The background of the slide is a photograph of a cave interior. The walls are covered in intricate, brownish-tan mineral formations, including stalactites and flowstone, creating a complex, textured surface. The lighting is somewhat dim, highlighting the natural beauty of the cave's geology.

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

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

***Учреждение Российской Академии Наук
Институт биологии Уфимского научного центра РАН**

****Башкирский государственный университет**

Пещеры – это специфические экосистемы, обладающие уникальными особенностями, которые определяются горными породами, подземными водами и морфологией карста

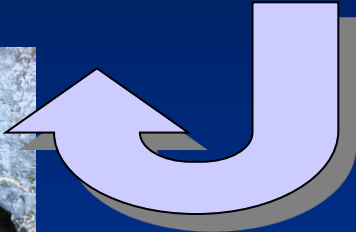
отсутствие света

постоянно низкая температура (+3...+4 0C)

высокая влажность (около 100%)

отсутствие органического вещества

щелочная реакция грунтов и вод



Поступление вещества и энергии за счет:

- водных,
- воздушных,
- биологических
- антропогенных потоков

Ассоциации живых организмов существующих в относительной изоляции от поверхностных экосистем



Мусор из пещеры

Целью настоящей работы было изучение сообществ литотрофных микроорганизмов двух спелеосистем – Киндерлинская и Баскунчакская.

