Геополитика и экогеодинамика регионов.
Том 9 (19). Вып. 1. 2023 г. С. 274–289.

УДК 528.4: 528.06: 551.4

А. В. Красиков[1]
Д. В. Наумкин
С. Ф. Кудымов

Картография Кунгурской ледяной пещеры (Средний Урал, Россия) в прошлом и настоящем

ФГБУН Горный институт ПФИЦ УрО РАН, г. Пермь
e-mail: alexeykrasikov55@gmail.com

Аннотация. *История картографирования Кунгурской ледяной пещеры (Средний Урал, Россия) насчитывает более трех столетий. Благодаря ее удачному географическому положению (рядом с административным центром Урала – Кунгуром, на Сибирском тракте) ее первые планы появились еще в начале XVIII века – в 1703 г. Таким образом, Кунгурская пещера была закартирована одной из первых в Европе. Авторство первого плана, принадлежащего С.У. Ремезову, было установлено только в первой половине XX века, до этого считалось, что его составил швед Ф.И. Табберт фон Страленберг, впервые опубликовавший его в 1730 г. В 1733 г. авторский план пещеры создал известный естествоиспытатель И.Г. Гмелин, впервые употребивший в названии Кунгурской пещеры слово «ледяная». В XIX веке появился глазомерный план пещеры М.Я. Киттары. В течение XX века инструментальная съемка осуществлялась в 1934-1935 (И.М. Переслегин) и 1960-1964 (Е.П. Дорофеев) годах. План Е.П. Дорофеева оцифрован в 1999 г. Начиная с 2018 г., велись работы по созданию нового плана с использованием современных приемов и инструментария. Данные, полученные в результате высокоточных съемок тахеометром и модифицированным дальномером, позволили построить новый графический план полости, пересчитать морфометрические показатели (протяженность, средняя ширина и высота гротов, амплитуда, площадь и объём и др.). Максимально полно закартированы труднодоступные, часто обводненные низкие и узкие ответвления, впервые рассчитаны объёмы отдельных гротов заповедной части пещеры. Уровни озер, подошва и кровля галерей привязаны к абсолютным отметкам. Рассчитаны площади озёр в период минимальных и максимальных уровней воды. Определена площадь, занятая покровным льдом, рассчитана мощность пород над всей пещерой. По новым данным, длина Кунгурской пещеры составляет 8153 м, что делает ее второй по протяженности пещерой Пермского края. Результаты структурного картирования найдут применение в дальнейших научных исследованиях, а также в практике безопасного экскурсионного использования пещеры.*

Ключевые слова: *Кунгурская ледяная пещера (КЛП), история исследований, картография, топографическая съемка, структурное картирование, морфометрические показатели, план пещеры*

Введение

Кунгурская ледяная пещера – широко известный памятник природы Урала, ставший настоящим символом Пермского края [1]. Она находится на окраине г. Кунгура (Средний Урал). Вход в пещеру расположен на первой надпойменной террасе р. Сылвы, у подножия южного склона Ледяной горы – обширной плоской возвышенности в междуречье рек Сылвы и Шаквы. Обнажение над входом в

пещеру – стратотип иренского горизонта кунгурского яруса пермской системы. Пещера заложена в переслаивающейся толще гипсов и ангидритов с карбонатными породами. Она имеет сложную морфологию полости, что свидетельствует о прохождении нескольких этапов формирования, начиная с гипогенной (фреатической), а затем и эпигенной (вадозной) стадий спелеогенеза. Условия формирования пещеры определили её специфическую обводненность и уникальную морфометрию, наличие в первых гротах постоянного оледенения с круглогодичными отрицательными температурами [2]. Уже более 70 лет возле пещеры существует Кунгурская карстовая лаборатория, подчинявшаяся с 1948 г. Московскому университету, с 1952 г. – Институту геологии и геохимии (г. Свердловск/Екатеринбург), с 1988 г. – Горному институту (г. Пермь). С 1914 г. Кунгурская пещера является экскурсионной. В 2011 г. она вступила в Ассоциацию экскурсионных пещер мира (International Show Caves Association) [3]. Это самая известная и посещаемая из экскурсионных пещер России [4].

Настоящая статья посвящена истории картографических работ в Кунгурской пещере. 2021 год, объявленный Годом карста и пещер, знаменателен тем, что именно в этом году закончены работы по созданию нового инструментального плана пещеры. В его подготовке принимали участие авторы статьи.

Исторический обзор

Кунгурская ледяная пещера известна местным жителям давно. Неизвестно, кто и когда первым обнаружил пещеру – ее официального первооткрывателя не существует. О ее существовании, вероятно, знали коренные жители этих мест – финно-угорские народы. Их древние поселения, датируемые VIII-IX веками, расположены прямо над пещерой, на поверхности Ледяной горы. Они хорошо известны археологам. Свидетельства русского присутствия в районе Кунгурской пещеры относятся к концу XVI века – в гроте Бриллиантовом были найдены чугунные пушечные ядра [5]. Возможно, эти находки связаны с личностью одного из народных героев России – покорителя Сибири атамана Ермака.

Расположение пещеры имело большое значение в ее становлении как популярного экскурсионного объекта. Близость к населенным пунктам (деревни Филипповка и Беркутово, которые сегодня являются пригородами города Кунгура), транспортная доступность – важные факторы для ее изучения в прошлом и в настоящем. Кунгур возник на берегах реки Сылвы как крепость – форпост Русского государства на пути в Сибирь – в 1663 г. В XVIII веке через город прошла основная дорога в Сибирь – Сибирский тракт. И все путешественники, проезжавшие через Кунгур, имели возможность посетить пещеру. Среди них были и знаменитые ученые, чьи имена стали достоянием мировой науки [6].

