кв. м, а наиболее длинное (60 м) — 350 кв. м. Остальные озера имеют меньшую площадь, а наименьшие из них — 15—20 кв. м и глубину около 0,5 м.

Уровень воды в озерах подвержен колебаниям. Он примерно на 0,1—0,15 м выше уровня воды в р. Сылве, на берегу которой находится пещера. Когда вода в р. Сылве убывает, уровень подземных озер понижается и наоборот. Так как рельеф дна гротов неровен, а озера неглубоки, то при колебаниях уровня не только площадь, но и число их изменяется. Так, в гроте «Дружба народов» при низком стоянии воды наблюдаются три озера, которые при высоком уровне сливаются в одно. В «Озерном» гроте периодически наблюдается то двенадцать, то одно озеро. Таким образом, большая часть озер Кунгурской ледяной пещеры проточна и через систему трещин находится в гидравлической связи с р. Сылвой.

Некоторая небольшая часть озер этой пещеры непроточна. Они приурочены к углублениям, выполненным элювиальной глиной. Поступающая с поверхности по трещинам и органам трубам вода скопляется в этих понижениях и образует озера, уровень которых не связан с р. Сылвой. В Кунгурской пещере, по данным исследований 1934—1935 гг., уровень воды в непроточных озерах был на 4 м выше, чем в проточных.

Температура воды в озерах весь год постоянна и колеблется в пределах десятых долей градуса. Она составляет 4—4°,5, достигая в некоторых редких озерах 4°,8. Состав воды озер Кунгурской пещеры обусловлен приуроченностью ее к гипсам и ангидритам. Воды здесь сульфатно-кальциевые, причем минерализация их достигает 2,17 г/л.

Весьма типичное проточное подземное озеро находится в приуроченной к верхнедевонским известнякам [14] Пашийской пещере на берегу р. Вижай Пермской области. В озеро, эллиптической формы в плане, размерами большой и малой осей 8 и 5,5 м и глубиной около 2 м, впадают два ручья. Уровень воды в подземном озере находится примерно на той же отметке, что и уровень р. Вижай. Вода из озера подземным путем разгружается в подрусловый поток этой реки.

Котловинными озерами характеризовалась Девичья пещера из группы Сюкеевских пещер [25, 26]. Наибольшее из них имело площадь около 1000 кв. м. Длина водоема достигала 90 м, а средняя ширина 10—12 м, при глубине 1—2 м. Там, где на дне имелись карстовые воронки, глубина озера доходила до 3 м. Температура воды в озере весь год была постоянной и составляла 6°,8. Второе озеро в западной заозерной части имело длину 25 м и ширину 6—8 м, причем заканчивалось оно круглым водоемом, имеющим 8 м в поперечнике. Озера эти приурочены к гипсовой пачке в верхней части казанского яруса пермской системы.

Котловинное озеро в известняках указывает М. Ф. Розен [23] в пещере у д. Усть-Пустынка по р. Чарышу на Алтае. В дальней части пещеры, длиной около 28 м, имеется озеро до 2,5 м в поперечнике.

* *
*

Подземные озера известны и в других пещерах. В Западном Приуралье, в пределах Пермской области, помимо упомянутых Кунгурской и Пашийской, известны озера в пещерах Дивьей, Велсинской, Родничной, Большой Всеволодовской, Кизеловской (глубиной 2,5—3 м), Жуликовской ледяной, Андроновской ледяной (площадью 18 кв. м и глубиной до 1,5 м), Кладбищенской, Мечкинской (площадью 4 кв. м при глубине 0,5 м и площадью 8—10 кв. м при глубине до 1,5 м), Тураевской, Бурцевской и Степановской [14].

Южнее, в восточной Татарии и Башкирии, озера известны в пещерах Икской (на правом берегу р. Ика, выше впадения в р. Узени), в горе Тюрмен-Тау, Каповой (Шульган), Симской, Курманаевской и др. [2, 11, 12, 27].

Отмечены озера и в пещерах Абхазии. В Александровской пещере, в долине р. Келасури в 15 км от Сухуми у с. Бахманы, в глубине имеется зал с небольшим озерком. Озерные ванночки с кальцитовым обрамлением известны в Гумской пещере и у с. Андреевского, близ Сухуми. Обнаружены они и в озере пещеры Абласкира [15]. Отапская пещера в с. Отапи Очамчирского района протяжением до 2 км заканчивается подземным озером [18].

В Уссурийском крае в пещере Арсеньева, протяженностью около 500 м, в одном из ходов нижнего этажа также имеется неглубокое озеро.

