

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
(ЮИОС) имени Б.В. Всесвятского (Открытия 2030)
Секция «Ландшафтная экология»

**Индекс нарушенности как оценка состояния подземной среды не-
которых природных и техногенных пещер**

Автор: Кузьмин Николай, 10 кл. обучаю-
щийся объединения «Экологи-исследова-
тели» МБУ ДО «ЦДТ и спорта с.Шаран».
Руководитель: Акбулатов В. Т., педагог до-
полнительного образования.
Консультант: Островская Ю.В., методист
РДЭБЦ

с.Шаран, 2024

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Литературный обзор	4
Глава 2. Характеристика района исследования.....	5
Глава 3. Объекты, методы и методические основы исследования.....	6
Глава 4. Характеристика объектов исследования. Морфология и генезис пещер	9
Глава 5. Результаты исследования	11
Глава 5.1. Общее экологическое состояние объектов и показатели микроклимата.....	11
Глава 5.2. Анализ и обсуждение физико-химических показателей пещер....	13
Глава 5.3. Состав биоты на объектах	14
Глава 5.4. Апробация индекса нарушенности объектов	21
Заключение	22
Выводы	22
Оценка экологического риска и научно-методические основы охраны и использования пещер, как памятников природы	23
Список литературы	24
Приложения.....	26

Введение

Актуальность. Вопросы экологии пещер в настоящее время недостаточно освещены и как в теоретическом, так и в практическом отношении, что уже сейчас приводит к значительным потерям качества подземных объектов, используемых для массового экскурсионного посещения. Важно грамотно планировать и осуществлять контроль над использованием пещер в качестве объектов туризма. Проблемы такого использования частично нашли решение, но необходимо провести еще много исследований, чтобы понять механизм, способный свести к минимуму негативное воздействие посетителей на пещеры, приблизить условия их существования к естественным и восстановить разрушенные экосистемы [12].

Анализ отдельных компонентов подземных ландшафтов показывает их большое разнообразие, значительную изменчивость и сложное структурное сочетание. Эти подземные комплексы имеют много общего и могут быть объединены в различные типы, закономерности распределения которых на земной поверхности еще недостаточно изучены.

Цель исследования: Оценить состояние подземной среды некоторых карстовых и техногенных пещер Республики Башкортостан.

Задачи исследования: 1) Собрать сведения о геологии и генезисе этих пещер, изучить строение и составить топографический план-карту пещер;

2) Изучить особенности микроклимата в зависимости от температуры и влажности;

3) Изучить биоту пещер и выделить экологические группы организмов;

4) Оценить влияние природных факторов и антропогенного пресса на подземную среду пещер;

5) Определить индекс нарушенности подземных полостей в исследованных пещерах;

6) Разработать научно-методические основы охраны и использования пещер, как памятников природы и объекта туризма.

Гипотеза исследования: Каждая подземная среда представляет собой уязвимый и уникальный ландшафт, постоянно меняющийся под действием как природных, так и антропогенного факторов.

Практическая значимость работы. Результаты исследования могут быть использованы для определения уровня максимально допустимой антропогенной нагрузки на экскурсионные пещеры и прогнозирования изменений экосистем в них. Информация об этих изменениях поможет разработать методы охраны данных объектов, а также поможет рационально использовать их как объекты туризма. Охрана и мониторинг пещерных экосистем будут способствовать сохранению биоразнообразия Республики.

Время выполнения: 2022-2024 гг.

Глава 1. Литературный обзор

<...> Большинство пещер представляет собой особый тип подземных ландшафтов (экосистем), функционирование и развитие которых обусловлено комплексом взаимосвязанных средообразующих компонентов. К последним относятся материально-энергетические составляющие ландшафтно-экологических систем: энергия, газовый состав (пещерная атмосфера), вода, почвосубстрат, органический мир (продуценты, консументы, редуценты), обеспечивающие круговорот веществ и энергии как внутри полостного пространства, так и при обмене с соседними (например, наземными) комплексами [8].

Климат пещер и микроклимат их отдельных участков выступает регулятором большинства физических, химических и физико-химических процессов в пещерах (коррозии, минералогенеза, конденсации, криогенеза), является одним из главных экологических факторов жизни троглобионтных и троглофильных организмов. Таким образом, климат пещер является важным условием формирования состава, функционирования и динамики подземных ландшафтов и экосистем [9].

Подземная флора и фауна являются неотъемлемой частью экосистем естественных и искусственных полостей. Растения и животные, обитающие в пещерах, выступают в роли чутких живых индикаторов экологического состояния подземных ландшафтов. Они наиболее быстро и остро реагируют на все изменения условий обитания, что связано с узостью экологической ниши как по физико-химическим параметрам, так и по географическим [12].

При посещении пещер, одним из важнейших аспектов обследования является выявление и изучение пещерной биоты (биота – исторически сложившаяся совокупность видов живых организмов, объединённых общей областью распространения, в данном случае – пещерой). Организмы пещер представляют значительный интерес, поскольку существуют в особых условиях – в отсутствии света и при ограниченности пищевых ресурсов при постоянной температуре и влажности, в полной, или частичной изоляции от поверхности. В этих условиях формируются специфические адаптации, образуются эндемичные формы, благодаря которым мы можем узнать о возможностях жизни осваивать новые пространства.

Пещерные экосистемы чрезвычайно уязвимы. Особенно это касается экосистем афотической зоны, где организмы и связи между ними формировались в неизменных на протяжении тысячелетий условиях. Даже незначительное вторжение в такую экосистему, приводящее к изменению температуры, влажности, химического состава, может привести к гибели тысяч пещерных организмов [9].

Использование пещер в качестве объектов туризма несет в себе ряд рисков для их хрупкой экосистемы. Риск нарушения экологического баланса связан с особенностями подземной среды. Условия пещер могут быть весьма различны в зависимости от возраста пещеры, месторасположения, морфологии и т.д., но их всех объединяет относительная стабильность всех происходящих в них процессов.

Организмы пещер не способны быстро приспосабливаться к резкому изменению условий, не в состоянии перерабатывать большое количество привнесенной извне органики и минеральных веществ, не имеют развитых защитных функций и потому не могут очищать окружающую среду пещер при загрязнении воды и отложений и выживать при конкурирующем размножении на отбросах поверхностных видов микроорганизмов. С учетом этого деятельность человека в отношении пещер может приобретать разрушительный характер [1].

Биологическое разнообразие пещер РБ представлено более 97 видами животных, из них 3 вида троглобионтов (обитающие только в пещерах) - ногохвостки; 54 вида троглофилов (обитающие в пещерах и на поверхности) - летучие мыши, грызуны и др.; более 40 видов троглоксенов (обитатели поверхности, попавшие в пещеры). Выявлены плесневые грибы, актиномицеты, изредка встречаются базидиальные грибы; сероокисляющие (тионовые), сульфатредуцирующие, нитрифицирующие, железо-, марганецокисляющие и гетеротрофные бактерии [3].

Глава 2. Характеристика района исследования

Географическое положение, рельеф и геология районов исследования.

Бакалинский, Шаранский и Туймазинский районы расположены на западе Республики Башкортостан, занимая Бугульминско-Белебеевскую возвышенность (Рис 1, Приложения 1.). Её территория приурочена к восточной окраине Русской платформы в основании которой залегает древний фундамент, состоящий из магматических и метаморфических пород (граниты, гнейсы). Фундамент перекрыт двухкилометровым осадочным чехлом. Он сложен горизонтально лежащими осадочными горными породами: известняками, доломитами, аргиллитами, гипсом и песчаниками. Поверхность фундамента неровна, и образует поднятие - Татарский свод. Рельеф отражает, как бы повторяя формы поверхности кристаллического фундамента, образуя Бугульминско-Белебеевскую возвышенность. Возвышенность представляет собой водораздельный массив между бассейнами рек Белой, Камы, Волги. Её рельеф сильно расчленён, со столообразной плоской, или волнисто- холмистой поверхностью. Он имеет общий наклон к северо-востоку. Причина возникновения такого рельефа в его геологическом развитии. После завершения горообразования в докембрийский этап горные породы были смяты в складки и метаморфизованы под воздействием высоких давлений и температур. В настоящее время метаморфические горные породы слагают фундамент платформы. После докембрия весь ранний палеозой, эта область представляла собой равнинную сушу, где господствовали процессы выветривания. В конце палеозоя, в девонский период, на территорию этих районов наступил морской бассейн. На дне моря, которое лишь временами отступало, образовались глинистые и известняковые отложения. В конце палеозоя, в Пермский период, море сильно мелеет, и на дне его накапливаются гипсы. Гипсы можно встретить на поверхности обнаженных горных пород, нередко проявления минерала селенита, который может использоваться как поделочный камень. Присутствие карстующихся известняков, доломитов и гипсов пермской системы

обусловили широкое развитие карстовых форм рельефа. В Белебеевской возвышенности встречаются и медистые песчаники [13].

На территории этих районов имеется несколько пещер как природного, так и искусственного происхождения (штольни). Такие как Икские (Туймазинский р-н), Чеканские (Шаранский р-н) и Орловские (Бакалинский р-н).

Территория Аургазинского и Кармаскалинского районов относится к восточному краю Русской платформы, в разрезе которой выступает кристаллический фундамент и осадочный чехол. По характеру рельефа территория относится к двум районам: восточная часть - к Левобережному Прибельскому; западная - к Чермасано-Ашкадарскому равнинам.

В геологическом прошлом территория этих районов была дном теплого моря Тетис (так называли ученые в своих исследованиях). Об этом ясно говорят окаменелости, которые обнаружены около с. Бишкаин на склонах холма Шургу (Белая гора) и Стерлитамакские шиханы, сложенные в основном из окаменелостей древнейших моллюсков. Вода ушла с этих территорий примерно 200 млн. лет тому назад. Пермские отложения выходят поверхность по долинам рек Аургазы и Уршак: это гипсы, доломиты, глины, песчаники и в меньшей мере известняки и мергели, которые встречаются повсеместно.

Глава 3. Объекты, методы и методические основы исследования

Объектом исследования стали природные карстовые полости: Икские пещеры Туймазинского района (54.558519°, 53.448852°), Карламанская пещера Кармаскалинского района (54.288745°, 56.170057°) и Вертолетная пещера Аургазинского района (54.236096°, 55.988313°). И техногенные полости: Орловские пещеры (штольни) Бакалинского района (55 03.936°, 53 50.341°) и Чеканские пещеры (штольни) Шаранского р-на (54 51.309°, 53 35.490°) (Рис 1-16, Приложение 1).

Предмет исследования: подземные экосистемы.

Методы исследования: 1) Был проведен теоретический анализ и обобщение литературных источников, в том числе были использованы материалы по теме с Интернет ресурсов. Эта работа позволила изучить состояние этих подземных объектов, что послужило основанием для наиболее объективной оценки их современного экологического состояния; 2) эмпирические: интервью с представителями местной власти, жителями близлежащих поселений; 3) картографический (составление плана пещер); 4) полевые исследования (изучение биоты пещер); 5) стационарные и лабораторно-экспериментальные исследования.

При составлении карт использовали размеченную верёвку, рулетку, компас, планшет, фонарь. Верёвку тянули до конца пещеры и проводили измерение расстояния до каждого углубления (ниши) как справа, так и слева. При этом следили за компасом для определения азимута. Карты сверялись по имеющимся (при наличии) уже готовыми картами с источников. Каждая пещера была разделена на условные зоны для удобства работы команд учётчиков. Для каждой условной зоны мы измеряли влажность и температуру воздуха с помощью психрометра INKBIRD ITH-20R-O.

Учёт макрофауны проводился в период 2022-24 гг. методом визуального подсчета сидящих и передвигающихся особей в ходе сплошного осмотра пещер. Определение видов проводилось стандартными методами с помощью определителей [6,10, 17].

Для учетов микробиоты были взяты пробы в стерильные емкости для лабораторного исследования. Пробы микрофлоры исследовались в лаборатории Уфимского центра анализа и очистки воды (УЦА и ОВ), Федерального Государственного Бюджетного Учреждения Центр Агрохимической Службы «Башкирский» ФГБУ ЦАС «Башкирский» и в филиале ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» г. Туймазы.

Образцы минералов и пробы микробиоты также изучали в школьной лаборатории с использованием оборудования для анализа воды НКВ-1 «Крисмас» и цифровой лаборатории «Releon».

Количественное соотношение видов на объектах оценивали показателем относительного обилия (D), определяемого как отношение числа особей данного вида (N) к общему числу других видов. Для характеристики структуры макрофауны применили ранжированное распределение видов по обилию. Такой метод, согласно А.Э. Мэгаррану (1992), применяется для описания группировок бедных видами. Расчеты осуществляли с использованием пакета Microsoft Excel и Statistica 6.1 for Windows [10].

Методические основы исследований. Автор методики изменения подземной среды пещер (Трофимова, 2015) предлагает характеризовать индексом нарушенности пещер, включающим оценку изменений состояния следующих основных географических компонентов: рельефа, водных объектов, воздуха, растительности и животного мира. Отдельно рассматриваются механические загрязнения пещер в результате человеческой деятельности.

Изменения в состоянии **пещерного рельефа** оцениваются комплексом показателей.

1) Изменения размеров подземной полости: а) создание искусственного входа в пещеру, б) переоборудование естественного входа, в) проведение горнопроходческих работ с целью расширения размеров подземной полости либо создания дополнительных входов в подземную полость через искусственные туннели.

2) Деформация отложений пещер: а) остаточных: заложение геологических шурфов в элювиальной глине, наличие участков с вытоптаннами отложениями глины на полу пещер, а также измазанных глиной стен и сводов подземных полостей; б) обвальных: искусственные перемещения глыб и других продуктов обрушения сводов и стен; в) водных механических: деформации отложений рек, озер, а также отложений, привнесенных в пещеру сверху через трещины и карстовые воронки; г) водных хемогенных: повреждение либо полное уничтожение натечных образований – сталактитов, сталагмитов, колонн и т. д. на стенах и на полу подземных полостей, кальцитовых образований в пещерных озерах, а также кристаллов автохтонных минералов; д) пещерного льда: повреждение

либо полное уничтожение многолетних ледяных образований различного генезиса: ледяных кристаллов, ледяных сталактитов, ледяных сталагмитов, наледей-покровов и т. д.; е) органогенных отложений: сбор в пещерах гуано, отбор остеологического материала; ж) антропогенных отложений (культурного слоя): заложение археологических шурфов, а также складирование мусора;

3) Наличие искусственных сооружений: лестниц, обзорных площадок, систем освещения, туристических дорожек и т. д.