Как известно, автором первого плана Кунгурской пещеры долгое время считали шведского исследователя Ф.И. Табберта фон Страленберга. Капитан шведской армии, он попал в плен в битве под Полтавой и был сослан в Сибирь, в г. Тобольск, где провел 13 лет. Будучи очень любознательным и всесторонне развитым человеком, он с разрешения русских властей (князь М.А. Черкасский) принял участие в сибирской экспедиции Д.Г. Мессершмидта, которая обследовала обширные пространства Западной и Восточной Сибири. Вернувшись домой, он опубликовал книгу о своих путешествиях, которая вышла в Стокгольме в 1730 г.,

в этом же году она была напечатана в Лейпциге, а затем переведена на многие европейские языки: в 1738 г. – на английский, в 1757 г. – на французский, в 1780 г. – на испанский [7]. Именно в этой книге и был впервые опубликован план Кунгурской пещеры, вскоре ставший широко известным в Европе. Ранее аналогичный план Кунгурской пещеры был выслан Д.Г. Мессершмидтом из Тобольска в Петербург. Он сохранился до наших дней в архиве Академии наук. В 1939 г. известный советский источниковед-архивариус А.И. Андреев убедительно доказал, что этот план, как и тот, что опубликовал в 1730 г. фон Страленберг, на самом деле представляют собой копии утраченного «Чертежа Кунгурских пещер», выполненного в 1703 г. выдающимся тобольским картографом, архитектором и иконописцем Семеном Ульяновичем Ремезовым. Примечательно, что оба иностранца не указали подлинного автора, претендуя на приоритет в этом вопросе. Картографические работы С.У. Ремезова стали достоянием мировой науки еще при его жизни, и в течение XVIII века неоднократно воспроизводились в Европе, нередко с изменениями в оформлении, деталях, и без указания авторства.

В настоящее время в Кунгуре имеется три подлинных старинных гравюры, воспроизводящих «Чертеж Кунгурских пещер» С.У. Ремезова 1703 г. Они выполнены во Франции во второй половине XVIII века разными граверами. Две из них хранятся в Кунгурском муниципальном музее [8], другая, подробно описанная ниже, приобретена в 2005 г. на аукционе в г. Минске (Белоруссия) Горным институтом, и хранится в музее карста и спелеологии [9]. Ее копия экспонируется в постоянной экспозиции музея.

Гравюра выполнена на серой вержированной бумаге, на одном листе в разворот. Размеры листа – 25,3x37,2 см, гравировальной доски – 19,2x27,9, размер изображения (по рамке) – 17,3x26 см. Название дано внизу по центру листа (по-французски), в нижнем левом углу листа указана фамилия гравера – B. de Bakker. Кроме того, в верхнем левом углу листа есть надпись латиницей «Tom XXIV». Благодаря публикации Л.А. Долгих [8] стало ясно, что наша гравюра – иллюстрация из второго издания многотомной «Всеобщей истории путешествий…» («Histoire generale des voyages, ou Nouvelle collection de toutes les relation des voyages»), изданной в Париже в 1779 г.

В целом гравированный план аналогичен планам из бумаг Д.Г. Мессершмидта и из книги фон Страленберга. Показаны реки, дороги, Кунгурский кремль, печи для обжига гипса рядом с пещерой, а в самой пещере – гроты, проходы, глыбовые завалы, кресты, икона Св. Николая, гидрологические объекты, а также пресловутая «пирамида», изображение которой есть на всех планах пещеры XVIII века. Реки, озера и дороги показаны в горизонтальной проекции, печи для обжига гипса, Кунгурский кремль, кресты и икона Св. Николая – внемасштабными условными знаками. Четкими надписями обозначена река Сылва и Кунгурский кремль, остальные объекты имеют лишь буквенные индексы (рис. 1). Это очень сближает нашу гравюру с французской гравюрой, хранящейся в фондах Кунгурского краеведческого музея с 2010 г. [8], которая является иллюстрацией из первого издания «Всеобщей истории путешествий…» аббата Прево. На плане из книги фон Страленберга вся топонимия представлена буквенными индексами, а у Д.Г. Мессершмидта наоборот, буквенные индексы отсутствуют, и все объекты подписаны. Существенны отличия нашей гравюры от другой копии ремезовского плана из фондов муниципального музея – место

слияния рек Ирени и Сылвы показано в верхнем (как у Д.Г. Мессершмидта и фон Страленберга), а не в нижнем левом углу, отсутствует линейный масштаб и врезка с расшифровкой условных обозначений. Кроме того, большинство объектов и контуры гротов на второй гравюре из Кунгурского краеведческого музея выполнены перспективным рисунком [10].

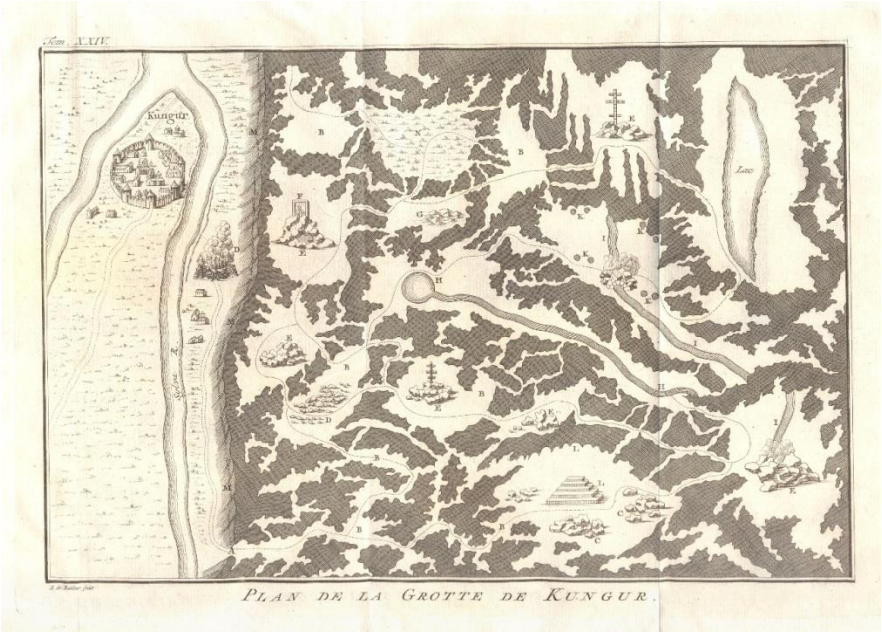

Рис. 1. План Кунгурской пещеры, составленный С.У. Ремезовым. Французская копия 1779 г.

Конечно, первый план пещеры, созданный в начале XVIII века, и не мог отличаться особой точностью, кроме того, на нем было множество вымышленных деталей вроде «пирамиды» или «лужайки с цветами». Уже в 40-е годы XVIII века начальник уральских горных заводов В.Н. Татищев писал по поводу книги фон Страленберга: «Описует Кунгурскую пещеру весьма неправильно, ибо видно, что он сам в ней не был, но слыша, написал. Я же сам в ней был и нарочно посылал чертеж учинить, который нимало не согласуется». Тем не менее, плана Кунгурской пещеры, созданного В.Н. Татищевым, в его архиве историками не найдено, очевидно, он не сохранился до наших дней. И следующий план Кунгурской пещеры, который известен в наше время, принадлежит знаменитому естествоиспытателю, профессору Петербургской Академии наук И.Г. Гмелину.