Микробиологическая оценка

- **грунтов**
- **донных отложений**

Изучали численность микроорганизмов – бактерий семейства *Enterobacteriaceae*

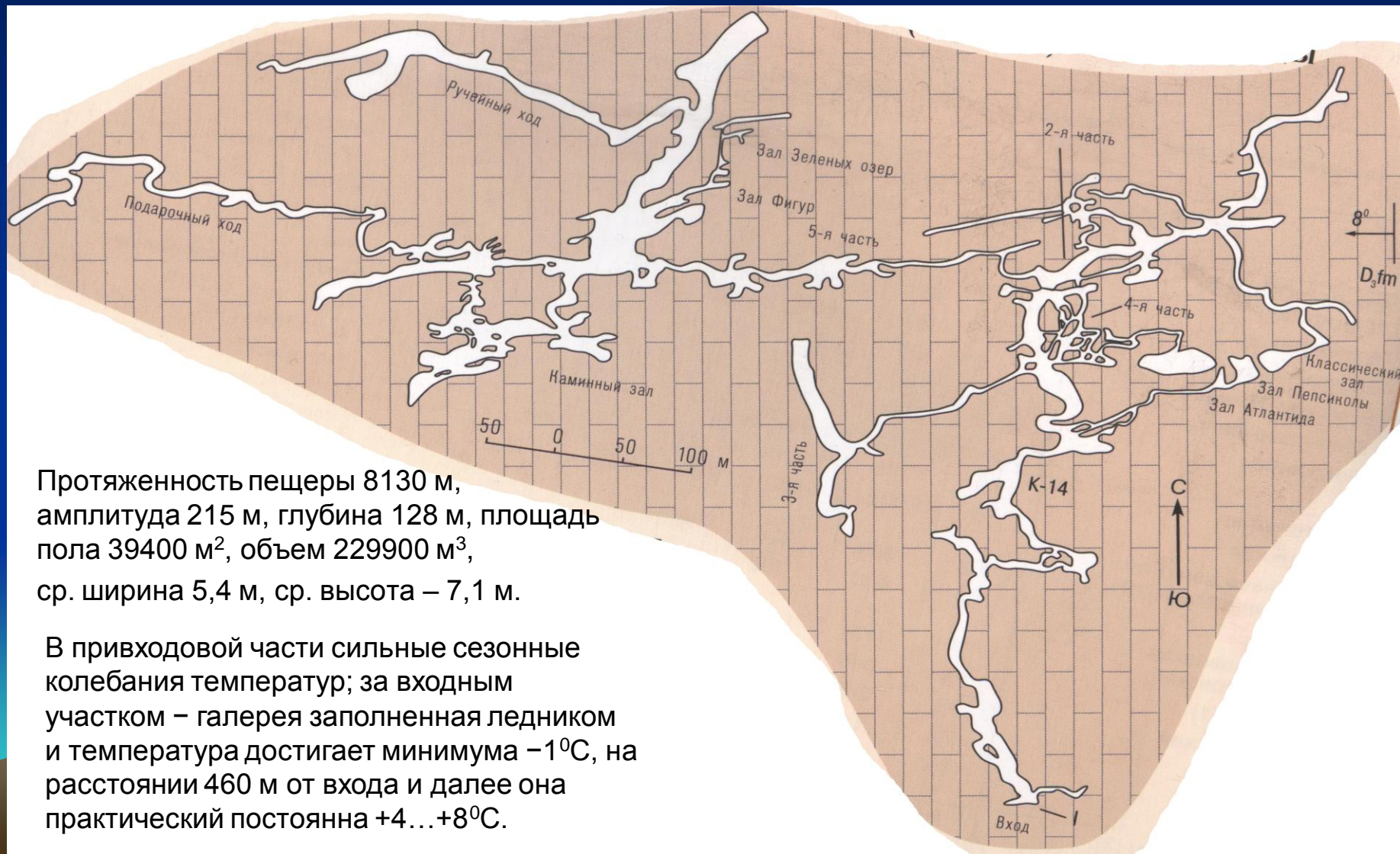
Пещера в известняках



Пещера в гипсах



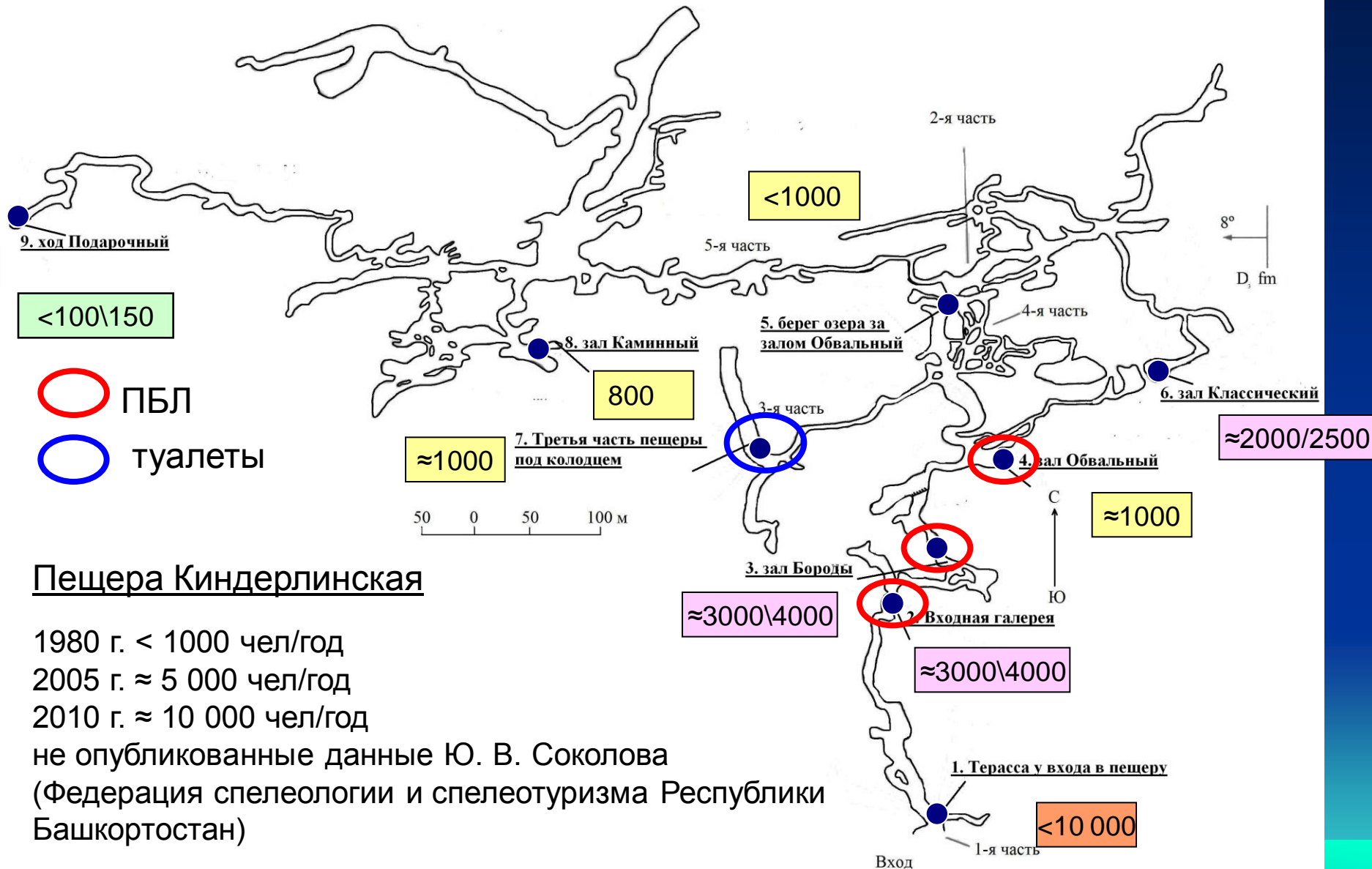
Пещера Киндерлинская самая значительная по амплитуде пещера Урала и вторая по длине пещера Башкортостана. Пещера сформирована в карбонатной толще девона [Абдрахманов, и др. 2002], а внутри пещерные поверхностные грунты представляют собой карбонатный элювий.



- Протяженность пещеры 8130 м, амплитуда 215 м, глубина 128 м, площадь пола 39400 м², объем 229900 м³,
- ср. ширина 5,4 м, ср. высота – 7,1 м.

В привходовой части сильные сезонные колебания температур; за входным участком – галерея заполненная ледником и температура достигает минимума -1°C , на расстоянии 460 м от входа и далее она практически постоянна $+4...+8^{\circ}\text{C}$.