Изменения в состоянии **водных объектов** описываются следующими показателями.

1) Загрязнения пещерных водотоков, озер, а также инфильтрационных вод: а) химическими загрязнителями (кислотами, щелочами, солями, нефтепродуктами, тяжелыми металлами, фенолами); б) биологическими загрязнителями (патогенными бактериями, вирусами); в) физическими загрязнителями (радиоактивными элементами, взвешенными твердыми частицами).

Перечисленные выше виды загрязнений водных объектов в пещерах выявляются *по данным лабораторных анализов*.

2) Присутствие под землей гидротехнических сооружений: дамб, небольших гидроэлектростанций, подводных (отводящих) воду каналов.

Нарушения состояния **воздуха пещер** обнаруживается по двум основным показателям.

1) Наличие ярко выраженного запаха гниения или испарения нефтепродуктов.

2) Резкому росту содержания углекислого газа в воздухе подземной полости, отмечающемуся после посещений ее большими туристическими группами.

Нарушения **растительности и животного мира** включают:

1) развитие фототрофов (зеленых водорослей, цианобактерий, протонемы мхов и заростков папоротников);

2) появление плесневых грибов – представителей родов *Trichoderma*, *Alternaria*, *Stachybotris*, *Aspergillus*;

3) нарушения состава пещерной фауны: уменьшение численности либо полное исчезновение колоний рукокрылых, в том числе краснокнижных видов и/или троглофилов.

Механическое загрязнение пещер в результате человеческой деятельности выделяется по следующим показателям:

1) Наличие пищевых отходов, продуктовой тары, стекла от разбитых бутылок, использованного спортивного снаряжения, батареек и т. д.

2) Присутствие надписей краской на стенах и потолках пещер, а также современные граффити.

3) Развитие плесени в пещерных туалетах.

Показатели нарушений состояния подземной среды автор предлагает оценивать по системе баллов: 1 балл – слабая, 2 – средней интенсивности, 3 – значительная. Все баллы по каждому показателю суммируются. Общий индекс нарушенности пещер (ИНП) до 10 баллов отражает слабую нарушенность пещерной среды, от 11 до 25 баллов – нарушенность средней интенсивности, 26-

50 – значительную нарушенность, более 50 – очень сильную нарушенность (существование подземной полости находится под угрозой) [13].

Глава 4. Характеристика объектов исследования. Морфология и генезис пещер

Пещера Вертолетная. Находится в Аургазинском районе Республики Башкортостан, в 1 км севернее д. Ахмерово, в пределах Рязано-Охлебининского вала (Рис 1,2. Прил.1). Пещера заложена в светло-серых массивных гипсах кунгурского яруса нижней перми. Это самая протяженная гипсовая пещера Башкирии, имеет длину 1768 м. Глубина ее 50 м, объем – 40000 куб. м. Здесь встречаются все формы гипса: марьино стекло, селенит и т.д.

Вход в пещеру располагается в основании южного борта воронки. Перед входом на ее дне - холмовидное скопление глыб с глинистым заполнителем, высотой до 8 м. В восточной части воронки находится озеро глубиной до 2 м. Пещера состоит из двух основных параллельных пологонаклонных галерей юго-восточной ориентации, длиной до 100 м, шириной до 40 м и высотой до 6 м. (Рис 3. Прил.1) Стены и потолок галерей сильно корродированы и создают фантастическую бахрому из каменных кружев. Пол покрыт толстым слоем тестообразной комковатой глины, с паутиной трещин усыхания. По глине сочится вода. От главных галерей отходят несколько ходов юго-западной ориентации. Часть из них образуют верхний сухой ярус пещеры, открывающийся в борту "входной" воронки и потолках магистральных галерей. Юго-восточная часть пещеры, находящаяся под суходолом, обвалоопасна: крупные глыбы здесь сползают по смазке из жидкой глины. Зимой и ранней весной пещера богата разнообразными ледяными образованиями (кристаллами, сталактитами, сталагмитами и др.). В период интенсивного снеготаяния она затапливается. Максимальный уровень воды поднимается в это время до 4 м от пола.

Икские пещеры. Икские пещеры изучались одними из первых в России географом Николаем Рычковым в 1761г. Исследования Н. П. Рычкова стало одним из первых шагов русской спелеологической науки, первое научное обоснование образования пещер растворением горных пород водой. Это единственная карстовая пещера на западе республики Башкортостан протяжённость пещеры 120 м, ширина от 3 до 8 м доступны 3 зала, передвигаться в которых можно на корточках и в полный рост. Температура внутри пещеры 11-13 градусов. Гипсовый белый свод пересекают пласты минерала селенита, игольчатые кристаллы которого достигают 10 см. (Рис.4,5 Прилож.1).

Местность между п.Московка и п. Максютово сложена осадочными горными породами пермского яруса: песчаниками, известняками, доломитами, гипсами, в долине реки Ик распространены галечниковые неоген-четвертичные отложения. Ведётся добыча нефти и гипса (Максютовский карьер). В этой части Туймазинского района широко распространены формы карстового рельефа: множество воронок с уходящими под землю понорами, карстовых озёр, слепых оврагов, нередко небольшие провалы. Большинство Икских пещер уничтожены при нефтедобыче и разработке гипсовых месторождений.

Карламанская пещера. Карламанская пещера одна из самых больших в Республике Башкортостан. Она была образована в месте пересечения вертикальной и горизонтальной тектонических трещин. Пещера находится в основании высокой гипсовой скалы, которую местные жители прозвали Улу-Тау (в переводе с башкирского - Великая гора). Вход в Карламанскую пещеру представляет собой небольшой лаз, который преодолевается на четвереньках. Далее коридор пещеры круто поворачивает на 90 градусов и продолжается в виде широкого туннеля. Практически на всем его протяжении стены пещеры идут вертикально, ширина коридора составляет 2–12 метров. Потолок ровный, преимущественно горизонтальный, его высота варьируется от 5 до 10 метров. Общая длина пещеры составляет 198 метров. Согласно некоторым источникам раньше Карламанская пещера была более протяженной, ее длина составляла 269 метров. Однако из-за произошедшего обвала проход дальше стал невозможен. Длинный коридор пещеры упирается в узкую непроходимую расщелину (Рис 6,7 Прил.1).

Пещера расположена в нижней части обнажения, сложенного гипсами и ангидритами, гипс представлен как плотной разновидностью, так и прозрачными кристаллами «Марьино стекло», которые хорошо наблюдаются в левой части обнажения и могут представлять интерес для любителей камня. Породы, вмещающие пещеру (гипсы и ангидриты), характеризуются значительной трещиноватостью (одна из тектонических трещин тянется по потолку пещеры по всей ее длине).

Чеканские пещеры (штольни). Чеканские пещеры – это небольшие полости длиной не более 30 метров. Расположены на стыке Бакалинского, Шаранского и Азнакаевского (Татарстан) районов (Рис. 8, Прил.1). Она имеет три зала, из них два тупиковых, один небольшой зал, высота которого достигает трех метров и ширины 2 метра. Вход в зал проходит через длинный пролаз. Оконце в ней, действительно, имеется, но вход к нему перекрыт многотонной глыбой песчаника (Рис. 9, Прил.1). Сила тяжести или отголосок землетрясения обрушили свод пещеры. Горная порода – серый песчаник. Многие считают, что эти пещеры карстового происхождения, но, скорее всего, они представляют собой бывший рудник по добыче медного песчаника. По историческим данным, здесь в XVIII веке велась разработка медного песчаника, используемого при производстве меди кустарным способом. Данная пещера образовалась в толще доломитов верхнеказанского возраста.

Орловские пещеры (штольни). Расположены на территории Бакалинского района (Рис.10, Прил.1). Также бывший рудник по добыче медистого песчаника. Первая штольня представляет собой длинный прямой коридор с перпендикулярными асимметричными нишами разной глубины. Самое глубокое Г-образное ответвление находится в восьми метрах от входа на правой стороне с общей длиной 24 метра. Остальные ниши как слева, так и справа чередуются, и они неглубокие – от 1 до 7 метров. Прямолинейный коридор углубляется до глубины 52 метра. Вторая штольня на плане имеет форму окружности с радиальными нишами. В поперечном сечении напоминает полусферу. Максимальная

глубина составляет 22 метра. На дальней стене из-под земли просачивается подземная вода. Она расширяется у входа и заболачивает проход. Родник течет вниз по оврагу и относится к бассейну реки Сюнь. Во вторую штольню 2 входа: высотой 1,2 и 0,6 метра. В некоторых из них валяются почерневшие стойки опор. Обнаружили следы работы от кирки или других металлических инструментов для выдалбливания песчаника (Рис.11, Прил.1).

Разработка велась хаотичным способом: ходы бились в тех направлениях, где мастер обнаруживал руду, которую вывозили при помощи тележек на поверхность, где перегружали на подводы и везли на медеплавильный завод.

Глава 5. Результаты исследования

Глава 5.1. Общее экологическое состояние объектов и показатели микроклимата

Карстовые пещеры (Вертолетную, Карламанскую и Икскую) (Рис. 12-14, Прилож.) мы исследовали с осени 2022 г по октябрь 2024 года. А Чеканские и Орловские пещеры изучаем уже несколько лет (Рис.15,16 Прилож.1), (фото 1-6. Приложение 4).

Практически во всех пещерах обнаружены следы посещения туристов. Стены некоторых пещер покрыты копотью, поскольку не все туристы пользовались фонарями, а использовали факелы. Надписи, сделанные краской и процарапанные острым предметом обнаружены у входа и внутри также почти во всех пещерах.

В Икской пещере обнаружены остатки продуктовой тары, стекла от разбитых бутылок, использованные перчатки, сигнальные ленты, батарейки и т. д. Жители с.Московка и близлежащее предприятие ООО «А-Пластика» некогда складировали здесь бытовой и хозяйственный мусор. Впоследствии пещера была очищена экоотрядом географического кружка «Райман -Тау» г. Туймазы. Но засорение продолжается. Внутри пещеры повышенная влажность. Ближе к входу образуются наледи сталактитов и сталагмитов. Потолки низкие, породы отслаиваются. Пещера обвалоопасна, у входа обнаружена грудка камней (сколы гипса и солениита).

В Карламанской пещере у входа валяются отколовшиеся в разное время от скалы крупные глыбы гипса. Скальный обрыв справа и слева от входа в пещеру сильно разрушен, сверху по ходу тропы нависают глыбы, которые могут оторваться в любой момент. Пещера является местообитанием редких видов летучих мышей: водяная ночница, усатая ночница, бурый ушан, северный кожанок. Объект имеет статус ООПТ (геологический (геоморфологический) памятник природы): Постановление Совета Министров БАССР от 17.08.1965 №465.

Привходовая часть Вертолетной пещеры (дно провала) довольно богата флорой (кустарники, травянистые растения). Хорошо развит мохово-лишайниковый покров. В озере, находящемся на дне обнаружены разнообразные водоросли [2]. На выступах провала обнаружены голуби и их гнездовья. Изредка встречаются и представители энтомофауны. Пещера оборудована железной лестницей для спуска.

По ряду параметров: исключительным размерам, редкому пещерному ландшафту, гидрогеологическому режиму пещера Вертолетная заслуживает статуса государственного памятника природы.

Орловская и Чеканская пещеры являются бывшими шахтами по добыче медистого песчаника. Частично обрушены и завалены. Для изучения и осмотра доступны лишь некоторые полости. Орловская пещера обводнена. Имеется родник, вытекающий из штольни. В самом роднике и ручье обнаружены насекомые и земноводные. Спуски и подъезды не оборудованы, хотя и имеются тропы для подхода и спуска к объектам.

При изучении пещер были измерены параметры микроклимата и их изменения в разное время года. В табл.1(Приложения 1) и диаграммах (Рис 17-26, Приложение 3) отражены параметры температуры и относительной влажности воздуха в разном удалении от входа. Как видно из таблицы и диаграмм температура воздуха в пещерах изменяется в значительных пределах. По мнению Мавлюдова [9], этот параметр зависит от морфологических особенностей, размеров, глубины залегания, положения входа к господствующим ветрам и климатических условий территории.

Чеканская пещера небольшая, и обмен воздуха в ней происходит непрерывно, поэтому температура воздуха пещеры почти не отличается от температуры наружного воздуха. В слепых наклонных пещерах, полости которых находятся выше входа, всегда наблюдаются высокие температуры воздуха (Орловская и Икская), а если ниже, то низкие, поскольку здесь застаивается холодный воздух (Вертолетная). На температуру воздуха полостей Вертолетной пещеры также существенно влияют размеры входа и ее морфологическое строение. Здесь значительно холоднее, чем в других карстовых пещерах. В колодцах с широким входом и прямым стволом воздух всегда холоднее, чем в полостях такой же глубины.

Как известно фактор влажности находится в прямой зависимости от температуры. Поскольку влажность воздуха вторичный фактор, то наблюдаем следующее. Холодный и сухой воздух поступая в полости пещеры снижает влажность, так как для его прогрева необходима влага. На выходе же из пещеры теплый влажный воздух сталкивается с более холодной внешней атмосферой, из-за чего происходит конденсация влаги в воздухе. Из пещеры воздух выходит теплый и влажный, и поэтому происходит вынос влаги из пещеры.

Как уже было сказано выше, в Орловской пещере имеется источник воды (родник), Вертолетная пещера затапливается в весенне-летний период. В ней и в особенности в Икской и Карламанской наблюдается постоянный кап с потолка и стен, что приводит к образованию наледей (Фото 1-6, Приложение 4).

Изменения этих факторов по сезонам зависит также от степени обводненности и движения воздуха из-за посещения пещер туристами. Полагаем, что эти изменения больше выражены в Икской и Вертолетной пещере. Взаимосвязь с антропогенным фактором будет отражена ниже в диаграмме (Рис.32).