В 1733 г. он вместе с профессором Г.Ф. Миллером и художником Беркханом посетил Кунгур в составе Великой Северной экспедиции, направлявшейся на Дальний Восток. Наняв местного проводника, они провели в пещере целый день [11]. В результате появился план, составленный с использованием компаса. Судя по масштабу и направлению ходов, план составлен только до грота Крестовый. Ледяная колонна, отмеченная буквой «Е», указанная на плане, расположена под органной трубой, где и в настоящее время зимой наблюдается активный рост сталагмитов. Совпадает с реальностью южная граница грота и общее направление ходов пещеры. Изображенные застывшие озера, вероятно, представляют собой покровные льды, сохранившиеся до наших дней, хотя к концу XX века их площадь сильно сократилась [12]. В конце грота в то время находился крест,

изображенный на плане; место, обозначенное буквой «F», соответствует гроту Данте. Изображены на плане также гроты Скандинавский, Полярный и Бриллиантовый, разделить которые очень сложно (рис. 2). И.Г. Гмелин первым из исследователей называет Кунгурскую пещеру «ледяной».

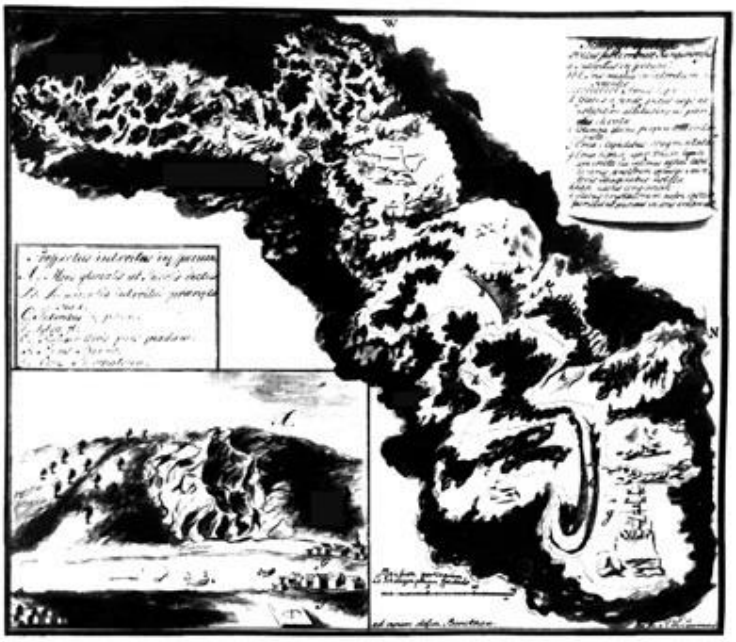

Рис. 2. План Кунгурской пещеры и рисунки Ледяной горы И. Г. Гмелина

Следующий план Кунгурской пещеры, имеющийся в нашем распоряжении, составлен спустя столетие, в начале 1840-х гг. Он принадлежит профессору Казанского университета М.Я. Киттары.

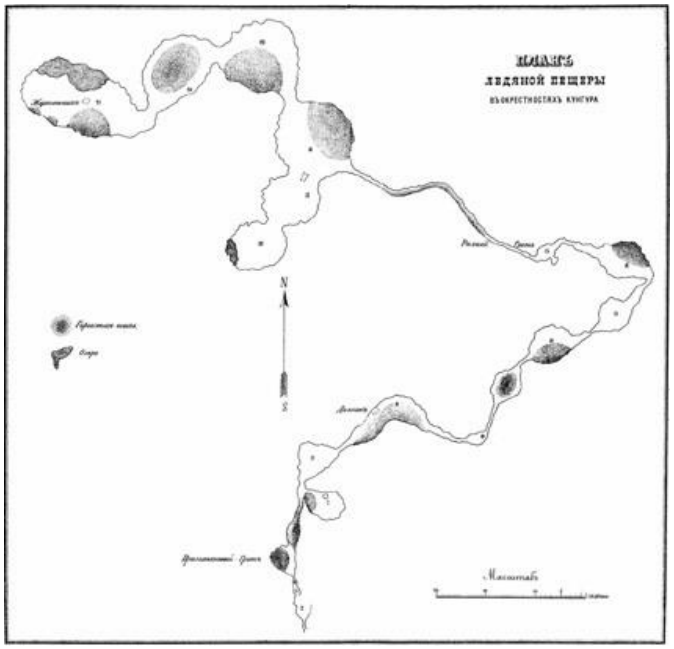

Рис. 3. План Кунгурской пещеры М. Я. Киттары

В статье, опубликованной в 1848 г. в Журнале министерства внутренних дел, затем в Пермских губернских ведомостях, и, наконец, в 1893 г. в Адрес-Календаре Пермской губернии на 1894 год, М.Я. Киттары подробно описывает пещеру до Большого подземного озера и приводит составленный им глазомерный план (рис. 3). На плане мы видим названия гротов Бриллиантовый и Резной (Коралловый). Направление ходов и расположение гротов соответствует реальности.

Считалось, что в XX веке очередной этап в истории картографирования пещеры связан с экспедицией «Гидростройпроекта» (1934-1935 гг.). Однако в архиве Кунгурской лаборатории Горного института есть глазомерный план заозерной части пещеры, составленный неизвестными исследователями ранее 1934 г. (рис. 4). План (от грота Западного до грота Длинного) отличается детальностью изображения. На нем нанесены осыпи и озера. Грот Геологов обозначен как грот Вечер. Впервые на картах появилось название грота Длинный. Надпись в верхнем правом углу, датированная 9 декабря 1939 г. (за подписью техника-геодезиста Булдакова), подтверждает, что этот картографический материал не является фрагментом плана проф. М.Я. Киттары 1848 г.