Места отбора микробиологических проб и антропогенная нагрузка



Пещера Киндерлинская

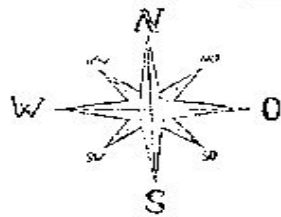
1980 г. < 1000 чел/год

2005 г. ≈ 5 000 чел/год

2010 г. ≈ 10 000 чел/год

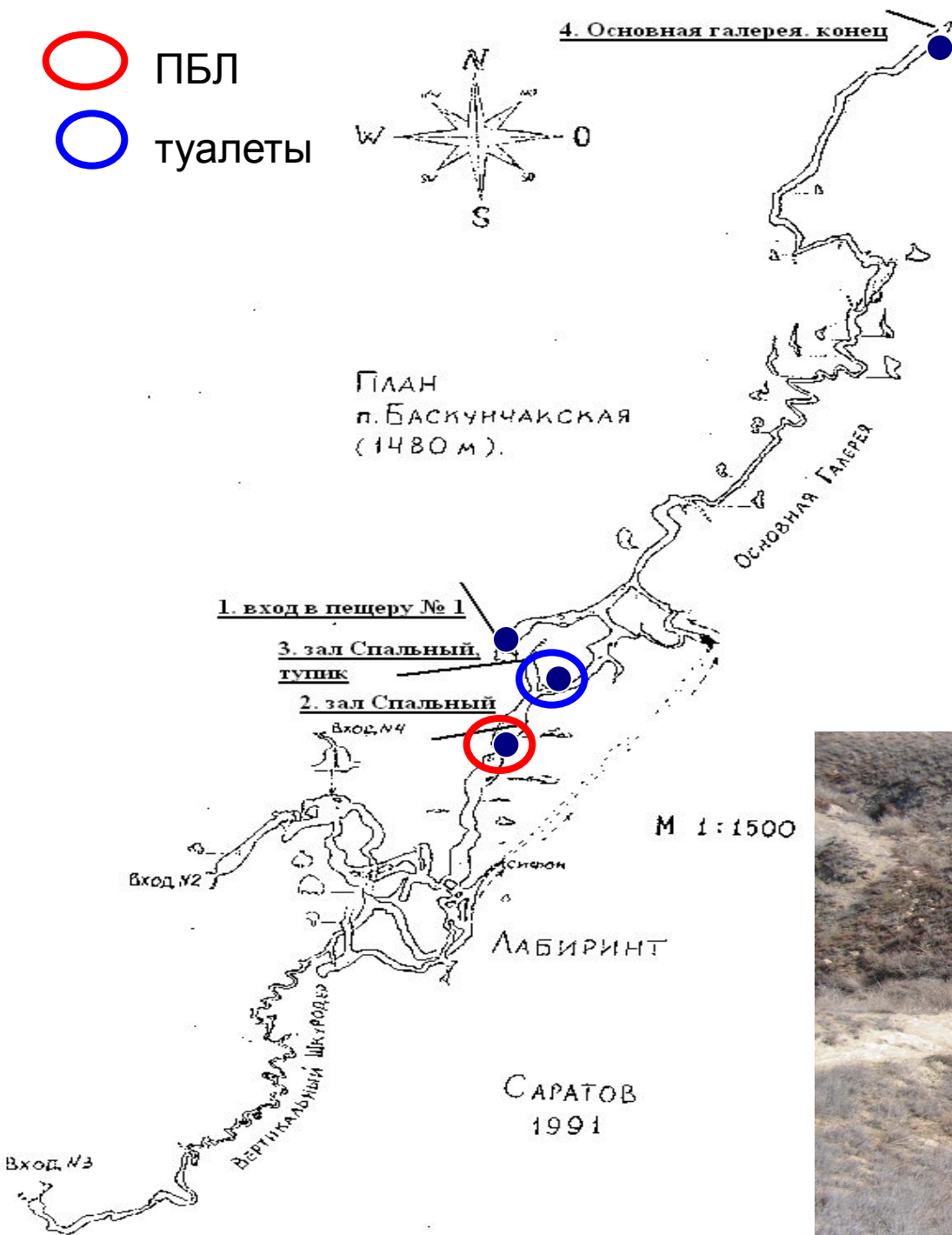
не опубликованные данные Ю. В. Соколова
(Федерация спелеологии и спелеотуризма Республики Башкортостан)