Глава 5.2. Анализ и обсуждение физико-химических показателей пещер

Данные таблицы по физико-химическим показателям отражают следующее (табл.2 Прил. 2, протоколы анализа Прил. 5). По органолептическим показателям выделяется только Икская пещера. При норме 2 балла превышение ПДК запаха, привкуса и мутности (3,5;2,5;2,3). Преобладающие ионы гидрокарбонат (HCO_3^-) (в среднем 76% от суммы эквивалентов анионов для водотоков) обнаружен в воде Орловской пещеры. При действии соляной кислоты (10%) на породы этой кислоты наблюдали бурное вскипание. Основным их источником в воде являются вмещающие известняки. В пробах воды пещер обнаружена невысокая концентрация хлорида (Cl^-). Только в Икской пещере это значение составляет 168мг/дм^3 , что ниже нормы ПДК в два раза. Эти фоновые концентрации могут объясняться разрушением горных пород, содержащих небольшие включения хлоридных солей в порах и трещинах, продуктами жизнедеятельности животных и т.д. Анион сульфата (SO_4^{2-}) присутствует в пробах всех пещер. Но в карстовых пещерах (Икская, Вертолетная и Карламанская) этот показатель значительно превышен ($695\text{-}725\text{ мг/дм}^3$). Видимо, источником сульфат-иона являются гипсовые минеральные образования (корочки, антолиты, кристаллы), повсеместно распространенные во всех частях пещер.

Вероятно, в этих пещерах активно идут процессы окисления восстановленных соединений серы в сульфаты, связанные с развитием сероокисляющих (тионовых) бактерий и гипсовые отложения пещеры могут иметь биохимическую природу. На возможность формирования гипсовых антолитов (гипсовых цветов) за счет бактериального сероокисления непосредственно в порах горных пород указывал также В.А. Мальцев [Мальцев, 1993] [7].

Наибольшие значения минерализации также были отмечены в карстовых (природных) пещерах ($1260\text{-}1400\text{мг/дм}^3$).

Причем пробы растворенных сталактитов и сталагмитов этот показатель имели еще выше. Если минерализация непосредственно связана с ее соленостью, чем выше уровень растворенных в ней солей, тем более солоноватой она является. Если при этом вода содержит преимущественно соли кальция и магния, то можно говорить о том, что чрезмерная жесткость воды делает ее солоноватой. Такой показатель как жесткость воды отражает содержание магния и кальция. Существенное превышение значений ПДК (при норме от $7\text{-}10\text{мг/дм}^3$) также наблюдаются в карстовых пещерах, В Икской – 28, в Карламанской и Вертолетной – $33,2\text{мг/дм}^3$). Что очевидно здесь мы здесь наблюдаем некарбонатную, а постоянную жесткость (сульфатную).

Железо общее (сумма катионов Fe^{2+} и Fe^{3+}) обнаружено в концентрациях $0,1\text{-}0,57\text{ мг/дм}^3$ (при ПДК для питьевых вод $0,3\text{ мг/л}$). Несмотря на то, что примеси железа присутствуют в большинстве горных пород, этот элемент в большинстве природных вод отсутствует. Причиной является очень низкая растворимость оксидов и карбоната железа. Активная водная миграция железа может происходить только в кислой среде или в условиях повышенной концентрации

углекислого газа в воде. Возможно, поэтому в Орловской пещере наблюдается превышение его ПДК (при норме 0,3 мг/дм³).

Медь (Cu²⁺) с превышением ПДК (норма 1 мг/дм³) обнаружена в техногенных пещерах (Орловской и Чеканской), в бывших рудниках медистых песчаников. Присутствие меди в Икской пещере скорее всего из-за складирования ТБО и отходов близлежащего предприятия ООО «А-Пластика». Икская пещера по остальным показателям также существенно выделяется, где анализ проб показал присутствие и превышение ПДК таких показателей как ПАВ, фенольный индекс, нефтепродукты, перманганатная окисляемость, солей тяжелых металлов Pb²⁺ и Cd²⁺.

Тем самым, на гидрохимические особенности вод исследуемых пещер, помимо геологических и геохимических условий района пещеры, влияет комплекс биотических факторов (поток органического веществ с поверхности, микробиологические процессы внутри самой пещеры) и антропогенный фактор.

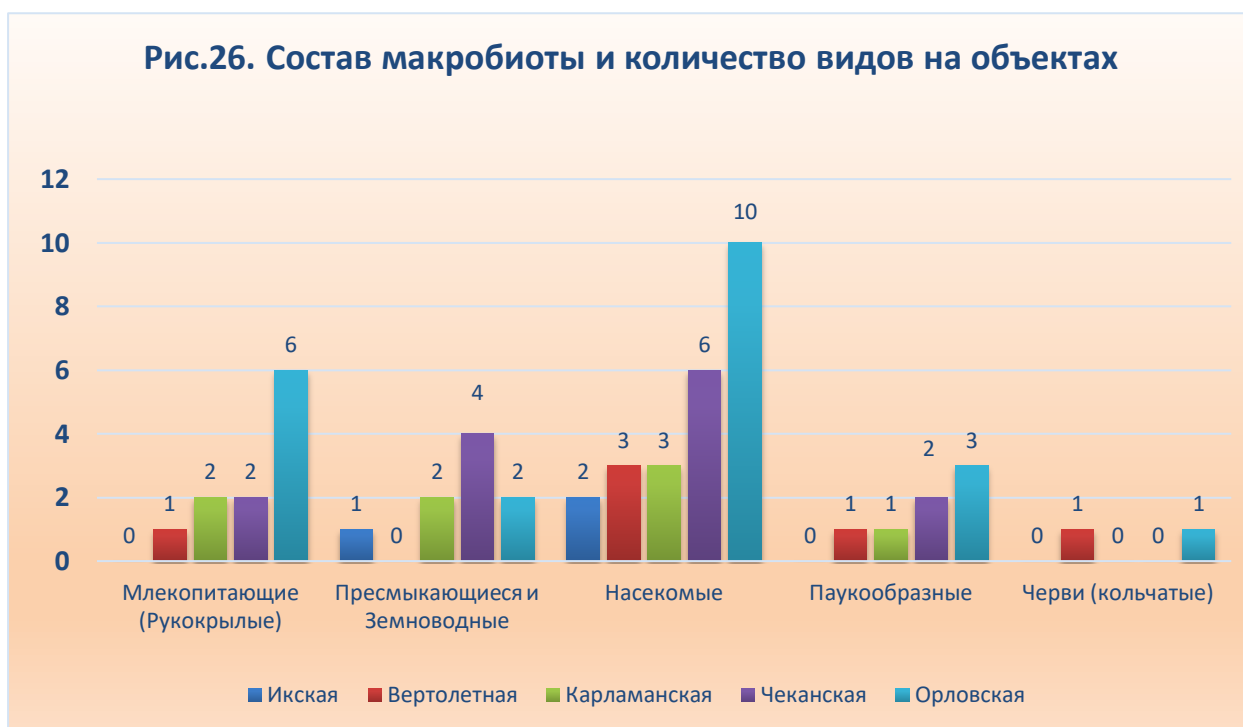
Глава 5.3. Состав биоты на объектах

В ходе исследования были зафиксированы такие представители макрофауны как летучие мыши (Отряд Рукокрылые (*Chiroptera*)) из класса Млекопитающие, Ящерицы (*Lacertilia*) и Змеи (*Serpentes*) из класса Пресмыкающиеся, лягушки и жабы из отряда Бесхвостые земноводные (*Anura*), представители из отрядов Чешуекрылые (*Lepidoptera*), Жесткокрылые (*Coleoptera*), Двукрылые (*Diptera*), Перепончатокрылые (*Hymenoptera*) класса Насекомые. И несколько представителей класса Паукообразные (*Arachnida*) и Кольчатые черви (дождевой червь) (*Oligochaeta*). Все они были зафиксированы на фото-и видеокамеру.

В видовом распределении перечень обнаруженных видов таков. Рукокрылые – 6 видов (Ночница прудовая (*Myotis Dasycneme*), Ночница водяная (*M. Daubentonii*), ночница Наттерера (*M. Nattereri*), ночница усатая (*M. Mystacinus*), ушан бурый (*Plecotus Auritus*), кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*)). Пресмыкающиеся – уж обыкновенный (*Natrix natrix*) и ящерица прыткая (*Lacerta agilis*), Земноводные – лягушка травяная (*Rana temporaria*) и жаба серая (*Bufo bufo*). Насекомые из отряда Чешуекрылые – Павлиний глаз (*Nymphalis io*), Совка зубчатокрылая (*Scoliopteryx libatrix L.*), Пяденица-трифоза (*Triphosa dubitata*); Из Двукрылых – Болотница (*Limonia nubeculosa*), пещерная Комаровая муха (*Eucorethra underwoodi*), Мухи (*Helomisa*), Перопончатокрылых – Наездник (*Parasitica sp.*) муравьи (*Typhlopone sp.*); Прямокрылые - Сверчок (*Discoptila fragosoi*), Комары (*Culicidae sp.*); Жесткокрылые (*Helmis sp. Helmidae*). Из паукообразных Троглофильный паук (*Tegenaria sp.*), Европейский пещерный паук – (*Meta menardi*). Количественный состав видового разнообразия отражен в табл. 3. и Фото 9-20 (Прил.2, 4).

Цифровые данные отобразили также в виде диаграммы (Рис. 26). Анализируя эти данные, можно сказать, что пещера д. Орловка имеет самое большое видовое разнообразие представителей макробиоты (22 вида). Представлены они в основном Насекомыми 10 видов и Рукокрылыми млекопитающими 6 видов.

Рис.26. Состав макробиоты и количество видов на объектах



Чуть меньше в Чеканской пещере (6 видов). Но здесь чаще, чем в других встречались представители Пресмыкающихся и Земноводных (4 вида). Очень бедна организмами макробиоты Икская пещера. Обнаружили два вида Насекомых и один вид Пресмыкающихся (уж обыкновенный). Причины такой разницы нам предстояло выяснить в ходе дальнейших исследований.

Видовое разнообразие (количество видов) и относительное обилие каждой группы на объектах отражено в таблице 4. (Прил. 2).

Согласно данным Красной книги РБ изд.2014 [4] некоторые обнаруженные нами виды имеют статус уязвимости и отнесены к редким. Исходя из этого данные своих наблюдений отразили в диаграмме (Рис. 27 и табл.5 Прил. 2).

Наибольшее число краснокнижных видов обнаружено также в Орловских пещерах (7 видов). Это все виды Рукокрылых (III статус), обнаруженных нами и лягушка травяная (IV статус). Меньше в Карламанской и Чеканской пещере. В Вертолетной пещере один вид.

Количество краснокнижных видов, видимо, зависит от степени антропогенной нагрузки. Зависимость от этого фактора отражена ниже в диаграмме (Рис 32).



Для изучения представителей микрофауны (микробиоты) были отобраны пробы и доставлены в лабораторию школы. Для бактериологического анализа в г.Туймазы и г.Уфы (Протоколы бактер. анализа (Прил. 5)). Результаты анализа проб отражены в табл. 6 (Прил.2) и круговых диаграммах (Рис. 28-29). При обработке данных также были использованы исследования Абдуллина [2,3].

При анализе результатов по микробиоте Царства Растений, Подцарства Простейшие и Царства Грибы были использованы данные полученные в школьной лаборатории, а результаты бактериологического анализа (ОМЧ; БГКП) из специальных лабораторий учреждений г. Уфы и г. Туймазы (Протоколы №№1728,1729,1732,1734,1736 от 22.12.23-27.12.23, №01490/01 от 17.01.24 (Прил. 5)

Икская и Вертолетная пещеры имеют больше всего представителей водорослей и простейших по 3-4 вида. В Карламанской по 1 виду (Рис. 28, 29), (Табл. 6, Прил.2,). Кроме того, в Икской пещере обнаружена патогенная микрофлора, что говорит о микробном загрязнении.

В Чеканской пещере не было выявлено крупных представителей микробиоты, чтобы идентифицировать их в школьной лаборатории. Результаты микробного анализа приведены только в таблице 4.(Прил.2)

После анализа данных о количественном составе и обилии видов на объектах приводим их классификацию по экологическим группам. По утверждению многих исследователей и систематиков, троглофилы – «пещеролюбивые» виды животных, иногда образующие обособленные сообщества, могущие обитать и на поверхности, троглоксены – животные, обитающие на поверхности, попадающие под землю активно (насекомые) или пассивно (с потоками воды) и троглобионты - это особая категория животных, которые специфически приспособлены к жизни в пещерах [3,11,18].