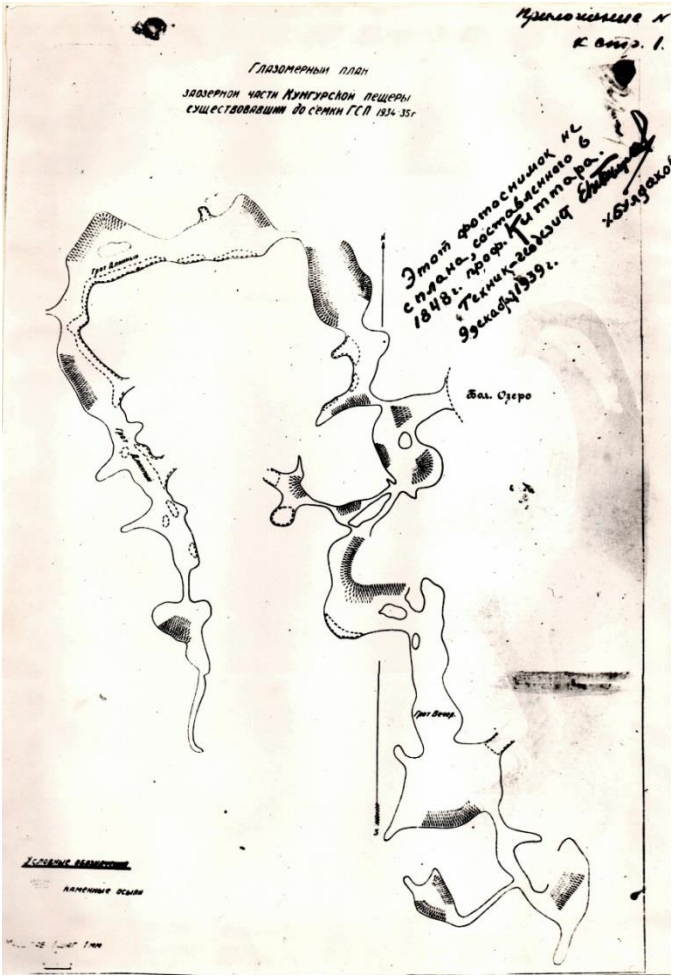

Рис. 4. План Кунгурской пещеры (составлен неизвестными исследователями до 1934 года). Архив Кунгурского стационара ГИ УрО РАН.

В 1934-1935 гг. в пещере работала группа геологов «Гидростройпроекта» под руководством И.М. Переслегина. Это было первое масштабное исследование пещеры силами специалистов. Они провели большую работу по разведке и съемке новых ходов и гротов. Были открыты и нанесены на план участки пещеры от грота Склеп до грота Колизей, обширная заозерная часть от грота Длинного до грота Переслегина на север и от грота Длинного до грота Вышка на юг. На поверхности Ледяной горы проведена мензульная съемка надпещерного участка в масштабе 1:5000. В результате появился полуинструментальный план пещеры, на котором впервые использованы названия гротов: Смелых, Грозный, Геологов, Великан, Близнецы, Грязный, Вышка (рис. 5). Он неоднократно воспроизводился в популярных изданиях о Кунгурской пещере.

Рис. 5. План Кунгурской Пещеры, составленной группой «Гидростройпроекта» (карандашная правка принадлежит В.С. Лукину)

Дальнейшее изучение пещеры выявило необходимость уточнения и дополнения плана 1935 г. Картографические работы велись в зимние периоды на протяжении 1960-1964 гг. под руководством научного сотрудника Кунгурской лаборатории Е.П. Дорофеева. В них принимали участие научный сотрудник А.Д. Бураков, лаборанты В.Я. и С.Я. Коротаевы, экскурсоводы А.М. Бахтигареев, В.М. Хлебников, С.Н. Дорофеева. В съемках одновременно участвовали 2-3 человека.

Камеральную обработку выполняли Е.П. Дорофеев, С.Я. Коротаев, В.Я. Коротаев, С.Н. Дорофеева. Материалы работ, в том числе журнал координат точек съемки, и уникальные фотографии, запечатлевшие пещеру и надпещерный участок с воронками, какими они были в начале 1960-х гг., представлены в виде отчета, хранящегося сегодня в Кунгурской лаборатории Горного института.

В ходе работ было пройдено 2781,32 м теодолитных ходов, 3118,37 м – буссольных ходов. Всего – 5898,69 м. Если исключить 300 м буссольных ходов, пройденных для нанесения контуров крупных гротов, общая протяженность Кунгурской пещеры на момент окончания съемки составила 5600 м. Было существенно уточнено взаимное расположение гротов и соединяющих их проходов, нанесены на план гроты, по каким-либо причинам не снятые в 1934-1935 гг. – система ходов к востоку от старого входа в пещеру, грот Скандинавский, проход из грота Данте в грот Западный, грот Заозерный, ход на север от грота Длинного до грота Близнецы, и др. Кроме того, в ходе работ был открыт новый, неизвестный ранее грот Космический (рис. 6).

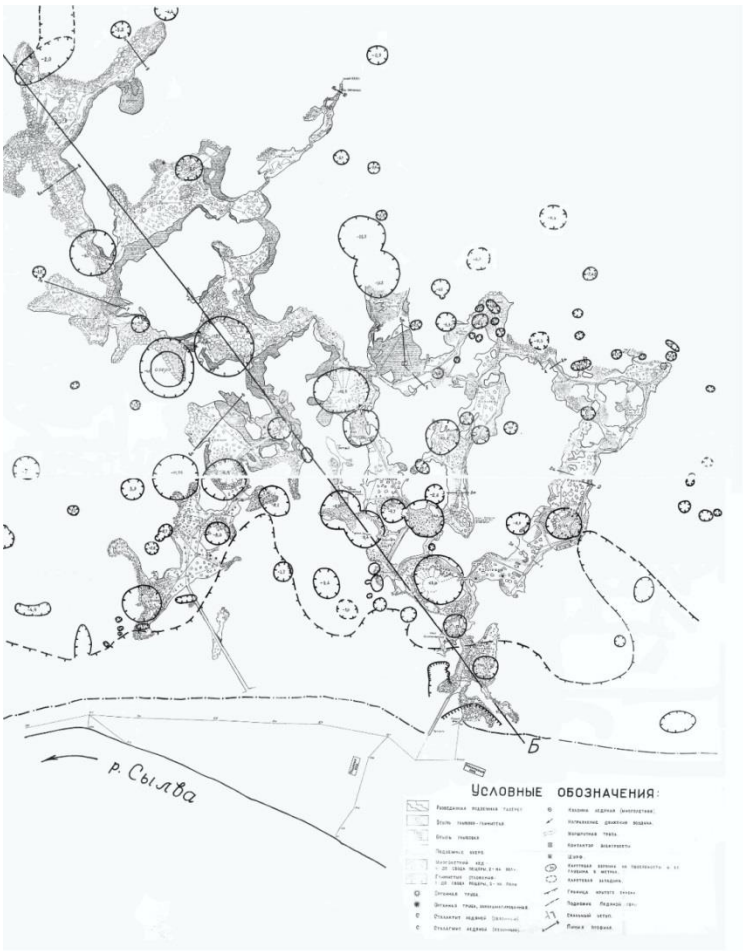

Рис. 6. Инструментальный план Кунгурской пещеры Е. П. Дорофеева 1964 г.