- ПБЛ
- туалеты

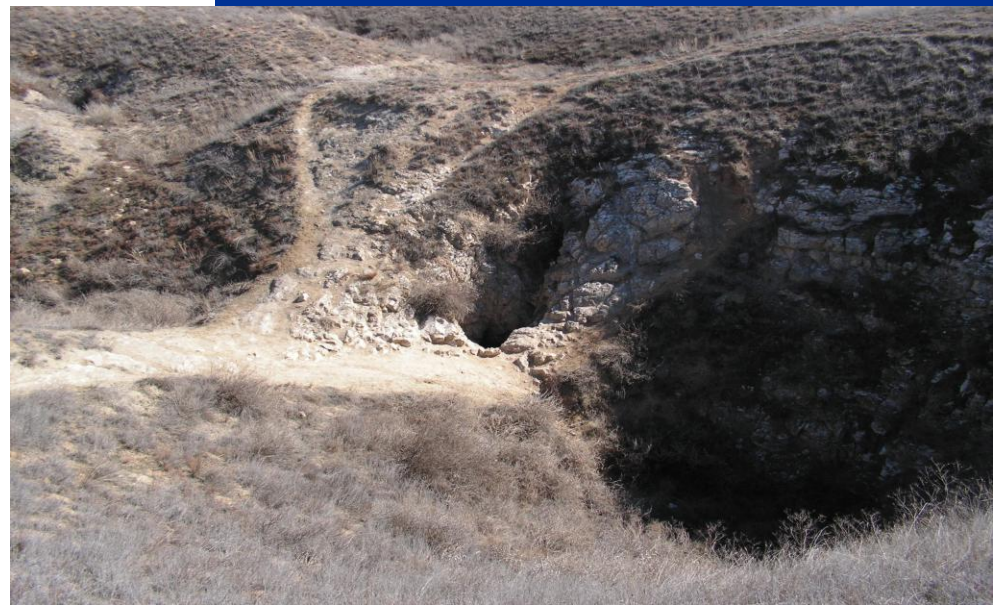


4. Основная галерея, конец

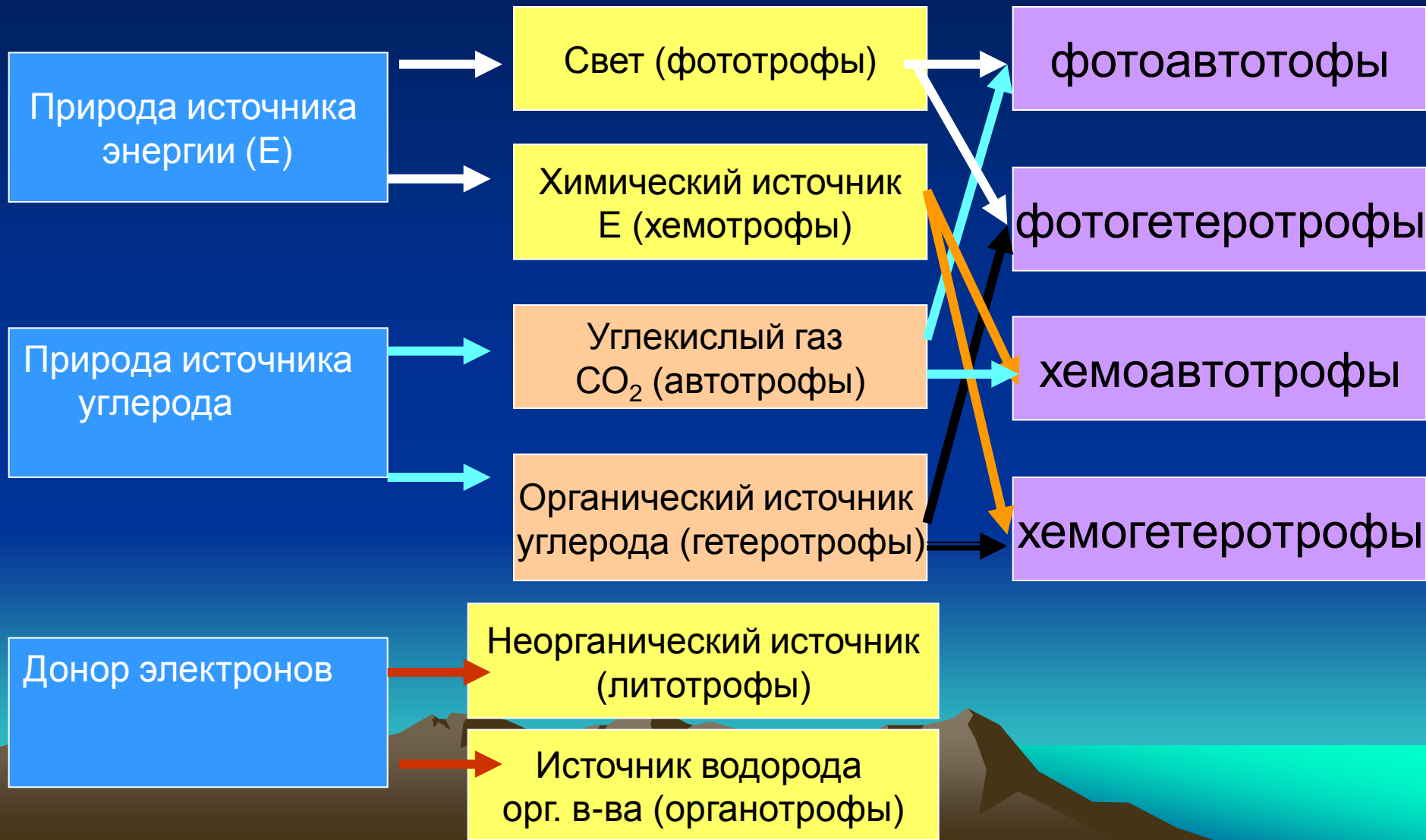
ПЛАН
п. Баскунчакская
(1480 м).



Пещера Баскунчакская - крупнейшая гипсовая пещера Западно-Прикаспийской карстовой провинции. Пещера имеет протяженность - 1480 м, максимальная глубина ≈ 32 м. В привходовой части пещеры наблюдаются сильные сезонные колебания температур, а на расстоянии нескольких десятков метров от входа и далее температура практически постоянна $+7...+11^{\circ}\text{C}$. Значение рН пещерных грунтов изменяется в диапазоне 7.19-7.90.