В Польше много подземных пещерных озер описал К. Ковальский [35]. Приведем данные о некоторых. В докембрийских известняках Судет, в пещере близ Подгурки (Матценлох) выявлено небольшое озерко $2 \times 0,8$ м температурой $4^{\circ},3$ при глубине 0,3 м. Во второй пещере Солна Яма (Зальцлехер) в мраморе вода в озере размером $6,4 \times 2,4$ м имеет: температуру $5,1-6^{\circ},8$; pH — 7,5; жесткость — $4,9$ Н°; содержание кислорода $4-5$ см³/л. Озеро населено пещерной фауной. Несколько озер расположено в Радоховской пещере, приуроченной также к мрамору. Наибольшее из них обладает площадью 10 кв. м при глубине 1 м.

В Нидзянской мульде, сложенной миоценовыми отложениями, находится ряд пещер, в большинстве случаев приуроченных к гипсам. Небольшие котловинные пещерные озера указываются для Александрова и Сеславиц (три пещеры). Наибольшее из них имеет длину 15 м при ширине 5 м. Глубина их не превышает 1,5 м [32, 35].

Небольшие озера наблюдаются в Германии, в гипсовых пещерах Южного Гарца [15].

В Австрии в пещере «Катерлох» близ Вейца (Штирия), отмечены озера [33]. Три озера известны в сталактитовой пещере Этшер в нижней Австрии [31].

В Северной Венгрии между реками Шайо и Гернад, в известняковом карстовом плато, находится Аггтелекская пещера, длина которой на территории Венгрии составляет 14 км. Она продолжается в Чехословакии, где называется пещерой Домица и имеет здесь протяжение около 7 км. В пещере Аггтелек в месте слияния подземных рек Ахерон и Стикс находится озеро длиной около 500 м. Оно заканчивается небольшим водопадом. В словацкой части пещеры Домица вода, стекающая по сталактитам, иногда скопляется небольшими озерками в натечных образованиях на полу пещеры. Изучение содержания цинка, меди и свинца в капавшей со сталактитов и озерной воде показало примерно одинаковые цифры, за ис-

ключением свинца, которого значительно меньше в озерной воде [7].

✓ В Чехословакии, в Моравском карсте, на дне пропасти Мацохи подземная река Пунква образовала два плотинных озера, возникших в результате подпруды глыбовыми нагромождениями. Из низкого озера вода сифоном протекает в пещеры. В Збрашевской пещере на берегу р. Бечвы (Границкий карст) имеется 8 озер глубиной до 15 м, содержащих газированную воду. Температура воды на дне озер достигает 20—24° при температуре воздуха 13°. Содержание CO_2 в воздухе достигает 36%. В «Пещере смерти», заполненной углекислым газом, на дне озера с углекислой водой находятся сталагмиты, образовавшиеся от выпадения травертина в месте выхода источника.

✓ На дне Макушки, или «Границкой пропасти», в северной части имеется небольшое озеро глубиной до 36 м. На дне озера находится углекислый источник, который минерализует воду озера. Уровень воды на 1,4 м выше уровня протекающей недалеко р. Бечвы [8].

В Румынии, в Южных Карпатах и их предгорьях, подземные озера отмечены в ряде пещер на плато Мехединци. В дальней части пещеры Бая-де-Арама после дождей проход заполняется водой. В пещере Изверка в этом же районе в 130-метровом проходе есть озеро длиной 5 м и 0,5 м глубиной. Второе озеро за этим проходом круглое, диаметром 10 м и глубиной 1,5 м. Температура воды 6°. В пещере Клезани, в 24 км от предыдущей, выявлено еще несколько озер небольшой глубины; протяженность наибольшего из них 15 м, ширина 5 м, глубина 0,5 м. В Быстрицком массиве пещера Св. Георгия кончается озерком, которое в дождливое время полно воды.

В пещере Лаломица на запад от долины р. Прахова, в массиве Бучеджи, протекает подземная речка, образующая несколько озер с чистой водой, температура которой 4—5°. Диаметр их до 10 м, а глубина до 5 м. Медвежья пещера, находящаяся недалеко от предыдущей, заканчивается подземным озером, питающимся водой, стекающей сверху. В пещере Пустынник, в этом же районе, в одном из гротов отмечено небольшое озеро, питающееся водой со сводов.

В пещере Циокловина, в районе Пуи, на р. Стрию в нижнем этаже имеется озеро 5 м в поперечнике при глубине около 2 м.

В Болгарии, кроме описанной Деветашской пещеры, небольшое подземное озеро возникло в пещере Медник, находящейся в юрских известняках Вратчанского округа вблизи р. Искыр [22]. Имеются они и в других пещерах.