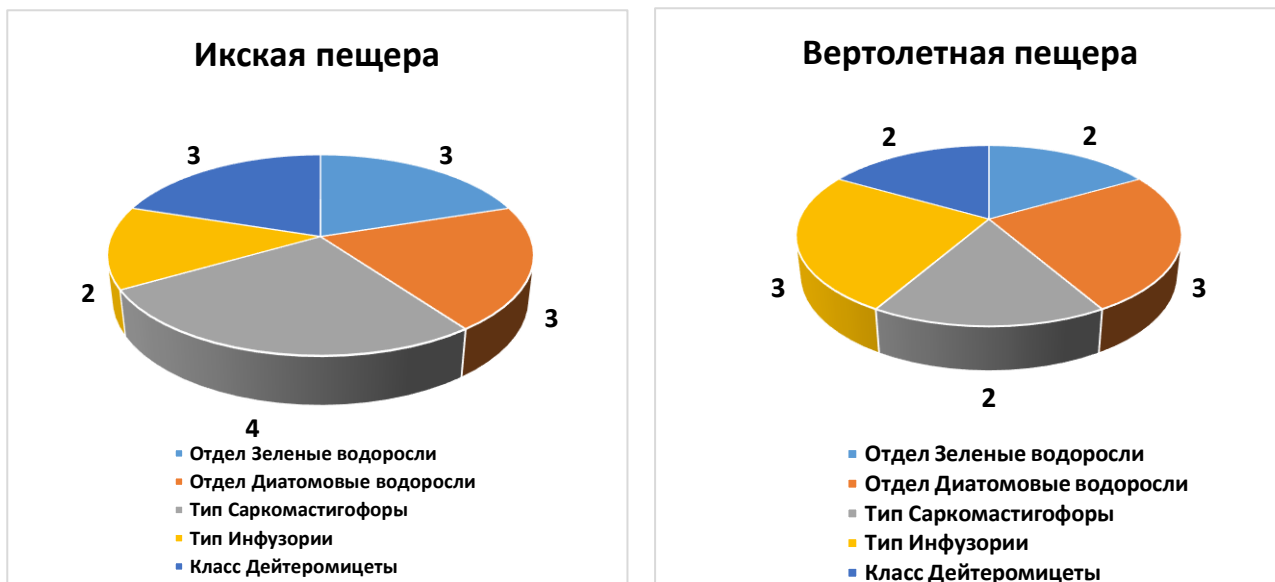


Рис. 28. Состав микробиоты Икской и Вертолетной пещер

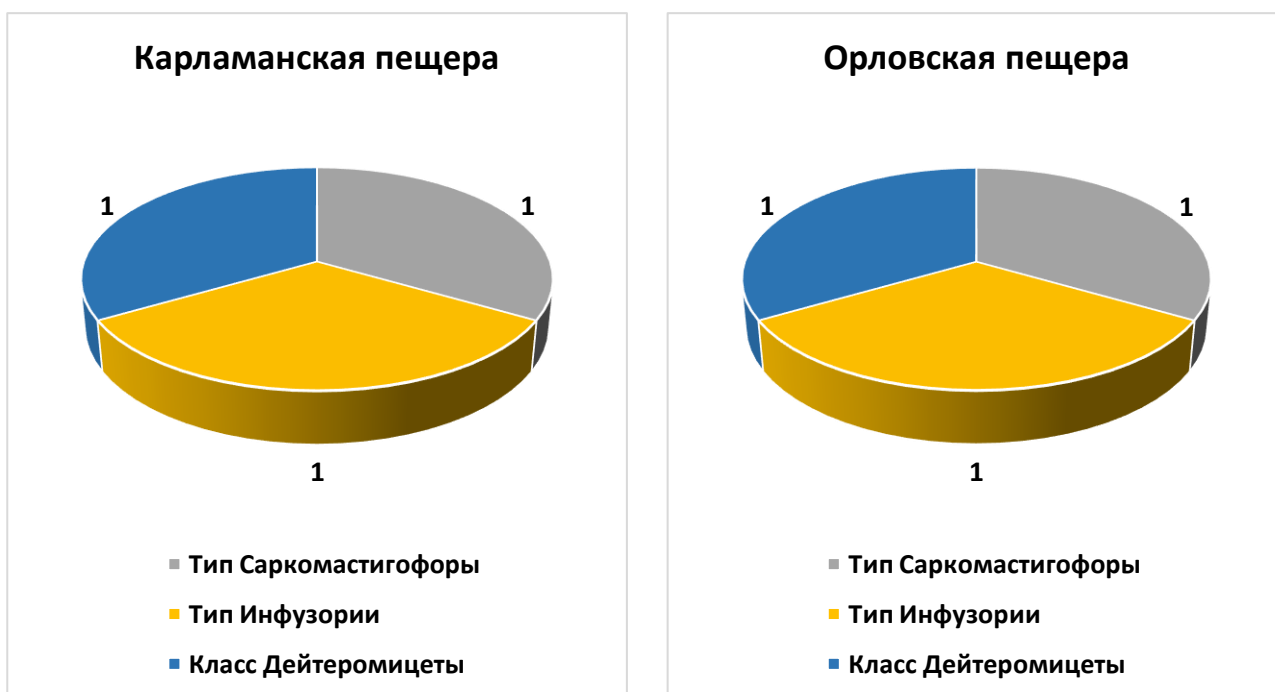


Рис. 29. Состав микробиоты Карламанской и Орловской пещер

В нашем случае из обнаруженных организмов к группе троглофилов относятся летучие мыши и паук троглофильный. Зафиксированные Земноводные, пресмыкающиеся и все представители класса Насекомые относятся к группе троглоксенов. Троглобионты – эти существа обладают особыми морфологическими и физиологическими адаптациями, которые позволяют им выживать в условиях полной темноты, низкой температуры и отсутствия пищи. Обнаруженные нами представители микробиоты можно отнести к этой группе. Исходя из этой группировки выстраиваем диаграмму «Экологические группы микробиоты» (Рис. 30).

Как видно во всех пещерах они представлены двумя группами – троглофилы и троглоксены. В Икской пещере, как уже было сказано выше, были зафиксированы только насекомые и земноводные.

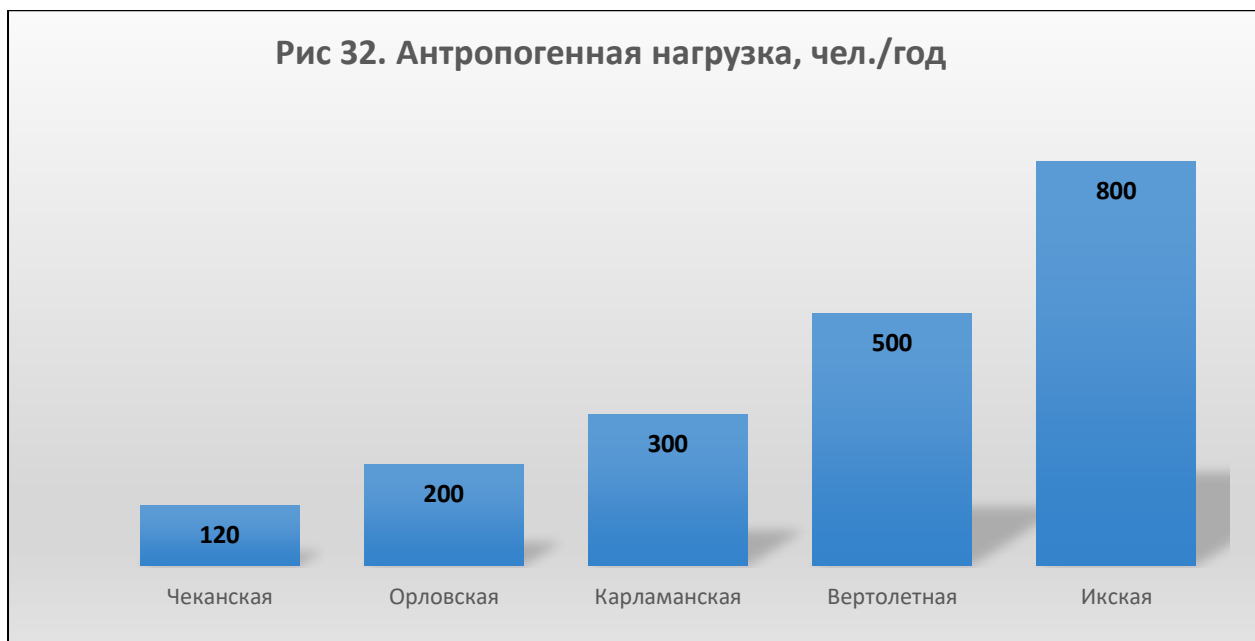
Соотношение групп организмов по приуроченности мест обитания имеет следующую тенденцию. Троглофилов больше всего в Орловской пещере, меньше всего в Икской и Вертолетной. Троглоксены больше всего присутствуют в Чеканской и Орловской пещерах и также меньше всего их в Икской. В отношении троглобионтов ситуация обратная. В Икской и Вертолетной их гораздо больше, чем в остальных пещерах. Теперь рассмотрим это соотношение, включая в диаграмму и представителей микробиоты (Рис 31). Как видно из рисунка, соотношение меняется в обратную сторону. Представителей троглобионтов больше в той пещере, где меньше троглоксенов и троглофилов.

Каждая пещера также имеет свой набор морфологических, климатиче-



ских, геохимических и других особенностей и характеризуются относительной устойчивостью происходящих в них процессов. Однако антропогенное воздействие на подземный мир (даже при условии соблюдения необходимых мер предосторожности) всегда отражается на состоянии самой пещеры [15,16]. Опираясь и цитируя авторов [1,2,7] изучения данной темы, ниже приводим статистику посещения изучаемых пещер туристами собранных нами путем опроса, сбора информации от официальных лиц, жителей близлежащих населенных пунктов и РГО.

Рис 32. Антропогенная нагрузка, чел./год

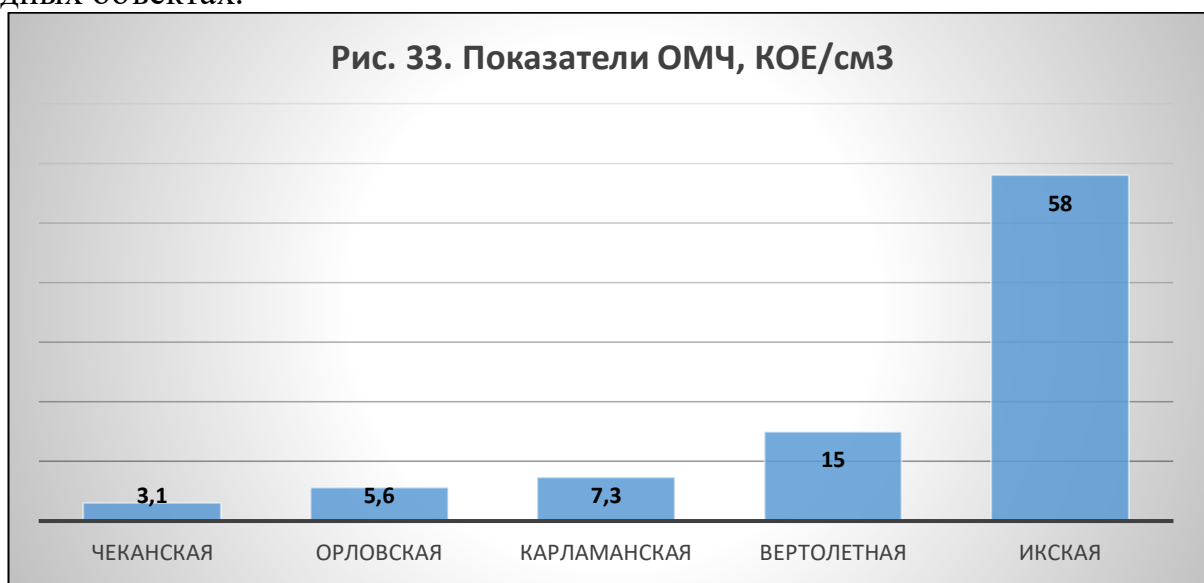


Антропогенная нагрузка усиливается в летнее время. В среднем в Чеканской пещере за год проходит 120 человек. Посещаемость Орловской пещеры до 200 человек в год. В Карламанской посещаемость около 300 человек. В Вертолетной пещере проходит за год примерно 500 человек. Икская пещера имеет самую большую антропогенную нагрузку, примерно 800 человек в год (Рис. 32).

В Икской, Вертолетной пещере поток туристов наблюдается круглогодично.

Нами была выявлена закономерность: чем выше антропогенная нагрузка, тем ниже разнообразие видов макробиоты и выше разнообразие микробиоты. Эта закономерность наблюдается и в отношении роста общего микробного числа ОМЧ (КОЕ/см³) (Рис 33). Кроме этого в местах с самой большой антропогенной нагрузкой наблюдается не только большая плотность микроорганизмов в виде безвредных бактерий и микроскопических грибов, но и обнаружение бактерии группы кишечной палочки. В норме же не должно быть их в природных водных объектах.

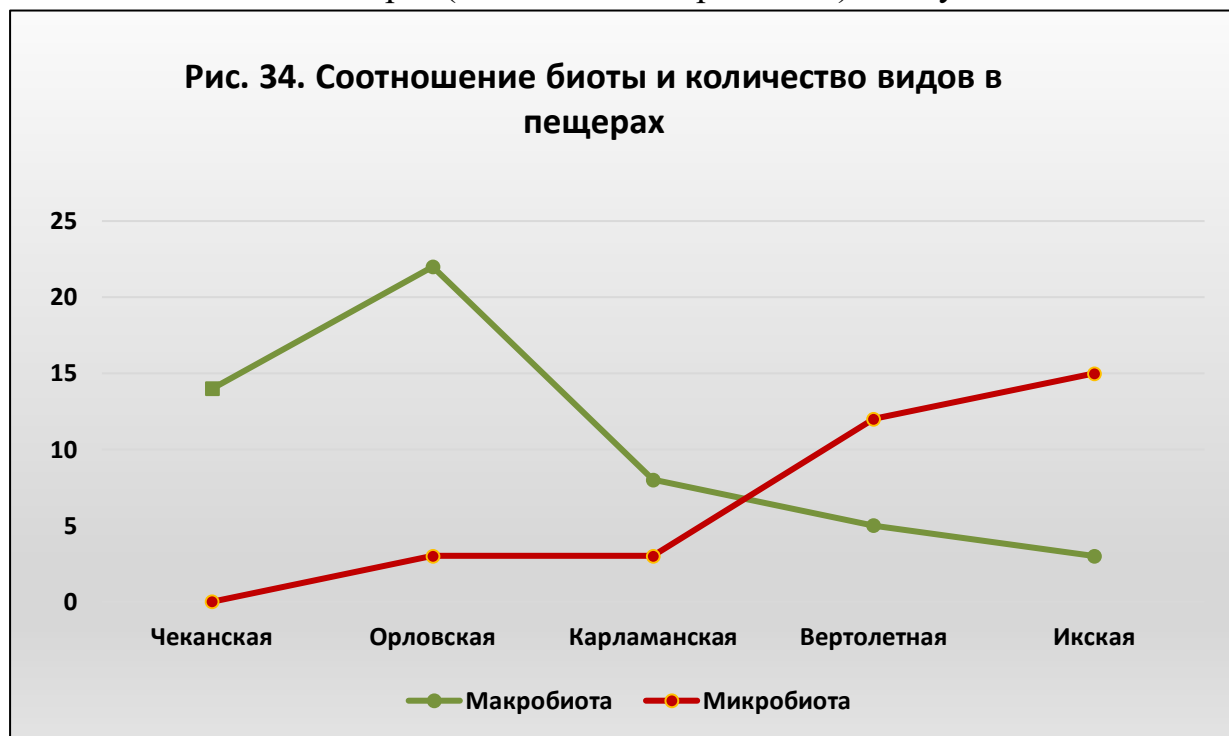
Рис. 33. Показатели ОМЧ, КОЕ/см³



Наличие этой группы микроорганизмов в Икской пещере свидетельствует о загрязнении продуктами жизнедеятельности человека.

Исходя из полученных результатов и сопоставив графики (Рис. 32,33) мы имеем следующее. С усилением антропогенного пресса состав биоты меняется в такой последовательности: усиление антропогенной нагрузки → уменьшения состава макробиоты (исчезновение редких видов) → увеличение состава микробиоты (появление патогенной микроорганизмов) (Рис. 34.).