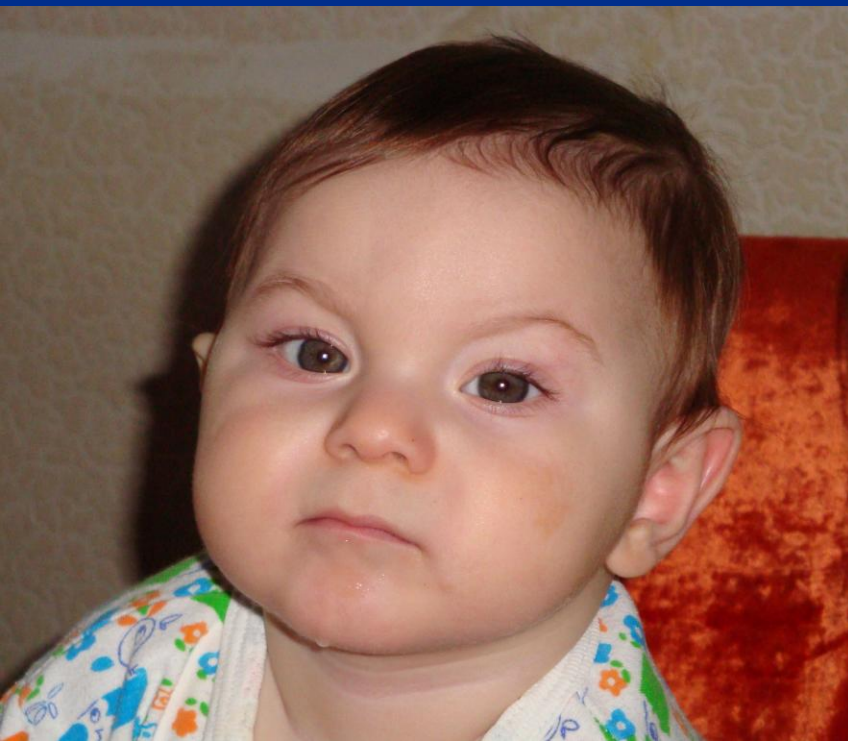


Разделение организмов по типам питания



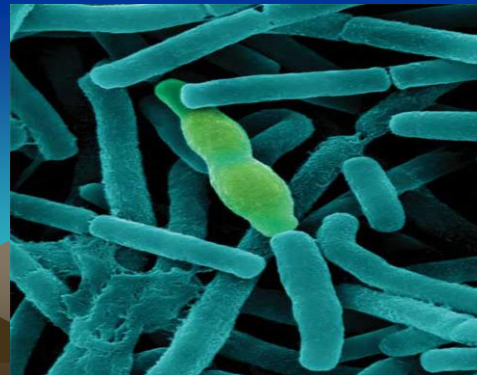
хемооргано-гетеротрофы

используют химический источник энергии и органическое вещество в качестве основного источника углерода



хемолитоавтотрофы

бактерии способные расти в минеральной среде без света. По типу питания используют химический источник энергии и CO_2 в качестве основного источника углерода. Получение энергии при окислении восстановленных неорганических веществ (H_2S , S^0 , S_2O_3 , NH_4 , Fe_2S , H_2).



Группы хемолитотрофных бактерий

Группы бактерий	Характеристика энергетического процесса			Род
	донор электронов	акцептор электронов	конечные продукты	
Тионовые бактерии	H_2S , S^0 , SO_3^{2-} , $S_2O_3^{2-}$ и др.	O_2 NO_3^-	SO_4^{2-} SO_4^{2-} , NO_2^- , N_2	<i>Thiobacillus</i> , <i>Thiosphaera</i> , <i>Thiomicrospira</i> , <i>Tiodendron</i> , <i>Sulfolobus</i>
Ацидофильные железобактерии	Fe^{2+}	O_2	Fe^{3+}	<i>Thiobacillus. ferrooxidans</i> и <i>Leptospirillum ferrooxidans</i> .
Нитрифицирующие бактерии	NH_4^+	O_2	NO_2^-	<i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrosococcus</i> , <i>Nitrospira</i> , <i>Nitrosolobus</i> , <i>Nitrosovibrio</i>
	NO_2^-		NO_3^-	<i>Nitrosobacter</i> , <i>Nitrospina</i> , <i>Nitrococcus</i>
Водородные бактерии	H_2	O_2	H_2O	Представители 20 родов, Грам+ и Грам -
		NO_3^- , NO_2^-	H_2O , NO_2^- , N_2	
Карбоксидобактерии	CO	O_2	CO_2	Некоторые представители <i>Pseudomonas</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Comamonas</i>
Сульфатвосстанавливающие бактерии	H_2	SO_4^{2-}	H_2S	<i>Desulfovibrio</i> , <i>Desulfotommaculum</i> , <i>Desulfonem</i> , <i>Desulfosarcin</i> , <i>Desulfococcus</i>
Марганец окисляющие бактерии	Аккумуляция и отложение $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$ При удалении H_2O_2			Бактерии (цианобактерии, гетеротрофные палочки и кокки), грибы, водоросли

Процессы нитрификации (минерализации органического азота)



Нитрификация



Бактерии семейства
Nitrobacteriaceae

В щелочной среде NH_3 угнетает развитие *Nitrosobacter* и происходит только I фаза нитрификации с накоплением NO_2^- , что возможно в пещерных условиях.

Растительные и животные остатки подвергаются Аммонификации (минерализации N содер. орг. в-в, с выделением аммиака (NH_3))