Этот план Кунгурской пещеры, выполненный с максимально возможной для того периода точностью и имеющихся технических возможностей, определил ее картографический «облик» на следующие полвека. Он постоянно использовался в

практике научных исследований, неоднократно печатался в десятках статей, монографиях [2] и популярных публикациях [1; 5; 13; 14], а также довольно большим тиражом был воспроизведен в сувенирно-полиграфическом виде для реализации посетителям пещеры (рис. 7).

Рис. 7. План Кунгурской пещеры, изготовленный в сувенирно-полиграфическом виде для реализации посетителям пещеры. 1980 г.

В 1999 г. план Е.П. Дорофеева был оцифрован И.А. Лавровым в программе MapInfo 5.0. В процессе работы были учтены изменения, произошедшие с момента съемки пещеры Е.П. Дорофеевым – на плане впервые показаны новый выходной тоннель, а также гроты Братский и 50-летия ВЛКСМ (это советское название сегодня считается историческим). Впервые на плане пещеры появились фамилии Лукина, Дорофеева, Татищева [15]. Этот электронный вариант оставался востребованным еще два десятилетия, хотя было ясно, что он тоже нуждается в уточнении.

Уже по предварительным результатам возобновившейся в 2016 г. топосъемки длина Кунгурской пещеры составила 6420 м. [16]. С 2016 по 2018 гг. по результатам топографических съемок, выполненных сотрудниками стационара и спелеологами, протяженность пещеры увеличились на 800 м, а площадь – на 11 тыс. м^2 [16].

Тогда же авторами было высказано предположение, что ее реальная протяженность может превысить 8 км. С этого времени начались регулярные работы, результатом которых стал новый актуальный план Кунгурской ледяной пещеры.

Материалы и методы

Практический этап включал в себя проведение подземной топографической съемки в период с 2018 по 2021 г. с последующим составлением нового уточненного плана КЛП в масштабе 1: 500. Съемочные работы в экскурсионной части пещеры велись непосредственно с пунктов опорно-маркшейдерской сети (далее ОМС) и способом геодезических засечек на указанные пункты. Измерения выполнены с помощью электронного тахеометра Leica FlexLine TS03 5 R500, который имеет следующие характеристики: угловая точность 5", точность измерения расстояний –2 мм +2 ppm.

Для тахеометрической съемки в заповедной части пещеры была создана съемочная сеть, в которой исходными пунктами служили пункты ОМС. Съемочная сеть построена способом проложения полигонометрических ходов с помощью электронного тахеометра. Высотная сеть развита методом тригонометрического нивелирования [17]. Предельная абсолютная невязка теодолитного хода для съемки масштаба 1:500 составляет 0,3 м согласно СП-11-104-97. Относительная погрешность теодолитного хода составляет 1/2000. В труднодоступных местах, где по техническим причинам невозможна установка тахеометра, были проложены буссольные ходы с использованием модифицированного автоматизированного лазерного дальномера Leica DistoX310 [18-19]. Для буссольных ходов, исходными пунктами служили пункты ОМС и пункты созданной съемочной сети. Погрешность положения пунктов буссольного хода определялась после его замыкания на исходный пункт. Средняя погрешность положения пунктов в плане составила не более 10 см [20].

Камеральный этап заключался в обработке всех полученных данных и включал дальнейшую графическую интерпретацию. Для электронного тахеометра применялось специализированное программное обеспечение Autodesk AutoCAD и Credo. Для электронного тахеометра этап выполнен с помощью специализированного программного обеспечения «Autodesk AutoCAD» и «Credo». Результаты измерений, полученные с помощью дальномера, переносились в приложение «TopoDroid», где можно визуализировать данные съемки [21-22]. Обработка данных, полученных в ходе съемки дальномером, на начальном этапе производилась в программе «XTerion», после обрабатывались в «Autodesk AutoCAD».

Результаты и обсуждения

При интерпретации данных, полученных в результате топографических съемок, был составлен новый совмещенный топографический план Кунгурской пещеры в масштабе 1:500 (рис. 8). С помощью новых данных были пересчитаны линейные, площадные и объемные характеристики отдельных гротов и галерей и всей пещеры в целом. Все рассчитанные параметры были сопоставлены с

данными, полученными предыдущими исследователями и представлены в таблице 1.