Техногенные пещеры (Чеканская и Орловская) они уникальны и не по-



хожи на другие природные подземелья, изученные нами. За 200 с лишним лет по окончании разработок медистого песчаника сформировался особый микроклимат за счет деятельности хемотрофных организмов. Возможно, что это сульфатредуцирующие, сульфатвосстанавливающие, аммонифицирующие, нитрифицирующие и др. бактерии. Химический анализ (протокол в Приложении 2) показал присутствие в пещерных водах и грунте гидрокарбонатов, кальция, магния, натрия, железа и меди. Факт присутствия меди доказали и в школьной лаборатории. Как известно, соединения меди обладают бактерицидными свойствами. И есть предположение, что Чеканская и Орловская пещеры в некоторой степени «стерильны» по этой причине. Так как там ОМЧ и колиморфные бактерии (БГКП) не превышают нормы или отсутствуют вовсе. Полагаем, хемотрофы здесь существуют за счет энергии химических реакций, протекающих в минералах и грунте самих пещер. Поэтому они относятся к хемоавтотрофной и к хемолитотрофной экосистемам.

Что касается Карламанской пещеры, то химический анализ показал повышенное содержание железа, сульфатов и общей минерализации. Привходовая часть пещеры узкая и там не обнаружены фототрофы. Поэтому такую экосистему отнесем к хемотрофной естественной экосистеме.

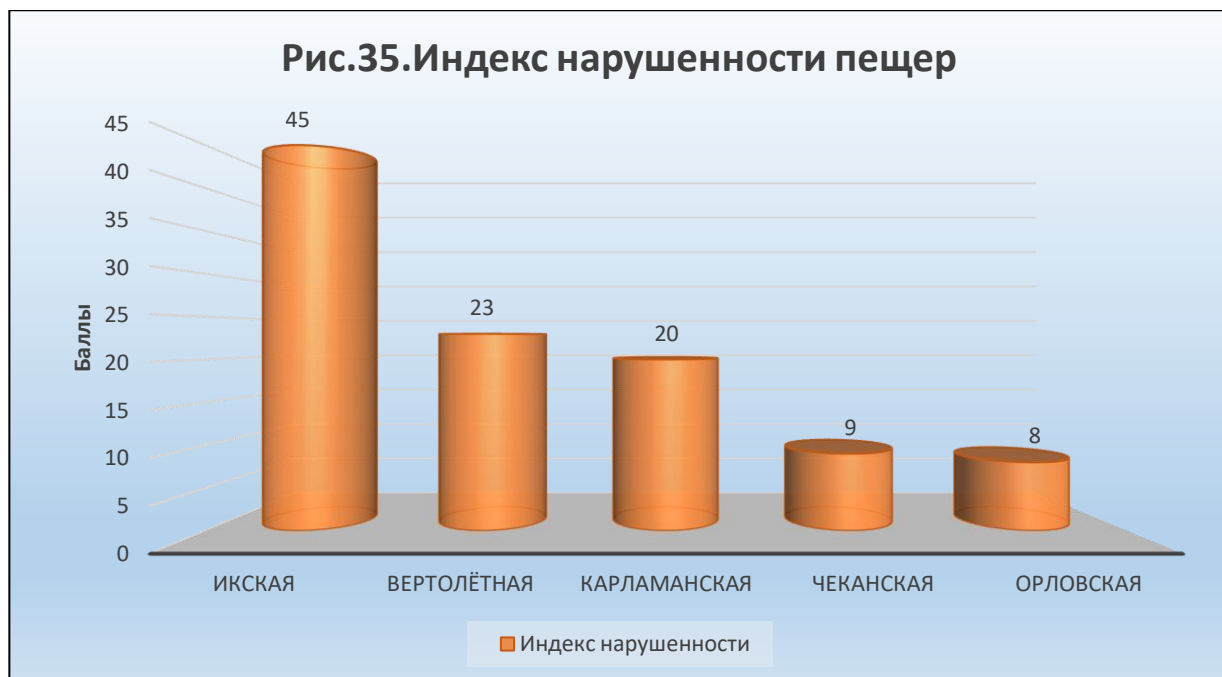
Естественные фотоавтотрофные экосистемы пещер приурочены к освещенным привходовым частям полостей. Если пещера небольшая, то она может целиком входить в фотическую зону. Распространение фотоавтотрофных организмов в освещенной зоне зависит от уровня освещенности [2]. Таковым является Вертолетная пещера. Морфология, генезис способствовали формированию здесь особой амфитрофной фототрофно-гетеротрофной экосистемы (Рис. 28,29).

И, наконец, в Икской пещере наблюдаем загрязнение фекальными бактериями, токсичными металлами, увеличение концентрации нитратов и фосфатов. В результате этих негативных воздействий возникает сильное давление на биоту пещеры, и количество ее автохтонных обитателей начинает сокращаться. Эвтрофикация пещерной экосистемы может способствовать заселению ее поверхностными видами, которые являются более сильными, активными и плодовитыми, чем подземные. Тут выявлены нами высокие концентрации бактерий группы кишечной палочки и микромицетов, что вызвано высокой антропогенной нагрузкой на пещеру (Табл. 6, Прил. 2). Таким образом, Икская это - антропогенно-трансформированная гетеротрофная экосистема.

Глава 5.4. Апробация индекса нарушенности объектов

Анализ полученных данных позволяет оценить в баллах нарушенность подземной среды в изучаемых пещерах в виде диаграммы (Табл. 7. Прил. 2, Рис. 35).

Как следует из таблицы и рисунка, Орловская (8 баллов) и Чеканская (9) характеризуются слабой нарушенностью подземной среды, а пещеры Карламанская (20) и Вертолетная (23) нарушенностью средней интенсивности. Икская пещера оказалась из изученных самой нарушенной по баллам (45). В целом карстовые пещеры нуждаются в разработке системы мер по сохранению их природного разнообразия. Хотя Карламанская пещера и имеет статус ООПТ, его общее экологическое состояние требует принятия особых мер для улучшения.



В итоге мы приходим к выводу, что пещерные ландшафты являются уникальными и уязвимыми экосистемами с своим набором организмов, постоянно меняющийся под действием как природных, так и антропогенного фактора.

Таким образом, обозначенная в начале работы, *гипотеза* подтвердилась.

Заключение

В представленной работе впервые показаны возможности оценки изменений состояния подземной среды. Все нарушения подразделены на пять категорий: в рельефе, водных объектах, воздухе, растительности и животном мире; отдельно рассматривается механическое загрязнение пещер в результате человеческой деятельности. На примере природных и техногенных пещер Туймазинского и Рязано-Охлебининского спелеорайона осуществлена апробация метода ИНП, отразившего необходимость принятия срочных мер по разработке системы охраны подземного природного наследия исследуемой территории.

Выводы

1) Изученные подземные ландшафты (Икская, Карламанская, Вертолетная) имеют естественное происхождение и являются карстовыми полостями, сложенными из гипсов, ангидритов, доломитов и соленитов. Орловская и Чеканская пещеры искусственного (техногенного) происхождения (штольни). Это бывшие рудники медистых песчаников.

2) Параметры микроклимата пещер зависят от морфологических особенностей, размеров, глубины залегания, положения входа к господствующим ветрам и климатических условий. Фактор влажности и температуры меняются в пещерах по сезонам по-разному и формируют в каждом из них уникальную среду.

3) В карстовых пещерах превышение норм ПДК по общей минерализации, сульфатам и жесткости воды и ионов железа. В Икской пещере выше нормы ПАВ, фенольный индекс, нефтепродукты и органолептические показатели. В

техногенных пещерах обнаружено повышенное содержание меди, гидрокарбонатов и железа.

4) Биота техногенных пещер обладает большим разнообразием видов, чем карстовые. В Орловской и Чеканской обнаружено 22 и 14 видов соответственно. Млекопитающие представлены краснокнижными видами Рукокрылых (6 видов) Насекомые несколькими отрядами (всего 10 видов). В техногенных пещерах обнаружено от 1 до 3 видов макробиоты, представленных в основном беспозвоночными. Анализ проб в Икской пещере показал присутствие патогенной микрофлоры.

5) Соотношение групп организмов по приуроченности мест обитания имеет следующую тенденцию. Троглофилов больше всего в Орловской пещере, меньше всего в Икской и Вертолетной. Троглоксены больше всего присутствуют в Чеканской и Орловской пещерах, также меньше всего их в Икской.

6) На формирование свойственной среды в изученных пещерах оказывает влияние антропогенный пресс. Состав биоты меняется в такой последовательности: усиление антропогенной нагрузки → уменьшения состава макробиоты (исчезновение редких видов) → увеличение состава микробиоты (появление патогенной микроорганизмов) и формирование трансформированных экосистем.

7) Индекс нарушенности у техногенных пещер слабая, составляет у Орловской – 8 баллов, Чеканской – 9 баллов. Природные (карстовые) пещеры Карламанская и Вертолетная характеризуются нарушенностью средней интенсивности, 20 и 23 балла соответственно. Самой нарушенной (45 баллов) оказалась Икская пещера. Карстовые пещеры нуждаются в разработке системы мер по сохранению их природного разнообразия.

Оценка экологического риска и научно-методические основы охраны и использования пещер, как памятников природы

Неорганизованный поток посетителей становится чрезмерным и наносит существенный вред объекту, необходимо в соответствии со статусом ООПТ, организовывать регламентированное использование пещер и полученные средства направлять на их охрану. Для этого надо организовывать соответствующую природоохранную структуру с правом проведения регламентированной экскурсионно-туристической деятельности.

Предложены основные направления мероприятий по охране рукокрылых на данной местности, которые включают: 1) выявление редких, малочисленных и легко уязвимых для антропогенного воздействия видов, занесение их в региональные Красные книги; 2) проведение всеми типами потенциальных исполнителей, реально связанных с изучением и охраной редких видов, мониторинговых исследований по изучению особенностей биологии, на основе которых будут разрабатываться охранные и восстановительные мероприятия; 3) осуществление органами охраны природы государственного контроля состояния летних и зимовочных скоплений рукокрылых; 4) включение в перечень специально охраняемых объектов всех зимних убежищ рукокрылых; 5) ведение эколого-просветительской работы среди населения.

Список литературы

1. Абдуллин Ш.Р. Особенности загрязнения экосистем пещер // Спелеология и спелестология: Сборник материалов III международной научной заочной конференции. 26-27 ноября 2012 г. - Набережные Челны: НГПИ, 2012. - С. 216-217.
2. Абдуллин Ш.Р., Сабитова Р.З., Островская Ю.В., Юлкина Т.С. Автотрофно-гетеротрофная экосистема озера освещенной части пещеры Вертолетная (Республика Башкортостан) // Изв. Самарск. научн. центра РАН. 2012. Т. 14. № 1. С. 218–221.
3. Абдуллин Ш.Р. Экосистемный анализ пещер республики Башкортостан // Журнал «Вестник Академии наук Республики Башкортостан», 2013
4. Алексеев и др. Красная книга Республики Башкортостан. Т 2. Животные. Изд. 2-е дополненное и перераб.. Уфа, 2014.
5. Голубничая Е.Е. ст. «Экологические проблемы использования пещер в качестве объектов туризма». Журнал «Стратегия устойчивого развития регионов России», 2013
6. Кожурина Е.И. Полевой определитель летучих мышей по внешним признакам. Москва, 1997.
7. Кузьмина Л.Ю., Галимзянова Н.Ф., Абдуллин Ш.Р. Микробиота пещеры Киндерлинская (Южный Урал, Россия) // Микробиология. 2012.Т. 81. № 2. С. 273–281.
8. Лукьяненко Е.А. Влияние антропогенных факторов на подземный ландшафт спелеокомплекса - 2001. - № 17.
9. Мавлюдов Б.Р. Факторы уязвимости пещер // Проблемы экологии и охраны пещер. - Красноярск, 2002. - С. 5-11 (0,5 п.л.).
10. Мэгарран А.Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. – 184 с.
11. Мошкова Н.А., Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10 (1). Зеленые водоросли, класс Улотриксковые (1), порядок Улотриксковые. Л.: Наука, 1986. 360 с.
12. Прокопов Г.А. Пещерная биота: краткий обзор и методика описания, 2010. Уфа: Дизайн полиграф сервис. 2010. – 280 с.
13. Трофимова Е. В. Применение индекса нарушенности пещер для оценки состояния подземной среды. Институт географии РАН, Москва, 2015.с.41-48
14. Фаткуллин Р.А. Природные условия Башкортостана Уфа: Китап, 1994
15. Шарипова М.Ю., Дубовик И.Е. Экология водорослей в пещере Шульган-Таш // Башкирск. эколог. вестник. 1999. № 2 (5). С. 7-9.
16. Шаврина Е.В. Экология пещер европейского севера России: Проблемы использования и пути сохранения. Материалов конференции "Минералогия техногенеза", Миасс-Кунгур, 2006.
17. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2.

18. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Л.: Гидрометиздат, 1977. 477 с.

Интернет ресурсы:

1. http://www.nordspeleo.ru/karst/st_karst/ecopecher.htm.
2. <https://cheme.ge.ru/cuprum/#kach>
3. <https://www.chem21.info/info/580757/>

Приложения

Приложение 1

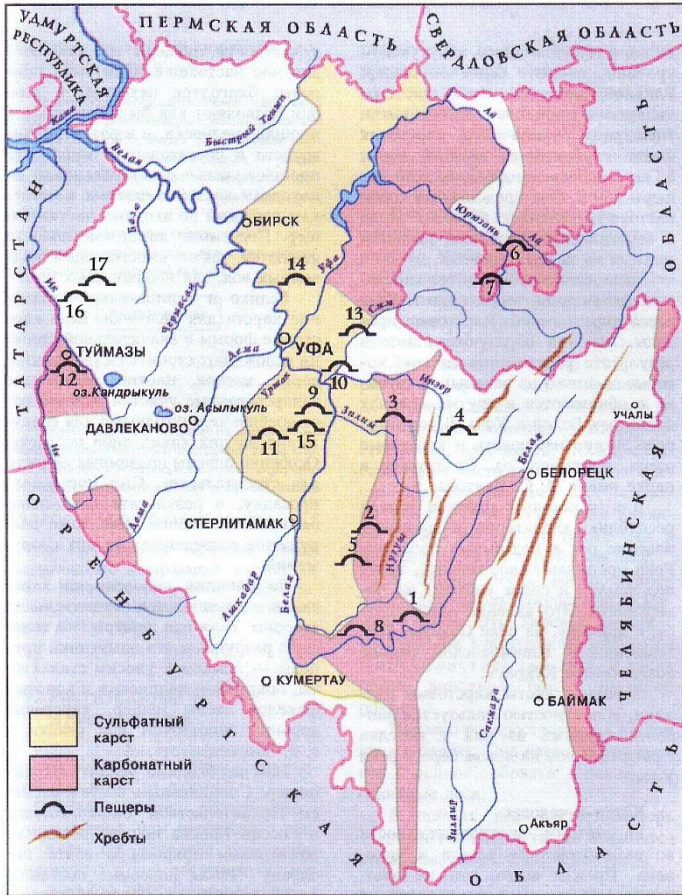


Рис. 1 Карта-схема пещер. 9 – Карламанская, 12 – Икская, 15 – Вертолетная, 16 – Чеканская, 17 – Орловская.