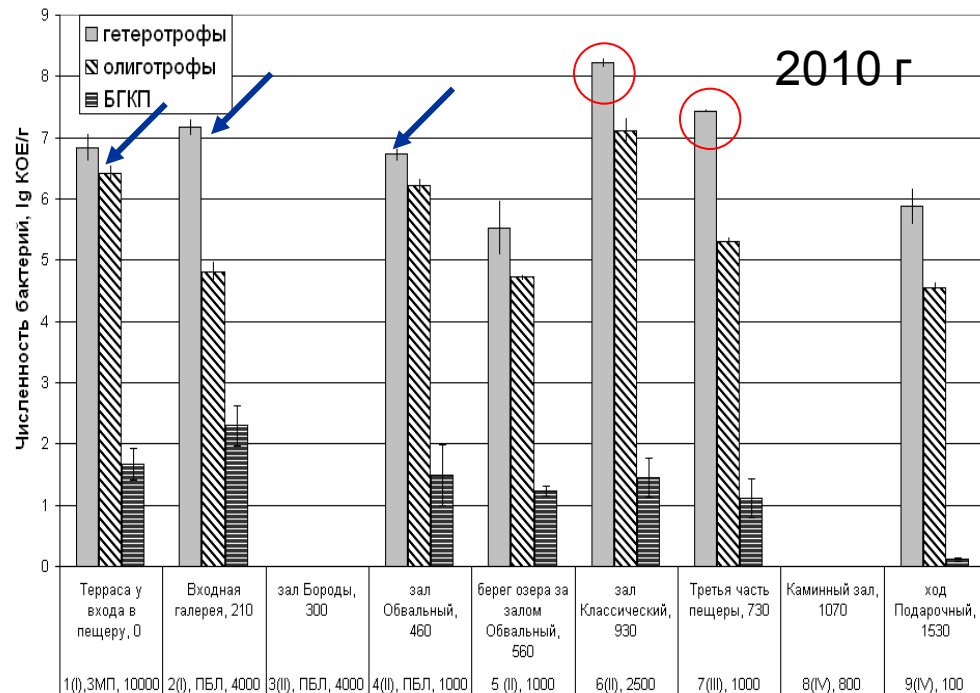
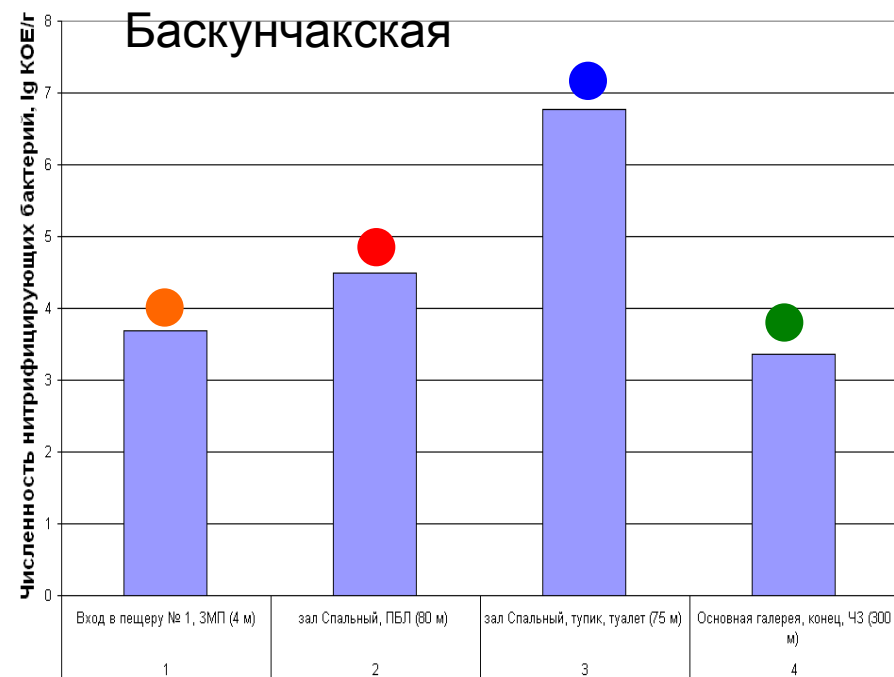
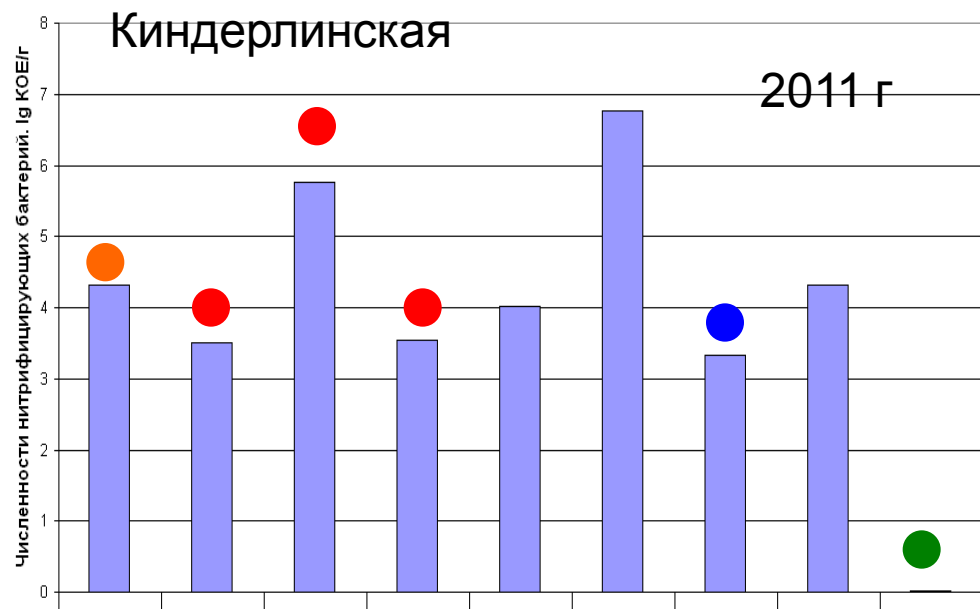
Содержание нитритов и нитратов в воде пещер Шульган-Таш и Киндерлинской

№	Образец	pH	Нитрит NO ₂ ⁻ , мг/л	Нитрат NO ₃ ⁻ , мг/л
1	п. Шульган-Таш, Бурзянский р-н			
	Верхнее дальнее озеро	5,99	-	<<0,5
	Ручей в озерном ходу	5,64	-	<<0,5
	Малое верхнее озеро	6,26	-	<<0,5
	Инфильтрат Лошадки	7,22	-	4,1
	Инфильтрат в зале рисунков	7,40	-	3,1
	Голубое озеро, р Шульга, Портал	6.17	-	9,6
Круглое озеро (мертвое)	7,23	-	4,1	
2	п. Киндерлинская, Гафурийский р-н		-	
	Озеро, зал Обвальный	7.9	-	25,8
	Озеро, ход Подарочный	7.6	-	2,8
	Лужица, Третья часть	7.4	-	19,5
	Капельная лужица, зал Классический	7.2	-	27,8
	ПДК		3	45

Количество анионов Na (нитритов, нитратов) в воде и численность бактерий нитрификаторов в грунте пещеры Киндерлинской

Образец	pH	Нитрит NO ₂ ⁻ , мг/л	Нитрат NO ₃ ⁻ , мг/л	КОЕ/г
Озеро, зал Обвальный	7.9	-	25,8	1,0x10 ⁴
Озеро, ход Подарочный	7.6	-	2,8	1,0
Лужица, Третья часть	7.4	-	19,5	2,2 x10 ³
Капельная лужица, зал Классический	7.2	-	27,8	5,8 x10 ⁶

Численность нитрифицирующих бактерий



Развитие и высокая численность нитрифицирующих бактерий свидетельствует о том, что в грунтах пещер имеется избыток азотистых соединений.