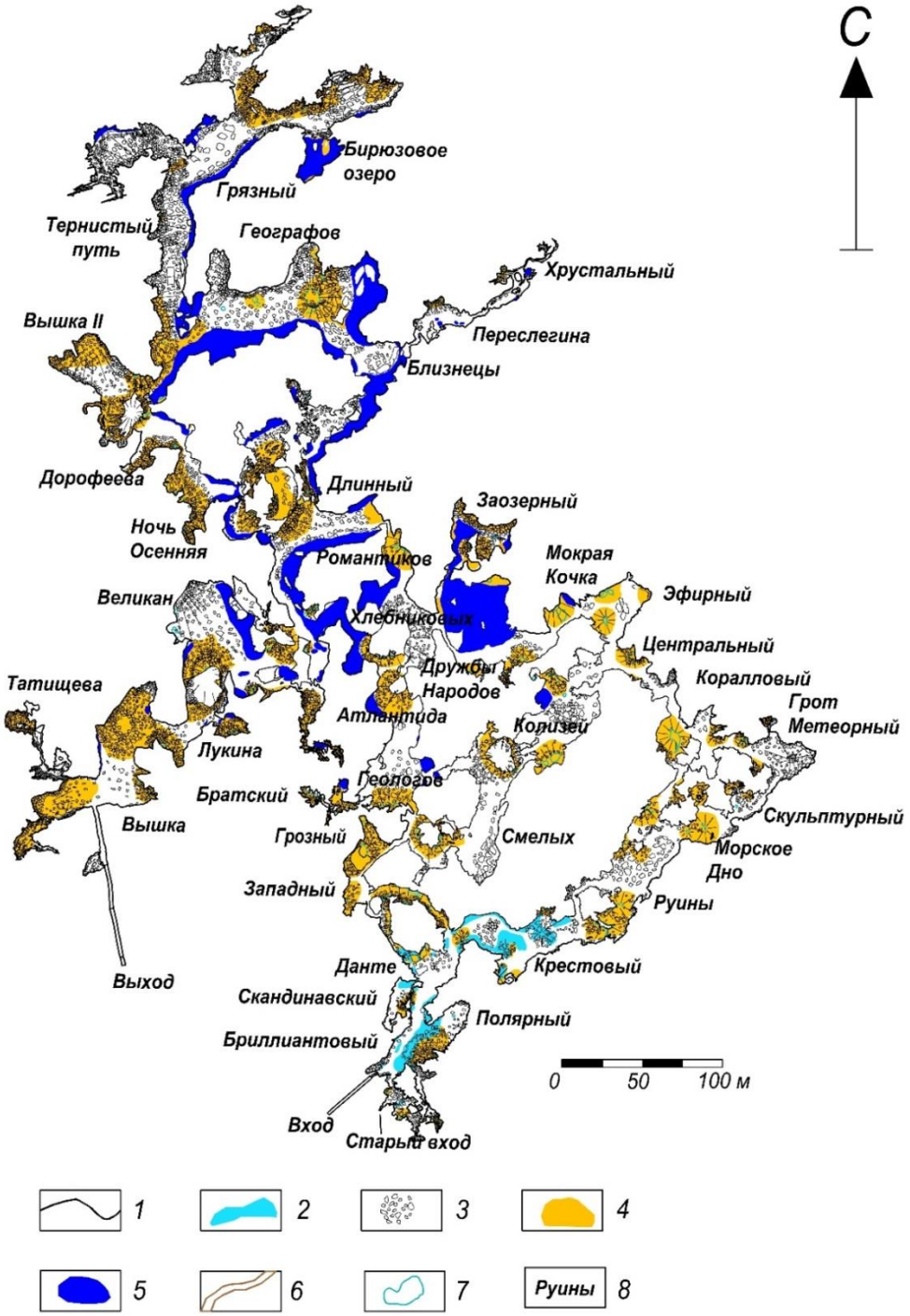

Рис. 8. Схема Кунгурской Ледяной пещеры 2021 г., Составители и исполнители: Красиков А. В., Кудымов С. Ф. 1 – контур пещеры; 2 – лед покровный; 3 – осыпи глыбово-щебнистые; 4 – осыпи глинистые; 5 – озера; 6 – экскурсионная тропа; 7 – «органные трубы» и зоны дробления; 8 – названия гротов.

Линейные и площадные показатели пещеры. При пересчете *протяженности (L)* были пересняты все выявленные ходы пещеры, как старые, которые отмечены на графических планах, так и открытые позднее. В результате обработки съемочных данных длина пещеры увеличилась до 8153 м, при прежней заявленной протяженности 5700 м.

С помощью ПО «Autodesk AutoCAD» автоматизированным способом произведен расчет площади всех гротов и проходов в пещере.

Площадные показатели пещеры (S) рассчитывалась двумя способами. Первый способ – сумма площадей всех участков, она составила 63,773 тыс. м^2. Второй – путем вычитания площадей всех целиков из площади внешнего контура пещеры, результат – 63,765 тыс. м^2. Данные, полученные обоими способами, рознятся незначительно, и, следовательно, окончательной можно принять величину в 63,8 тыс. м^2.

Средняя ширина пещеры (Вср) составила 7,8 м и рассчитывалась исходя из площади пещеры, деленной на протяженность.

Средняя высота (Нср) для всех участков составила 2,6 м. Для определения средней высоты каждого участка использовали не менее 10 отметок кровли и 10 отметок подошвы по всей площади выделенного участка. Для крупных галерей использовали до 60 абсолютных отметок, всего для расчета средней высоты пещеры было обработано около 2000 значений.

Амплитудой (Ат). По результатам съемки (2018-2021 гг.) высшей точкой пещеры стала органная труба в гроте Космический, а не грот Вышка II, как считалось ранее, абсолютная отметка кровли составила 144,3 м (31,3 м над уровнем озера, при абсолютной отметке озер 113,0 м, глубина озера 5 м). Таким образом, амплитуда Кунгурской пещеры составила 36,3 м.

Объемные показатели пещеры. *Объем(V)* рассчитывали, как произведение средней высоты всех галерей и проходов в пещере на их площадные характеристики (подсчет для каждого грота отдельно) и последующее их суммирование, равное 223,3 тыс. м^3. Это значение принимается как эталонное.

Выводы

По материалам топографо-геодезических работ, выполненных в период с 2018 по 2021 гг., был построен актуальный графический план Кунгурской Ледяной пещеры, который позволил уточнить морфометрические показатели не только самой пещеры, но и её отдельных частей (гротов и проходов). По сравнению с предыдущими съемками, протяженность пещеры увеличилась с 5700 м до 8153 м. Площадь изученных галерей пещеры составила 63,8 тыс. м^2, а объём – 223,3 м^2. Изменилась средняя ширина – 7,8 м и средняя высота галерей – 2,6 м.

Впервые рассчитаны объемные показатели для отдельных гротов и проходов. Площадь, занятая покровным льдом на начало 2022 г., составила 1160 м^2. В заповедной части пещеры впервые были привязаны к абсолютным отметкам подошва и кровля всех галерей и проходов, уровни озер, контур распространения глинистых и обвально-щебнистых осыпей. Впервые были рассчитаны площади всех озер в период минимальных и максимальных уровней воды. В рамках картирования получена общая площадь зоны дробления, которая составила 811 м^2, количество отмеченных на плане органных труб возросло со 146 [13] до 209. Получены отметки подошвы неволинской пачки, глинисто-доломитовых

прослоев, заложенных в ледянопещерской пачке, и отметки уровней воды, сохранившиеся со времен формирования пещеры (10-12 тысяч лет назад). Выделена и закартирована древняя часть пещеры (зона развития сульфатной и карбонатной брекчии).

Таблица 1

Изменение морфометрических показателей Кунгурской Ледяной пещеры, 1859-2021 гг.