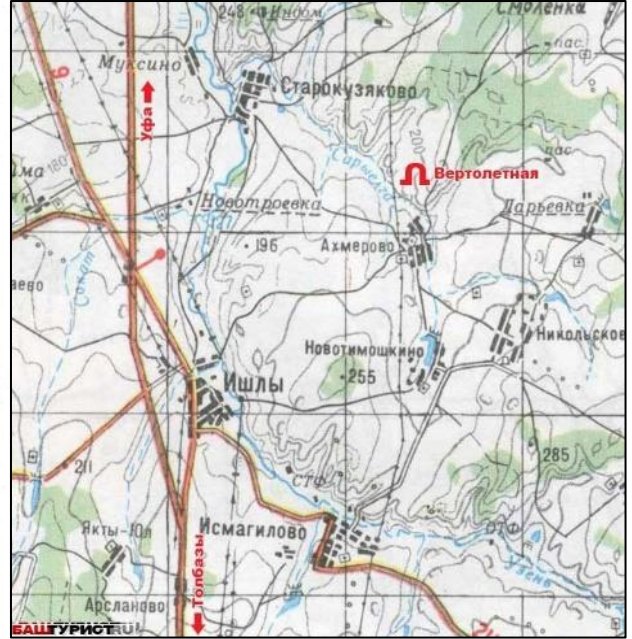


Рис. 2 Расположение Вертолетной пещеры

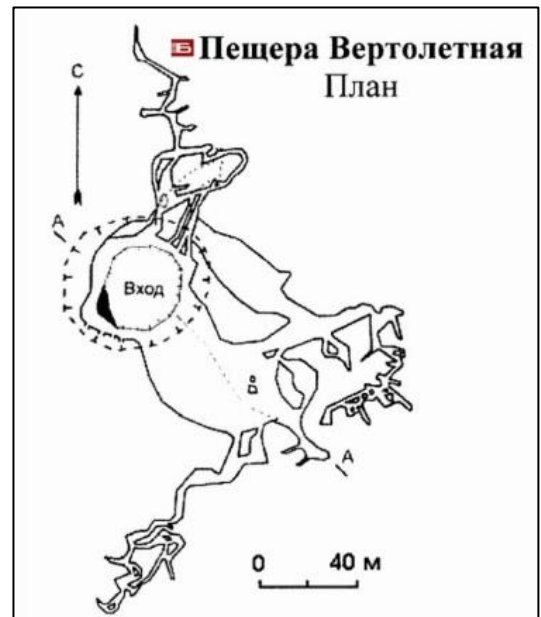


Рис. 3. План-схема Вертолетной пещеры



Рис. 4. Расположение Икских пещер



Рис. 5. План-схема Икской пещеры (доступной)

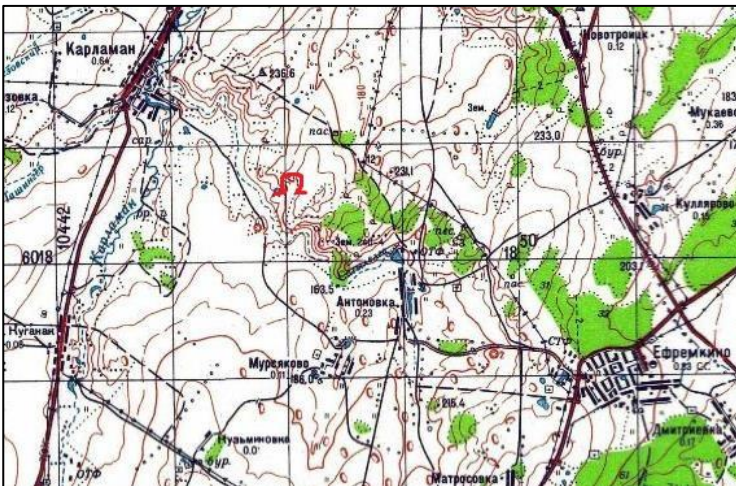


Рис. 6. Расположение Карламанской пещеры на карте

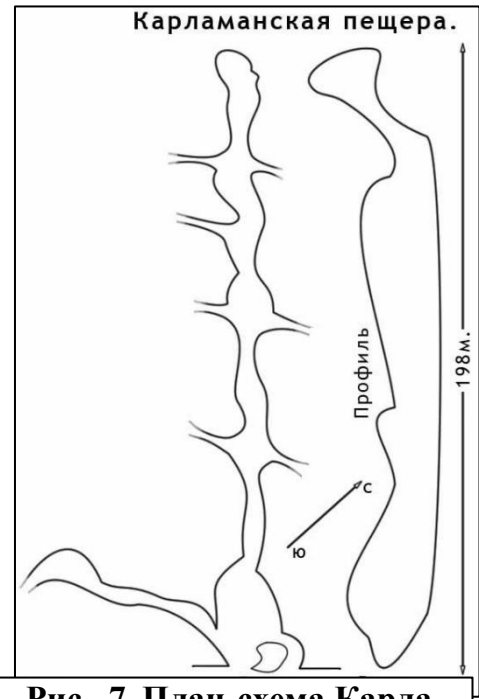


Рис. 7. План-схема Карламанской пещеры

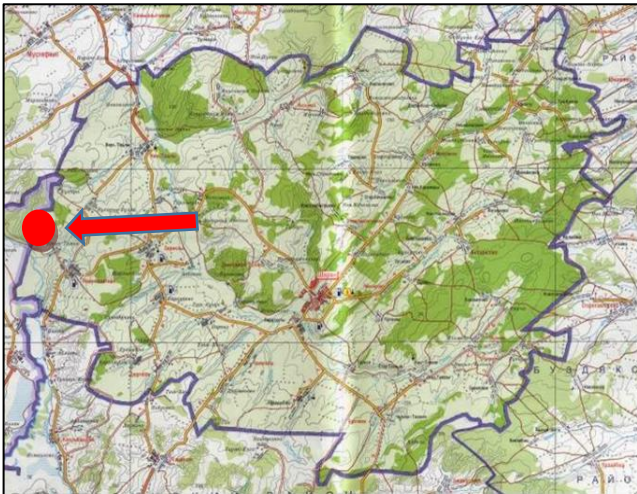


Рис. 8. Расположение Чеканских пещер на карте



Рис. 9. Чеканские пещеры



Рис. 10. Расположение Орловских пещер на карте Бакалинского района



Рис. 11. План-схема Орловской штольни

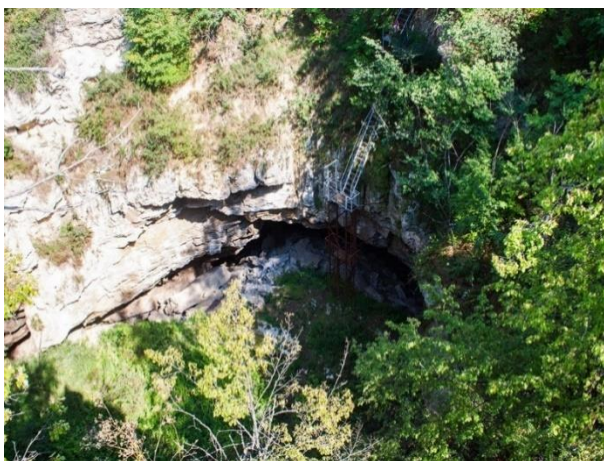


Рис. 12. Вертолетная пещера



Рис. 13. Икская пещера



Рис. 14. Карламанская пещера



Рис. 15. Чеканские пещеры



Рис. 16. Орловские штольни

Приложение 2

Таблица 1. Параметры температуры и влажности в разном удалении от входа

Название объекта и тип пещеры	Протяженность	Дата измерений	Температура				Влажность(%)			
			у входа	на расстоянии 25 м	на расстоянии 50м	на расстоянии 100м	у входа	на расстоянии 25 м	на расстоянии 50 м	на расстоянии 100 м
Икская (карст)	120м	12.09.22	+10°C	+12°C	+14°C	+14°C	60%	70%	78%	85%
		12.12.22	-15°C	+6°C	+10°C	+12°C	40%	60%	64%	90%
		12.03.23	-5°C	+3°C	+8°C	+10°C	55%	66%	72%	65%
Вертолетная (карст)	> 100м	16.09.22	+8°C	+8°C	+3°C	+4°C	65%	70%	78%	75%
		14.12.22	-20°C	-8°C	0°C	+5°C	60%	70%	75%	80%
		20.03.23	-7°C	-5°C	-7°C	-2°C	68%	70%	70%	66%
Карламанская (карст)	198м	16.09.22	+9°C	+6°C	+7°C	+8°C	50%	75%	78%	82%
		14.12.22	-18°C	0°C	+2°C	+4°C	42%	50%	66%	75%
		20.03.23	+2°C	-4°C	-3°C	0°C	70%	72%	75%	70%
Чеканская (техн).	30м	12.09.22	+10°C	+8°C	-	-	60%	65%	-	-
		12.12.22	-20°C	-5°C	-	-	56%	50%	-	-
		12.03.23	-8°C	-6°C	-	-	65%	60%	-	-
Орловская (техн).	54м	12.09.22	+12°C	+8°C	+7°C	-	50%	55%	62%	-
		12.12.22	-15°C	+3°C	+6°C	-	55%	68%	72%	-
		12.03.23	-7°C	+4°C	+3°C	-	60%	60%	50%	-

Таблица 2. Физико-химические и бактериологические показатели воды и грунта

Объект исследования	Органолептические показатели				Физико-химические показатели																	Бактериологические показатели	
	Дата отбора пробы	Запах при 20° С,	Привкус, балл	Мутность, мг/дм ³	Жёсткость общая,	ПАВ анионно-актив.	рН	Нитраты, мг/дм ³	Нитриты, мг/дм ³	Свинец, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Кадмий, мг/дм ³	Гидр-нат, мг/дм ³	Медь, мг/дм ³	Никель, мг/дм ³	Железо (суммарно), мг/дм ³	Общая минерализация	Окисляемость перманганатная, МгО ₂ /л	Нефтепродукты, мг/дм ³	Фен-ый инд, мг/дм ³	Общие ОКБ,	ОМЧ при 37° С, КОЕ
Икская	13.12.202	3,5	2,5	2,3	28	1,78	8,6	16,7	0,2	0,03	168	725	0,004	0	2,1	0,001	0,4	1240	5,2	0,5	0,002	>1	58
Вертолётная	24.12.2023	0,8	0	0,58	33,2	0,025	7,4	0,6	0,2	0,0002	26,5	695	0,002	0	0,027	0,001	0,4	1400	0,7	0,005	0,0005	0	15
Карламанская	11.12.2023	0,5	0,8	0,9	33,2	0,025	7,3	0,6	0,2	0,0002	26,5	695	0,002	0	0,027	0,001	0,57	1260	0,7	0,005	0,0005	0	7,3
Чеканская	10.12.2023	0,5	0,7	0,58	6,0	0,025	7,6	16,7	0,2	0,0002	4,2	275	0,0002	0	2,6	0,001	0,1	634	0,66	0,005	0,0005	0	3,1
Орловская	10.12.202	0,9	1,2	0,58	5,4	0,025	7,4	1,2	0,1	0,0002	12	173	0,0002	305	2,5	0,001	2,1	523	0,66	0,005	0,0005	0	16

Табл. 3. Состав макробиоты на объектах

Объект изучения (пещеры)	Макробиота (количество видов)					Всего видов
	Млекопитающие (Рукокрылые)	Пресмыкающиеся+Земноводные	Насекомые	Паукообразные	Черви (кольчатые)	
Икская	-	1	2	-	-	3
Вертолетная	1	-	3	1	1	6
Карламанская	2	2	3	1	-	8
Чеканская	2	4	6	2	-	14
Орловская	6	2	10	3	1	22

Табл. 4. Видовое разнообразие (N) и относительное обилие (D) макробиоты на объектах

Объекты изучения	Млекопитающие (Рукокрылые)		Пресмыкающиеся + Земноводные		Насекомые		Паукообразные		Черви (кольчатые)		Всего видов (Σ)
	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	
Икская	0	0	1	0,33	2	0,66	0	0	0	0	3
Вертолетная	1	0,16	0	0	3	0,5	1	0,16	1	0,16	6
Карламанская	2	0,25	2	0,25	3	0,37	1	0,12	0	0	8
Чеканская	2	0,14	4	0,28	6	0,42	2	0,14	0	0	14
Орловская	6	0,27	2	0,09	10	0,45	3	0,13	1	0,04	22
Всего на объектах (Σ)	6	0,27	2	0,09	10	0,45	3	0,13	1	0,04	22

Табл. 5. Статус уязвимости видов на объектах

Уязвимые виды	Статус вида	Объекты исследования				
		Икская	Вертолетная	Карламан- ская	Чеканская	Орловская
Ночница прудовая (<i>M. dasycneme</i>)	III(ред- кий)NT	-	-	-	+	+
Ночница Водяная (<i>M. daubentonii</i>)	III(редкий) LC	-	+	+	-	+
Ночница Наттерера (<i>M. nattereri</i>)	III(редкий LC)	-	-	+	+	+
Ночница усатая (<i>M. mystacinus</i>)	III(редкий) LC	-	-	-	-	+
Ушан бурый (<i>Plecotus auritus</i>)	III(редкий) LC	-	-	-	-	+
Кожанок северный (<i>Eptesicus nilssonii</i>)	III(редкий) LC	-	-	-	-	+
Лягушка травяная (<i>Rana temporaria</i>)	IV(неоп) LC	-	-	+	+	+