Сульфат окисляющие литотрофные бактерии

Тионовые бактерии распространены в водоемах, почвах и горных породах, как сильнокислых так и в щелочных условиях и вызывают в природе геохимический процесс - сернокислотное выветривание.



H_2S сероводород

SO_3^{2-} сульфит,

$S_2O_3^{2-}$ тиосульфат

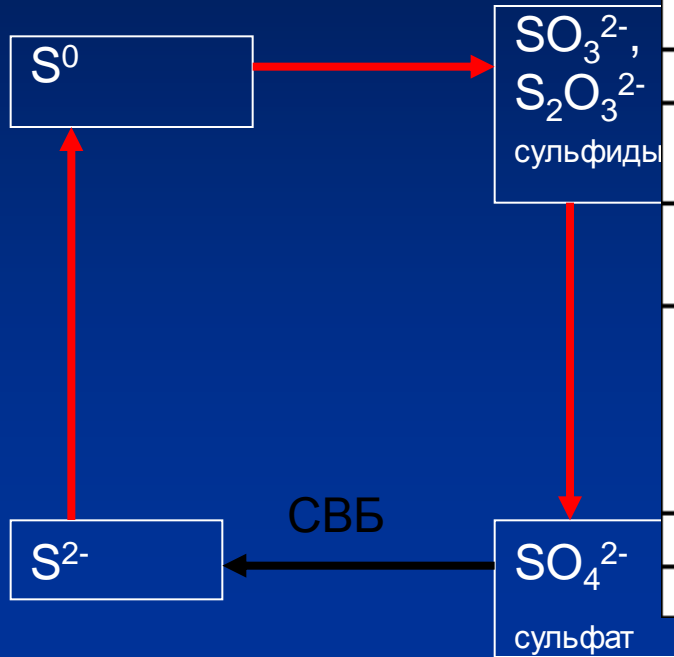
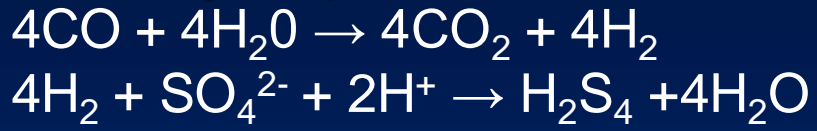
$S_2O_6^{2-}$, $S^4O_6^{2-}$ политионаты

CNS тиоционат

≈ 23 соединения сульфидных минералов (пирит, молибденит, кобальтин и т.д.)

Виды	pH 5-8		pH 1-4
	Денитрификация $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow N_2$		
	NO_2^-	N_2	
<i>T. denitrificans</i>	+	+	
<i>T. thioparus</i>	+	-	
<i>T. tepidarius</i>	+	-	
<i>T. neapolitanus</i>	-	-	
<i>T. capsulatus</i>	-	-	
<i>T. ferroxidans</i>			S^0 , сульфидные минералы, Fe^{2+}
<i>T. thiooxidans</i>			Окисляют только S^0
<i>T. albertis</i>			
<i>T. prosperus</i>			