Параметр	Год исследований						
	1859	1935	1965	2001	2003	2018	2021
Протяженность (*L*), м	1015	4600	5600	5700	5700	6525	8153
Средняя ширина *(Bср),*	-	-	-	11,4	11,4	11,7	7,8
Средняя высота ($H_{ср}$), м	-	-	2,9	3,0	3,0	3,5	2,6
Амплитуда *(Am),* м	-	-	-	30(+27/-3)	32(+27/-5)	32(+27/-5)	36,3(+31,3/-5)
Площадь (*S*), тыс. $м^2$	-	-	52,0	65,0	65,0	76,0	63,8
Объем (*V*), тыс. $м^3$	-	-	150	195	206	267	223,3
Коэффициент Корбеля (Q) *Q=Вк·Lк·Нк*	-	-	26,7	-	11,7	-	12,9

Выполненные работы по обработке данных картирования структурных элементов и их графической интерпретации позволили оценить устойчивость стен и сводовой части гротов пещеры, что имеет большое практическое значение в плане обеспечения безопасности экскурсионной деятельности.

Авторы статьи выражают благодарность спелеологам, принимавшим участие в съемке пещеры в период с 2018 по 2021 г., а именно: Башариной Л.Н., Додоновой О.О., Герасимовой И.Ю., Коньшину А.А.

Литература

1. Наумкин Д. В., Севастьянов В. М., Лавров И. А. Кунгурский заповедный край. Пермь: Раритет-Пермь, 2004. 120 с.
2. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений / Под ред. д.г.-м.н. В.Н. Дублянского. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 375 с.
3. Рапп В. В. Вступление Кунгурской ледяной пещеры в Международную ассоциацию экскурсионных пещер // Грибушинские чтения-2011. Кунгур, 2011. С. 354-356.
4. Polukhina A. N., Lyakhnitsky Yu. S., and Lezhnin V. V. The concept of regulated use of natural heritage sites included in the tourist cluster: a Russian caves case study // Journal of Cave and Karst Studies. 2019. Vol. 81, № 3. 162-173 p.
5. Дорофеев Е. П., Андрейчук В. Н., Бобров А. Б., Вейсман Л. И. Кунгурская Ледяная пещера. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1990. 303 с.
6. Козлова Н. Н., Наумкин Д. В. Имена ученых в пространстве Кунгурской Ледяной пещеры // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т.10, № 1. С. 623-632.

7. Андреев А. И. Очерки по источниковедению Сибири. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1960. Вып. 1: XVIII век. 280 с.
8. Долгих Л. А. Кунгурская Ледяная пещера в картографических произведениях XVIII века // Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук / Сб. мат. науч.- практич. конф. Наб. Челны: НПГИ, 2010. С. 33-35.
9. Наумкин Д. В. Французская гравюра в фондах музея карста и спелеологии ГИ УрО РАН (первый план пещеры С.У. Ремезова) // Пещеры. 2008. Вып. 31. С. 195-197.
10. Долгих Л. А. Парижская гравюра из фондов Кунгурского музея (первый план пещеры С. У. Ремезова) // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности. Пермь, 2003. С. 55-58.
11. Козлова Н. Н., Наумкин Д. В. «Дорога к пещере, дорога в пещере…» // Спелеология и спелестология. 2012. № 3. С. 265-267.
12. Кадебская О. И., Наумкин Д. В. Антропогенное воздействие на Кунгурскую Ледяную пещеру и прилегающие территории // Горное эхо. 2002. № 4(10). С. 15-26.
13. Дублянский В. Н., Кадебская О. И. По Кунгурской Ледяной пещере. Пермь: АО «Пермтурист», 2004. 134 с.
14. Козлова Н. Н., Морозова С. В., Наумкин Д. В. Кунгурская пещера: известная и неизвестная. Кунгур: ООО «Сталагмит», 2016. 194 с.
15. Лавров И. А., Чугаева А. А. Электронный план Кунгурской Ледяной пещеры // Пещеры. 2001. Вып. 27-28. С. 73-76.
16. Богомаз М. В. Уточнение плана и морфометрических показателей Кунгурской Ледяной пещеры // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Пермь: ГИ УрО РАН, 2018. С. 41-45.
17. Барулин А. И. Методика маркшейдерской съемки и устранение деформации днища стальных резервуаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2021. С. 69-79. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-69-79.
18. Ballesteros D., Dommguez-Cuesta M.J., Jimenez-Sanchez M., Gonzalez-Pumariega P. Tape-compass-clinometer, DistoX or total station, what is the best method to elaborate a cave survey? A case study in El Pindal Cave, Spain // Proceedings of the 8-th International Conference on Geomorphology. Paris, 2013. 27-31 p.
19. Dabova J., Pukanska K., Bartos K., Sabo J. Geodetic Deformation Monitoring. Deformation Analysis of 1D and 2D Changes of Objects in Their External Environment // Tribun EU s.r.o. 2020. 117 p.
20. Красиков А. В. Уточнение морфометрических показателей гротов и галерей Кунгурской ледяной пещеры по результатам топографо-геодезических работ // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2022. № 4. С. 76–89.
21. Mattes J. Underground fieldwork-A cultural and social history of cave cartography and surveying instruments in the 19th and at the beginning of the 20th century // Int. J. Speleol. 2015. Is. 44. 5 p.
22. Trimmis K. P. Paperless mapping and cave archaeology: A review on the application of DistoX survey method in archaeological cave sites // J. Archaeol. Sci. Rep. 2018. Is. 18. 399-407 p.