Таблица 6. Состав микробиоты на объектах

Объект изучения	Микробиота						
	Царство Растения		Подцарство Простейшие		Царство Грибы	Царство Бактерии	
	Отдел Зеле- ные во- дород- росли	Отдел Диатомо- вые во- доросли	Тип Сарко- масти- гофоры	Тип Инфу- зории	Класс Дейте- ро- мицеты	ОМЧ, КОЕ/см ³ (Норма – не бо- лее 50*)	БГКП, КОЕ/10 ³ 0 см ³ (Норма – отсут- ствие *)
Икская	3	3	4	2	3	58	Менее 1
Вертолетная	2	3	2	3	2	15	–
Карламан- ская	–	–	1	1	1	7,3	–
Чеканская	–	–	–	–	–	3,1	–
Орловская	–	–	1	1	1	16	–

*СанПиН1.2.3685-21

Таблица 7. Индекс нарушенности пещер

Название пещеры	Рельеф		Водные объекты		Воздух		Растительность и животный мир		Механическое загрязнение пещер в результате человеческой деятельности		Общий индекс нарушенности
	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	баллы
Икская	Обвалоопасна, груды камней	16	Превыш хим. и бакт. показателей ПДК	9	Присут. пост. запахов	3	уменьш видов макробиоты	9	Свалка ТКО, нефтепродукты	8	45
Вертолетная	обвалоопасна	6	Превыш хим. показателей ПДК	7	–	0	уменьш видов макробиоты	4	Надписи, прод.тара, развитие плесени	6	23
Карламанская	Деформ. отложений	2	Превыш хим. показателей ПДК	5	Запах гари	3	уменьш Видов макробиоты	5	Надписи, прод.тара, развитие плесени	5	20
Чеканская	обвалоопасна	3	–	0	Неопред запах	1	уменьш. рукокрылых	1	Надписи, прод.тара	4	9
Орловская	обвалоопасна	2	Присут. некот. металлов	1	Запах гниения	1	–	0	Надписи, прод.тара	4	8

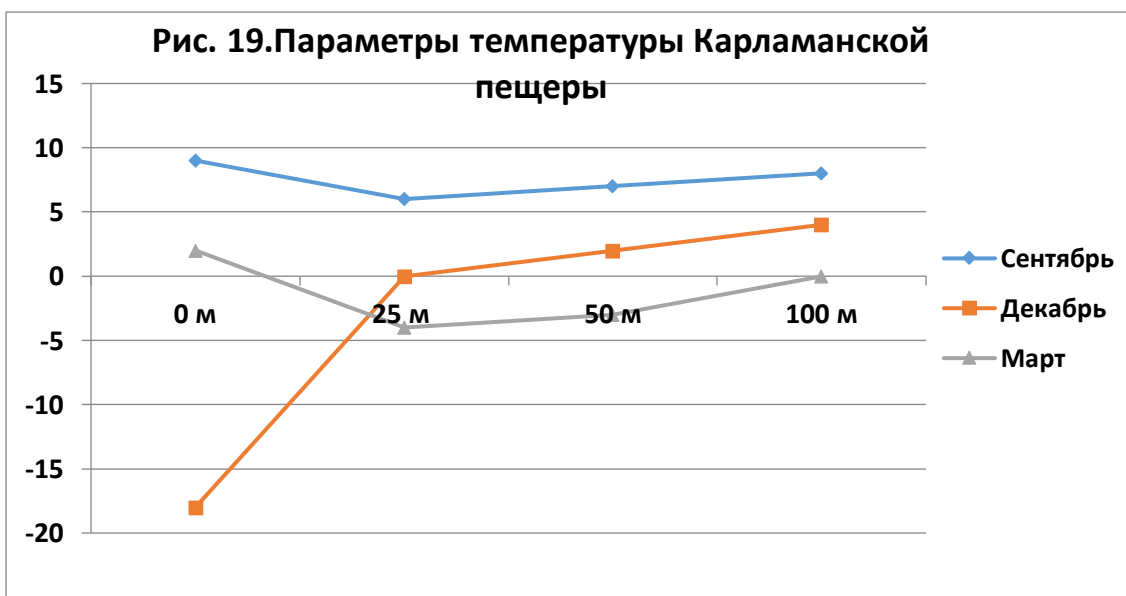
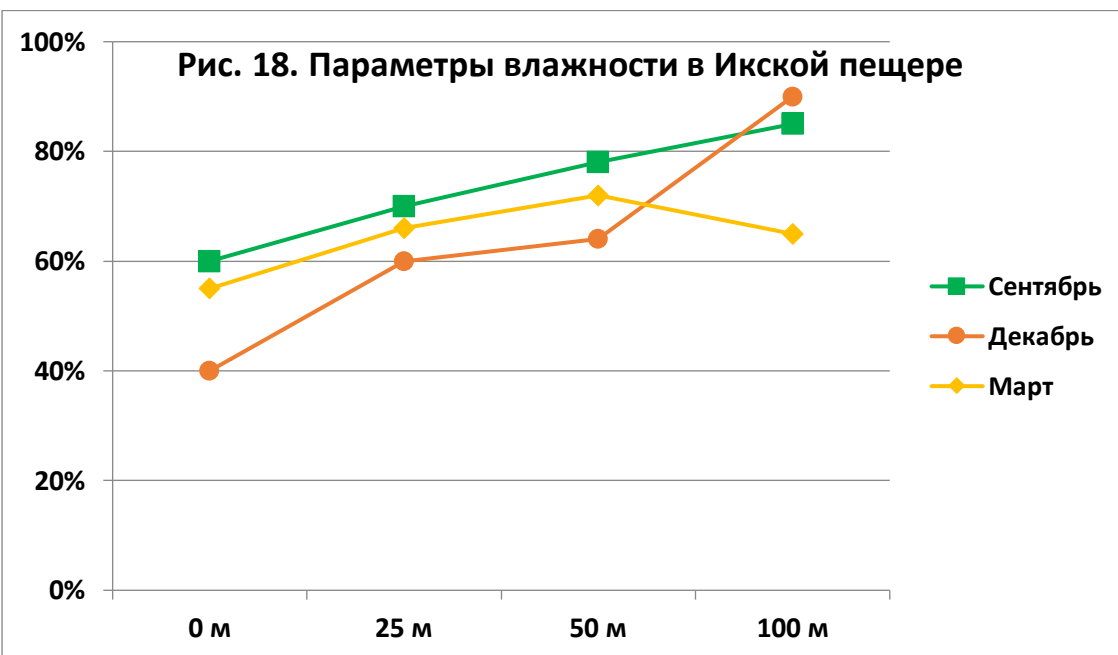
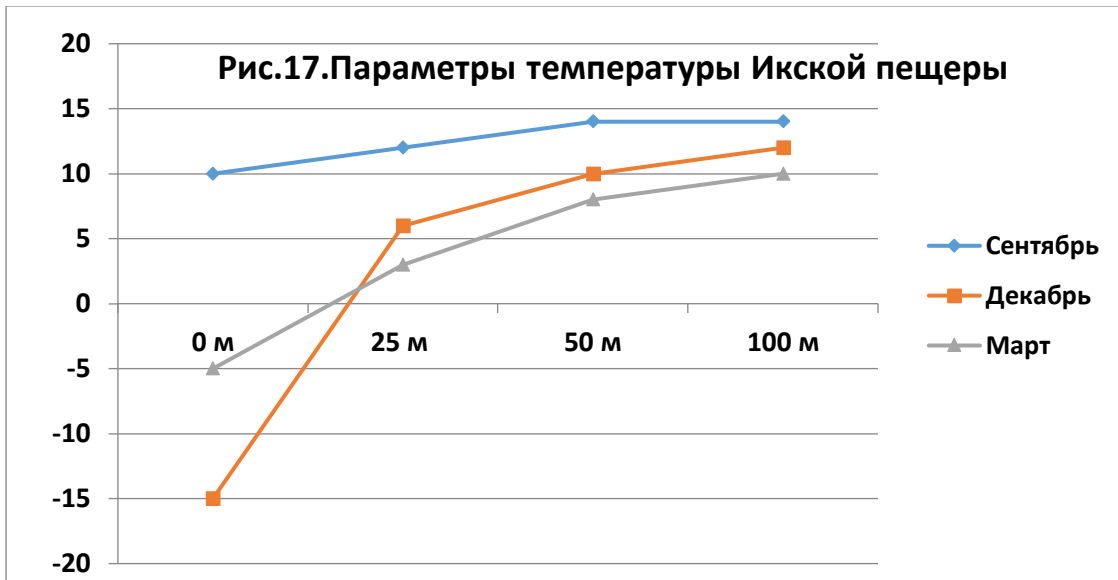