В Югославии, в Словении в пещере Подпеч, в котловине Добреполье в наклонном участке находится девять озер различной формы. Размер наибольшего, примерно овального очертания, 7×8 м, другого — треугольной формы, $13,5 \times 7$ м при глубине менее 0,5 м. Третье озеро в плане похоже на восьмерку. Оно состоит из двух блюдцеобразных понижений общей длиной 4 м при ширине около 3 м. Глубина его, как и второго озера, менее 0,5 м. Четвертое озеро размером $4 \times 1,5$ м по глубине не превышает 0,5 м. Наибольшая глубина (около 1 м) установлена у пятого озера размером 2×2 м. Остальные озера еще меньше. Более значительны озера в пещере Пивка Яма около Постойны [28].

Во Франции, в департаменте Ло, близ Карлюса на подземной реке Комбет имеются два подземных озера. Первое из них находится ниже третьего водопада. Длина его 11 м, ширина 3 м, наибольшая глубина около 3 м. С одной стороны его наблюдается плоский песчаный пляж длиной до 11 м при наибольшей ширине 2,5 м. Второе менее значительное озеро, расположенное ниже десятого водопада, при длине 11 м имеет в ширину и глубину 2 м [20].

На о. Мальорка (Балеары) в гроте Пон выявлено оз. Виктория с эксцентричными сталактитами над ним. В пещере Дракона находится многоводное озеро Мартеля [38].

В Африке, в Северной Родезии, известен карстовый колодец, переходящий в пещеру, на дне которой находится подземное озеро. В Дамарленде в пещерах Обаб, Аигаб (протяжением 35 м) и Аигамас (70 м) жинут слепые рабы с рудиментарными глазами [36].

На Яве, на карстовом плато Гуонг-Севу, на дне колодцеобразной пещеры Леванг-Блелу имеется небольшое озеро [30].

В Австралии, в Австралийских Кордильерах, карстовые озера отмечены в пещерах Чиллаго [16]. Наиболее известны они в Озерной пещере, отличающейся также грандиозными колоннами и многочисленными сталактитами. Эта пещера приурочена к четвертичным береговым известнякам [29].

В Северной Америке, штат Кентукки, имеются три озера, одно из которых называется «морем» [3], в крупнейшей Мамонтовой пещере.

Subterranean karst lakes

G. A. Maximovitch

SUMMARY

The accumulation of water at the floor surface of the subterranean cavities is most commonly called lakes. In the horizontal and oblique karst caves it is possible to discern a few types of this kind of lakes which are nothing but gradual transition stages of caves with flows to the dry type caves. Troughs of small running water lakes are being formed in oblique caves with waterfalls at sites of its fall. Cave flows with dike dams and embankment lakes are also observed. The subterranean running water lakes display a deepening of the bottom of the horizontal caves disclosing the karst waters running somewhat lower. The trough lakes are being formed under conditions of much more deeper water bedding below the cave floor in the watertight (of clay material) depressions.

In karst mines the lakes are of two types. In one type of lakes distinguished for its clayey bed the lakes are fed by waters running from elevated sites. The other type is marked by the presence of subterranean waters disclosed by vertical hollows.

The paper cites some facts concerning the subterranean karst lakes of the USSR and some other countries.

Литература

1. Богословский В. Ф. Карстовые явления в окрестностях Пашинского завода. «Уч. зап. Пермск. пед. ин-та», 1954, вып. 13, стр. 131—139.
2. Вахрушев Г. В. Большая Капова пещера (Шульган) и ее подземные водоемы в Южном Урале. «Тр. 1-го Всес. гидрол. съезда в Ленинграде», 1925.
3. Витковский В. За океан, изд. 2. СПб., 1901.
4. Гвоздецкий Н. А. Подземная топография. «Природа», 1948, № 3, стр. 30—31.
5. Гвоздецкий Н. А. Карст, изд. 2, М., Географгиз, 1954, стр. 210—218.
6. Ильин С. В., Кельманский М. С. Результаты работ Уральской научно-исследовательской карстовой станции. «Геология и геофизика», 1938, вып. 1, стр. 101—114, табл.
7. Кашпар Я. О распределении цинка, свинца и меди в известняках и водах пещеры Домице в Словенском карсте. «Сб. к 50-летию В. И. Вернадского», т. 1, 1936, стр. 267—271.
8. Кригер Н. И. Карстовые явления в Чехословакии. «Изв. Всес. геогр. о-ва», 1953, т. 85, вып. 2, стр. 220—224.