A. V. Krasikov,
S. F. Kudymov,
D. V. Naumkin

Cartography of the Kungur ice cave (Middle Ural, Russia) in the past and present

Mining Institute PFIC UrO RAS, Perm
e-mail: alexeykrasikov55@gmail.com

Abstract. *The history of mapping the Kungur ice cave (Middle Urals, Russia) has more than three centuries. Due to its favorable geographical position (near the administrative center of the Urals - Kungur, on the Siberian Highway), its first plans appeared at the beginning of the 18th century - in 1703. Thus, the Kungur cave was one of the first in Europe to be mapped. Authorship of the first plan, owned by S.U. Remezov, was established only at the beginning of the twentieth century, before that it was believed that it was compiled by the Swede F.I. Tabbert von Stralenberg, who first published it in 1730. In 1733, the well-known naturalist I.G. Gmelin, who first used the word "ice" in the name of the Kungur cave. In the 19th century, an eye plan of the cave by M.Ya. Kittary. During the 20th century, instrumental surveys were carried out in 1934-1935 (I.M. Pereslegin) and 1960-1964 (E.P. Dorofeev). Plan E.P. Dorofeev was digitized in 1999. Starting from 2018, work has been underway to create a new plan using modern techniques and tools. The data obtained as a result of high-precision surveys with a total station and a modified rangefinder made it possible to build a new graphic plan of the cavity, recalculate morphometric indicators (length, average width and height of grottoes, amplitude, area and volume, etc.). Hard-to-reach, often flooded low and narrow branches were mapped to the fullest extent, the volumes of individual grottoes of the reserved part of the cave were calculated for the first time. Levels of lakes, soles and roofs of galleries are tied to absolute marks. The areas of lakes during the period of minimum and maximum water levels are calculated. The area occupied by cover ice was determined, and the thickness of rocks over the entire cave was calculated. According to new data, the length of the Kungur cave is 8153 m, which makes it the second longest cave in the Perm region. The results of structural mapping will be used in further scientific research, as well as in the practice of safe excursion use of the cave.*

Keywords: *Kungur Ice Cave (KIC), history of research, cartography, topographic survey, structural mapping, morphometric indicators, cave plan.*

Referances

1. Naumkin D. V., Sevast'yanov V. M., Lavrov I. A. Kungurskij zapovednyj kraj. Perm': Raritet-Perm', 2004. 120 s. (in Russian)
2. Kungurskaya Ledyanaya peshchera: opyt rezhimnyh nablyudenij / Pod red. d.g.-m.n. V.N. Dublyanskogo. Ekaterinburg: UrO RAN, 2005. 375 s. (in Russian)
3. Rapp V. V. Vstuplenie Kungurskoj ledyanoj peshchery v Mezhdunarodnuyu associaciyu ekskursionnyh peshcher // Gribushinskie chteniya-2011. Kungur, 2011. S. 354-356. (in Russian)
4. Polukhina A. N., Lyakhnitsky Yu. S., and Lezhnin V. V. The concept of regulated use of natural heritage sites included in the tourist cluster: a Russian caves case study // Journal of Cave and Karst Studies. 2019. Vol. 81, № 3. 162-173 p.
5. Dorofeev E. P., Andrejchuk V. N., Bobrov A. B., Vejsman L. I. Kungurskaya Ledyanaya peshchera. Perm': Perm. kn. izd-vo, 1990. 303 s. (in Russian)

6. Kozlova N. N., Naumkin D. V. Imena uchenyh v prostranstve Kungurskoj Ledyanoj peshchery // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2014. T.10, № 1. S. 623-632. (in Russian)
7. Andreev A. I. Ocherki po istochnikovedeniyu Sibiri. M.-L.: izd-vo AN SSSR, 1960. Vyp. 1: XVIII vek. 280 s. (in Russian)
8. Dolgih L. A. Kungurskaya Ledyanaya peshchera v kartograficheskih proizvedeniyah XVIII veka // Speleologiya i spelestologiya: razvitie i vzaimodejstvie nauk. Nab. CHelny: NPGI, 2010. S. 33-35. (in Russian)
9. Naumkin D. V. Francuzskaya gravyura v fondah muzeya karsta i speleologii GI UrO RAN // Peshchery. 2008. Vyp. 31. S. 195-197. (in Russian)
10. Dolgih L. A. Parizhskaya gravyura iz fondov Kungurskogo muzeya (pervyj plan peshchery S. U. Remezova) // Kungurskaya Ledyanaya peshchera. 300 let nauchnoj i turisticheskoj deyatel'nosti. Perm', 2003. S. 55-58. (in Russian)
11. Kozlova N. N., Naumkin D. V. «Doroga k peshchere, doroga v peshchere…» // Speleologiya i spelestologiya. 2012. № 3. S. 265-267. (in Russian)
12. Kadebskaya O. I., Naumkin D. V. Antropogennoe vozdejstvie na Kungurskuyu Ledyanuyu peshcheru i prilegayushchie territorii // Gornoe ekho. 2002. № 4(10). S. 15-26. (in Russian)
13. Dublyanskij V. N., Kadebskaya O. I. Po Kungurskoj Ledyanoj peshchere. Perm': AO «Permturist», 2004. 134 s. (in Russian)
14. Kozlova N. N., Morozova S. V., Naumkin D. V. Kungurskaya peshchera: izvestnaya i neizvestnaya. Kungur: OOO «Stalagmit», 2016. 194 s. (in Russian)
15. Lavrov I. A., CHugaeva A. A. Elektronnyj plan Kungurskoj Ledyanoj peshchery // Peshchery. 2001. Vyp. 27-28. S. 73-76. (in Russian)
16. Bogomaz M. V. Utochnenie plana i morfometricheskih pokazatelej Kungurskoj Ledyanoj peshchery // Strategiya i processy osvoeniya georesursov. Perm': GI UrO RAN, 2018. S. 41-45. (in Russian)
17. Barulin A. I. Metodika markshejderskoj s"emki i ustranenie deformacii dnishcha stal'nyh rezervuarov // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. 2021. S. 69-79. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-69-79. (in Russian)
18. Ballesteros D., Dommguez-Cuesta M.J., Jimenez-Sanchez M., Gonzalez-Pumariega P. Tape-compass-clinometer // Proceedings of the 8-th International Conference on Geomorphology. Paris, 2013. 27-31 p. (in English)
19. Dabova J., Pukanska K., Bartos K., Sabo J. Geodetic Deformation Monitoring. Deformation Analysis of 1D and 2D Changes of Objects in Their External Environment // Tribun EU s.r.o. 2020. 117 r. (in English)
20. Krasikov A. V. Utochnenie morfometricheskih pokazatelej grotov i galerej Kungurskoj ledyanoj peshchery po rezul'tatam topografo-geodezicheskih rabot // Gornyj zhurnal. 2022. № 4. S. 76–89. (in Russian)
21. Mattes J. Underground fieldwork-A cultural and social history of cave cartography and surveying instruments in the 19th and at the beginning of the 20th century // Int. J. Speleol. 2015. Is. 44. 5 r. (in English)
22. Trimmis K. P. Paperless mapping and cave archaeology: A review on the application of DistoX survey method in archaeological cave sites // J. Archaeol. Sci. Rep. 2018. Is. 18. 399-407 r. (in English)

Поступила в редакцию 08.10.2022 г.