Рис. 20. Параметры влажности в Карламанской пещере

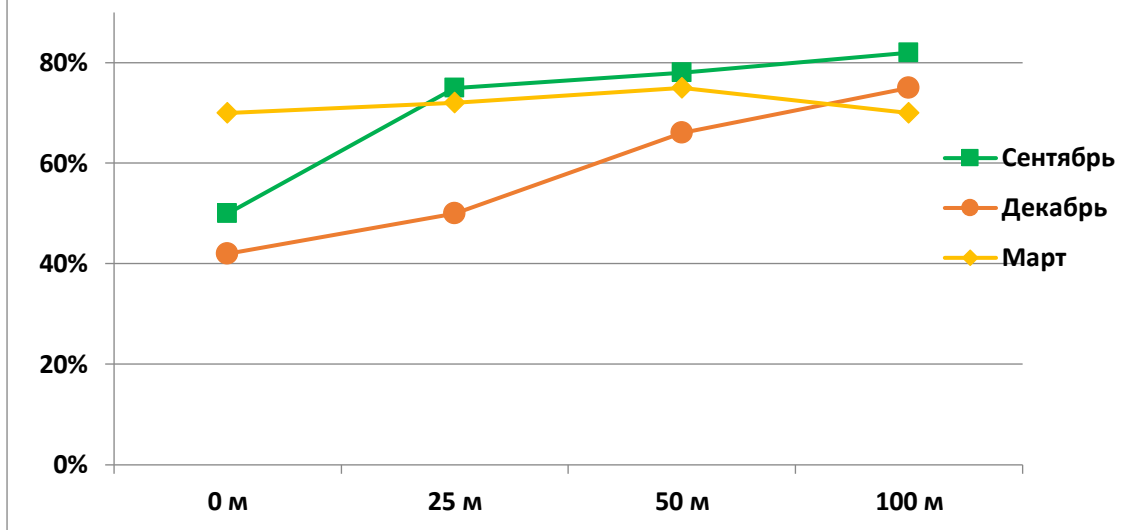


Рис.21. Параметры температуры Чеканской пещеры

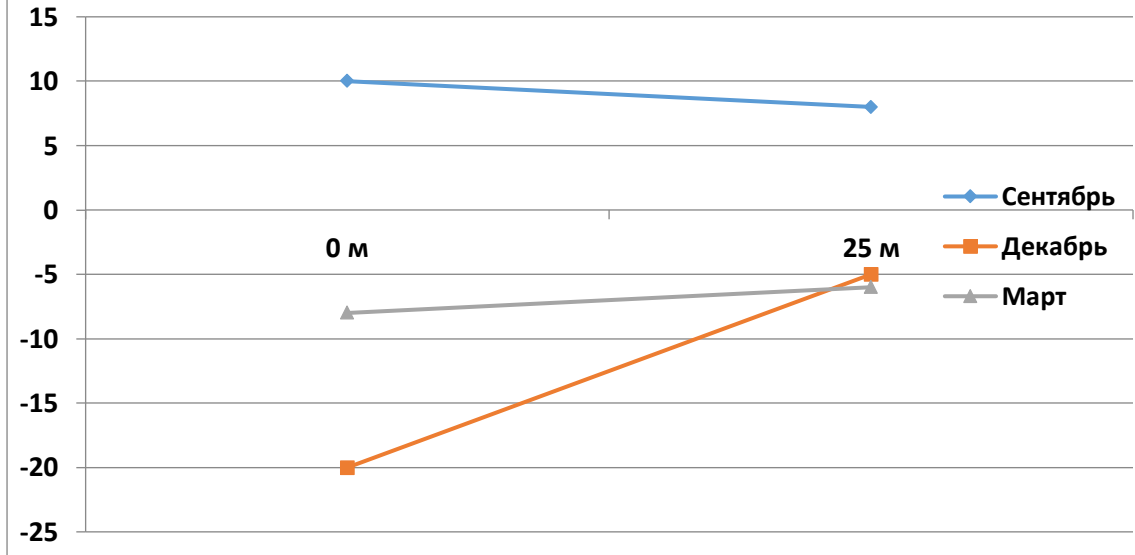


Рис.22. Параметры влажности в Чеканской пещере

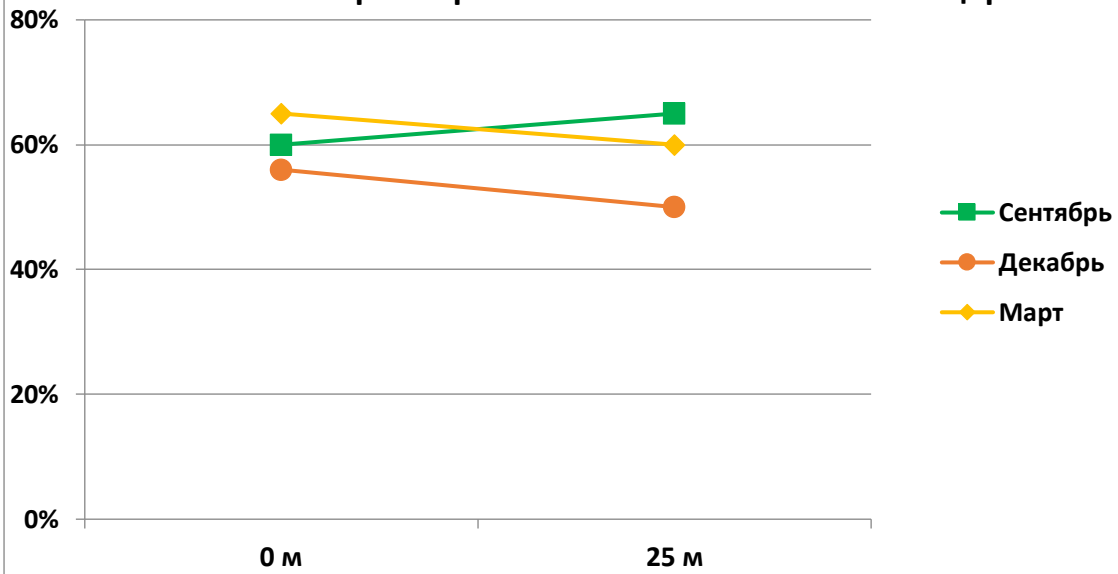


Рис.23. Параметры температуры Орловской пещеры

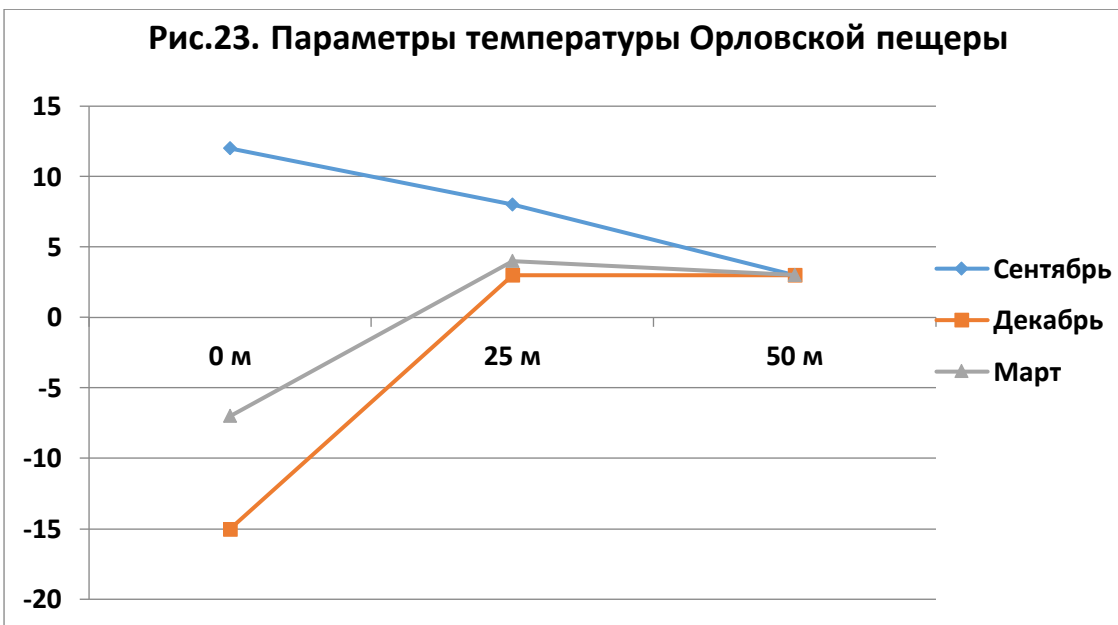


Рис.24. Параметры влажности в Орловской пещере

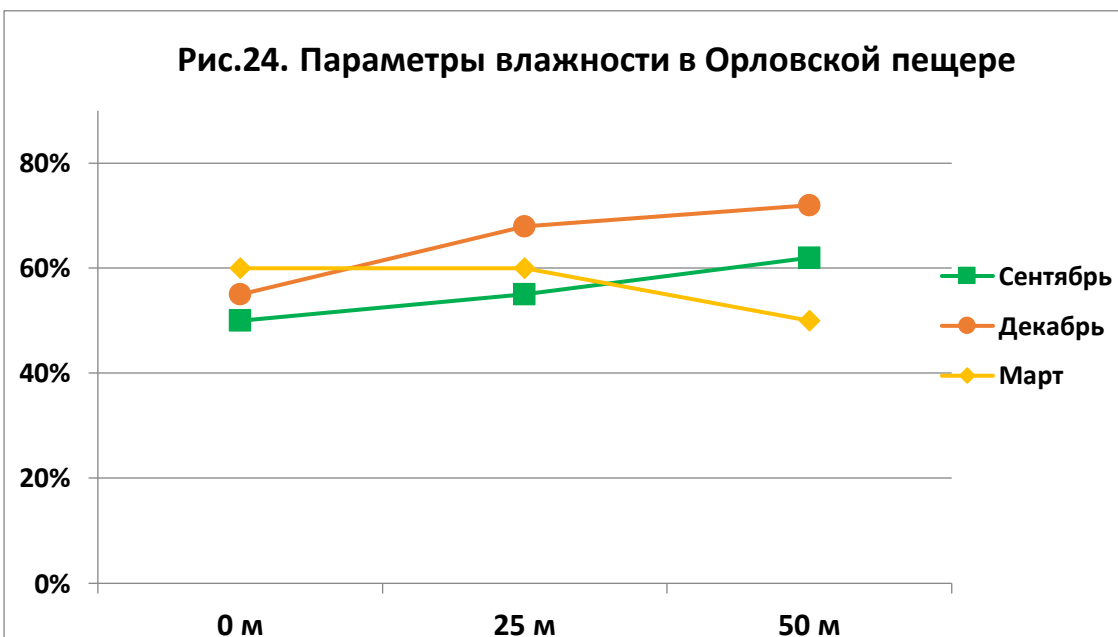


Рис.25. Параметры температуры Вертолётной пещеры

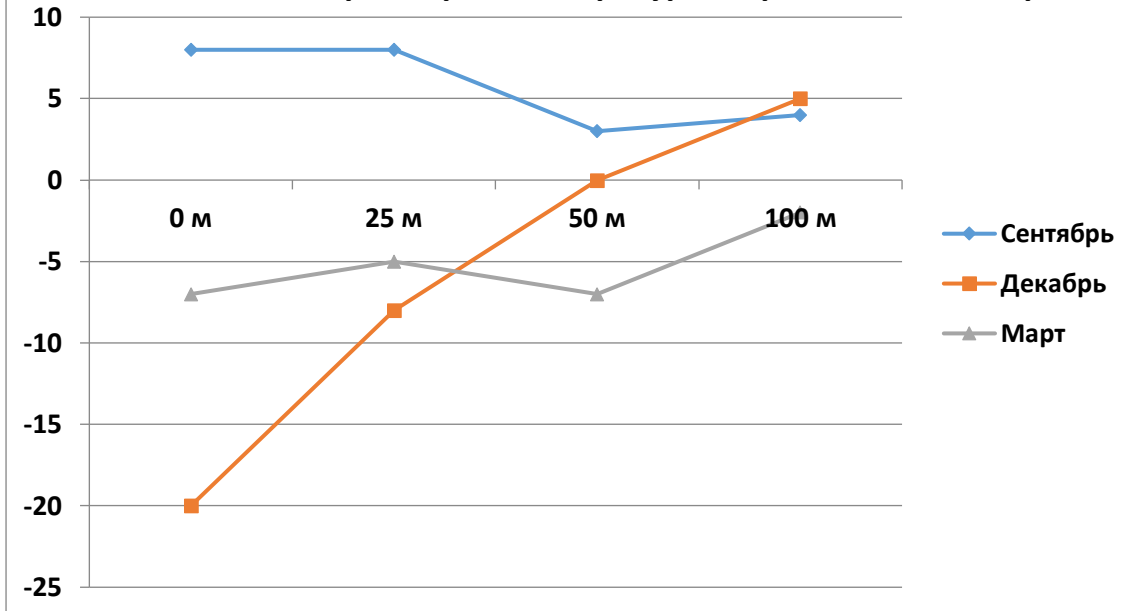


Рис.26. Параметры влажности в Вертолётной пещере

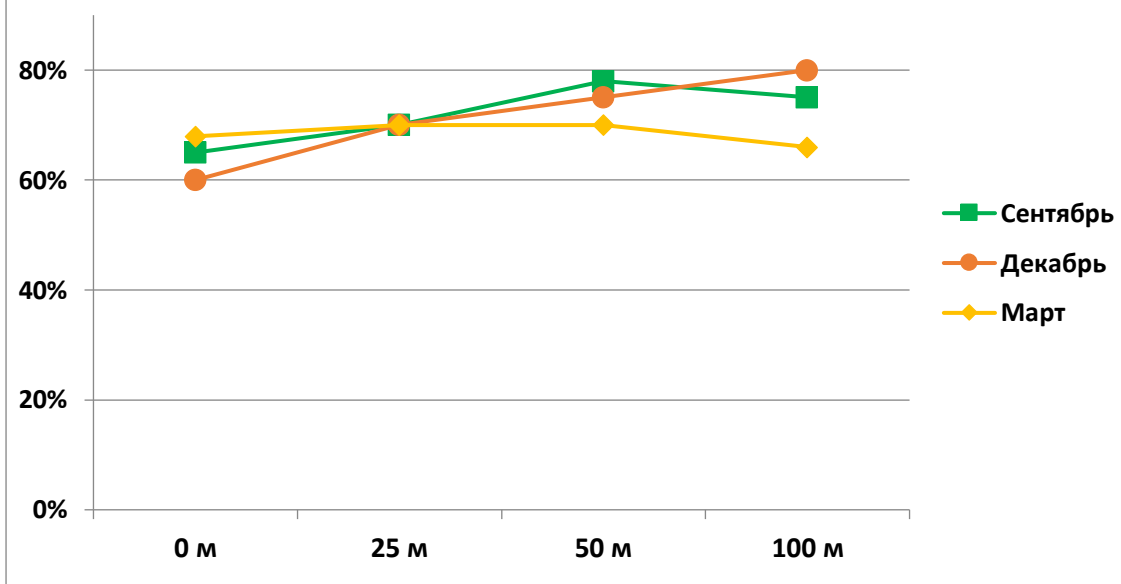




Фото 1,2. У входа в Вертолетную и Карламанскую пещеры



Фото 3,4. В Чеканской и Икской пещере



Фото 5,6. В Карламанской и Орловской пещере



Фото 7,8. Лабораторные анализы



Фото9-14. Представители макробиоты. Рукокрылые: Ушан бурый (*Pl. Auritus*), кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*) Ночница прудовая (*M. Dasycneme*), ночница Наттерера (*M. Nattereri*)



Фото15-20. Макробиота. Насекомые: . Болотница (*Limonia nubeculosa*); Павли-
ний глаз (*Nymphalis io*, (*Helmis sp.*)) Пяденица-трифоза сомнительная (*Triphosa*
dubitata); Сверчок (*Discoptila fragosoi*), . Наездник (*Parasitica sp.*)

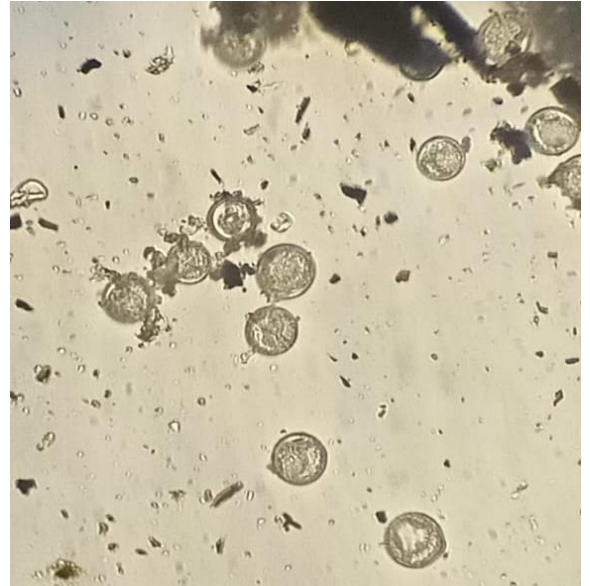
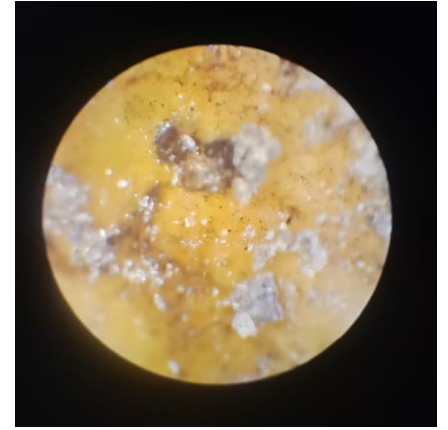
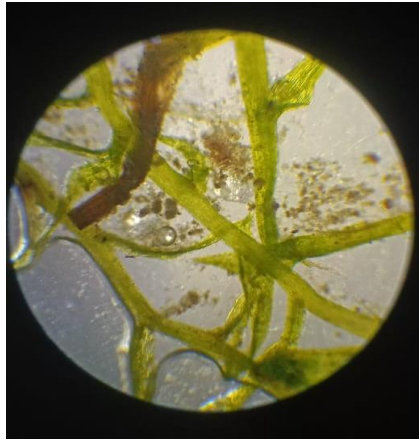
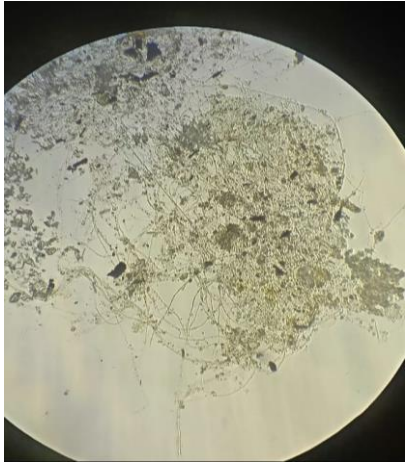


Фото 21-25. Микробиота. Отдел Зеленые водоросли, Отдел Диатомовые водоросли, Тип Саркомастигофоры, Тип Инфузории, Класс Дейтеромицеты



УФИМСКИЙ ЦЕНТР
АНАЛИЗА И ОЧИСТКИ ВОДЫ

450112 г. Уфа, ул. Ульяновых 45а, оф. 9
тел.: +7 (347) 257-26-66; +7 (904) 735-26-66
e-mail: info@ucao.ru www.ufa.ucao.ru

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ №01490/01

от «17» января 2024г.

Заказчик: Акбулатов Владислав Тимирьянович/ 89378317488/gvosdika26@yandex.ru

Испытуемый объект: Образец воды из пещеры

Место отбора пробы: Бакалинский р-н., д. Орловка, пещера

Дата отбора пробы: 10.01.2024г.

Дата поступления на испытания: 10.01.2024г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель «УЦАО»

Бугаев Л.Г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Норматив СанПиН СанПиН 1.2.3685-21, не более	Результаты испытаний
Микробиологические показатели				
1	Общее микробное число (ОМЧ)	КОЕ/мл	не более 50	16
2	Общие колиформные бактерии (ОКБ)	КОЕ/100мл	отсутствие	н/о

Инженер лаборант «УЦАО» _____ ФИО _____ Рауде Ю.В _____

Заключение: Представленный на испытание образец воды по исследуемым показателям: **соответствует** требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».