9. Кузнецова Л. С. и Чирвинский П. Н. Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис. «Минерал. сб. Львовск. геол. о-ва», 1951, № 5, стр. 319—324.
10. Лебединцев А. А. и Бондарев В. И. Химическое исследование образцов морской воды у Севастополя и Ялты и воды из сталактитовой пещеры Суук-хоба. «Зап. Крымск. горн. клуба», 1896, № 1, стр. 17.
11. Лосиевский В. Курманаевские пещеры и их подземные озера. «Уфимск. губ. вед.», 1891, № 29.
12. Маков К. И. Подземные воды Башкирской АССР, ч. 1, 1946, стр. 103.
13. Максимович Г. А. и Н. А. Ледяная пещера. Свердловск, 1937, стр. 48—49.
14. Максимович Г. А. Спелеографический очерк Пермской области. «Спелеол. бюл.», 1947, № 1, стр. 5—42.
15. Максимович Г. А. Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер. «Зап. Всес. минерал. о-ва», 1955, ч. 84, № 1, стр. 78—79.
16. Максимович Г. А. Кальцитовые оолиты, пизолиты и конкреции пещер и рудников. «Зап. Всес. минерал. о-ва», 1955, т. 84, № 1, стр. 74—78.
17. Максимович Г. А. и Шимановский Л. А. Карстовый провал в с. Брехово Суксунского района. «Уч. зап. Пермск. ун-та», 1956, т. 10, вып. 2, стр. 79—82.
18. Милановский Е. С. Сталактитовые пещеры Абхазии. «Природа», 1955, № 10, стр. 110—111.
19. Нечаев А. П. Работа подземной воды. М., Учпедгиз, 1939, стр. 51—55.
20. Ог Э. Геология, т. 1, изд. М.—Л. — Новосибирск. Гос. научн.-техн. горно-геол.-нефт. изд-во, 1933, стр. 309—311.
21. Петров П. Деветашката пещера. «Труд. на Българск. природоизп. дружество», т. 13. София, 1928, стр. 193—208; 1929, т. 14, стр. 107—132.
22. Радев Н. Материалы за изучаване на пещерите в България. «Труд. на Българск. природоизп. дружество», 1926, т. 12, стр. 174—177.
23. Розен М. Ф. Древние стоянки человека в пещерах Алтая. «Природа», 1954, № 2, стр. 112—114.
24. Соколов Д. С. Подземные воды Шемахинской пещеры. «Природа», 1951, № 5, стр. 56—57.
25. Ступишин А. В. Замечательный памятник природы — Сюкеевские пещеры. «Природа», 1950, № 10, стр. 48—50.
26. Ступишин А. В. и Мухитдинова Д. Х. Сюкеевские пещеры. Казань, Татгосиздат, 1950, 22 стр.
27. Урал и Приуралье. «Россия», т. 5, 1914, 669 стр.
28. Четвертое озеро сталактитовой пещеры Пивка Яма у Адельсберга в Краине. Энцикл. словарь Брокгауз и Эфрон, т. 23, 1898, стр. 556.
29. Blatchford T. The Flooding and Drainage of the Lake Cave a Margaret River. „Ann. Rept. Depart. Mines, W. A“ for 1924, Appendix No 21, 1925, p. 77.
30. Daneš J. V. Das Karstgebiet Goenoeng Sevoe auf Java. „Vestn. Král. C. Spol. Nauk“, 1915, SS. 1—90.
31. Die Eröffnung der Oetschen Tropfsteinhöhle. „Mitt. über Höhlen- und Karstforschung“, 1926, No 3, S. 100.

32. Gąsiorowski H. Podziemne jeziorco w krasie fipsowym w Sieslawicach jako osobliwość przyrody. „Ochrona Przyrody“, 1925, z. 5. Krakow, pp. 33—37.

33. Hofer H. Weitere Entdeckungen im Katerloch bei Weiz (Steiermark). „Höhle“, 1955, No 3, S. 55.

34. Kenk R. in Selioškar A. ^vStudije o ekologiji jamskih živalic. I. Meteorološka in hidrološka opazovanja v Podpeški jami v letih 1928—1931. „Prirodoslovne Razprave“, 1931, kn. 1, Ljubljana, SS. 5—24.

35. Kowalski K. Jaskinie Polski, 111. Warszawa, 1954, SS. 92—139.

36. Martel E. A. L' Evolution souterraine. Paris, 1908, p. 227.

37. Martel E. A. Les plus grands abimes (Italia). „Geographie“, 1929, v. 52, No 5—6, pp. 366—370.

38. Trombe F. Traité de spéléologie. Paris, 1952, p. 355.