Сульфатвосстанавливающие литотрофные бактерии



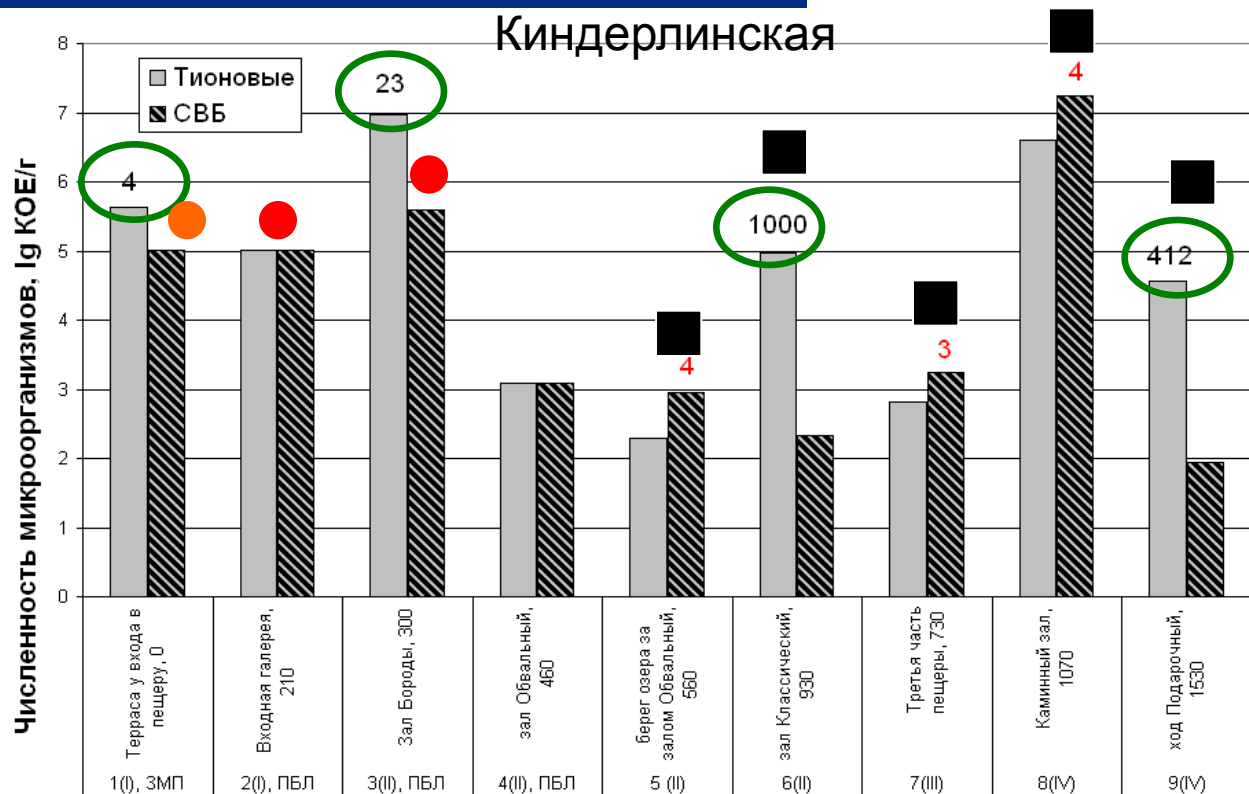
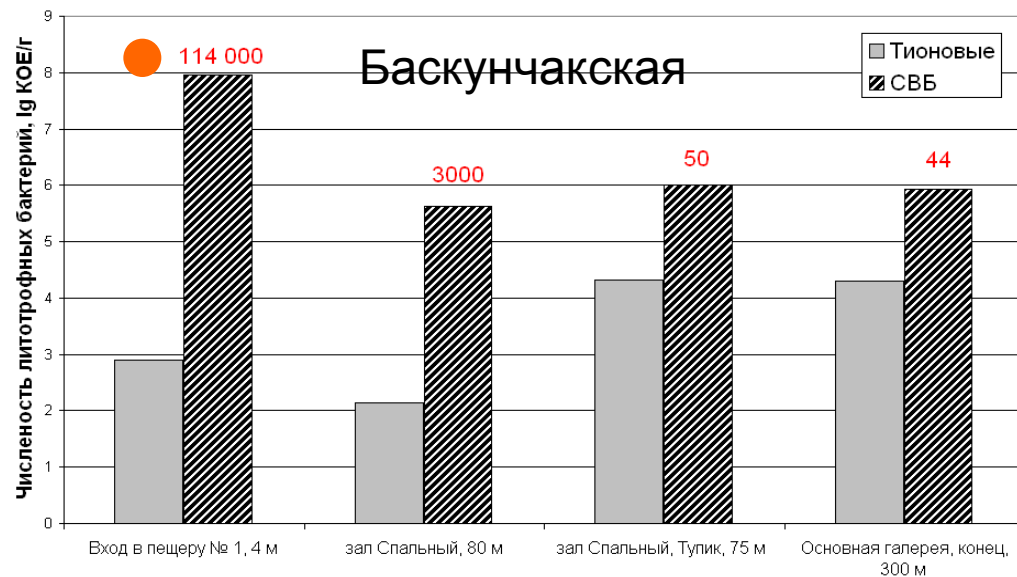
Восстановительный процесс

Характеристика энергетических процессов			Род
донор электронов	акцептор электронов	конечные продукты	
H_2	SO_4^{2-}	H_2S	<i>Desulfovibrio</i> ,
кислоты, спирты	SO_4^{2-}	уксусная к-та, и её соли, CO_2	<i>Desulfotommaculum</i> ,
	S^0 , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ и др		<i>Desulfonem</i> ,
			<i>Desulfosarcin</i> ,
			<i>Desulfococcus</i>
Бактерии	ведущая роль в образовании сероводорода в природе биогенное содонакопление вызывают загрязнение нефтепродуктов и промышленного газа		
Сероводород	В водоемах гибель рыбы, в почвах повреждение растений коррозия металлов а анаэробной зоне		



в лабораторных условиях соль железа добавленная в питательную среду чернеет от образования нерастворимого сульфида железа и выделяется сероводород.

Численность сульфат восстанавливающих и окисляющих литотрофных бактерии в пещерах



Тионовые бактерии
Баскунчакская – 10^2 - 10^4
Киндерлинская - 10^2 - 10^7

Тионовые бактерии
Баскунчакская – 10^2 - 10^8
Киндерлинская – 10^2 - 10^7

Таблица Численность сульфатовосстанавливающих (СВВ) и сероокисляющих (S) бактерий в донных отложениях пещеры Киндерлинская, КОЕ/г

№	Место отбора проб	СВВ	N_r/N_d^*	S -	N_r/N_d
9	Озеро, х. Подарочный	3.5×10^2	- / 4	3.5×10^2	104 / -
7	Ручей, Третья часть	1.1×10^4	- / 6	19	34 / -
6	Лужица, Классический	1.3×10^5	- / 616	2.4×10^4	4 / -
8	Озеро, з. Каминный	1.1×10^7	-	1.8×10^4	217 / -
5	Озеро, за з. Обвальный	8.0×10^2	-	1.8×10^4	- / 90

N_r/N_d – отношение микробного числа «грунт / донные отложения»; «-» - разница незначительна.



Ацидофильные железобактерии и марганцеокисляющие бактерии

Хемоорганогетеротрофы - окисляют Fe^{2+} и Mn^{2+} с последующим отложением нерастворимых окислов вокруг бактериальных клеток при взаимодействии ионов металлов с перекисью, образующейся при окислении органических веществ.

При микробиологическом окислении Mn^{2+} растворимый марганец переходит в нерастворимую Mn^{4+} валентную форму.

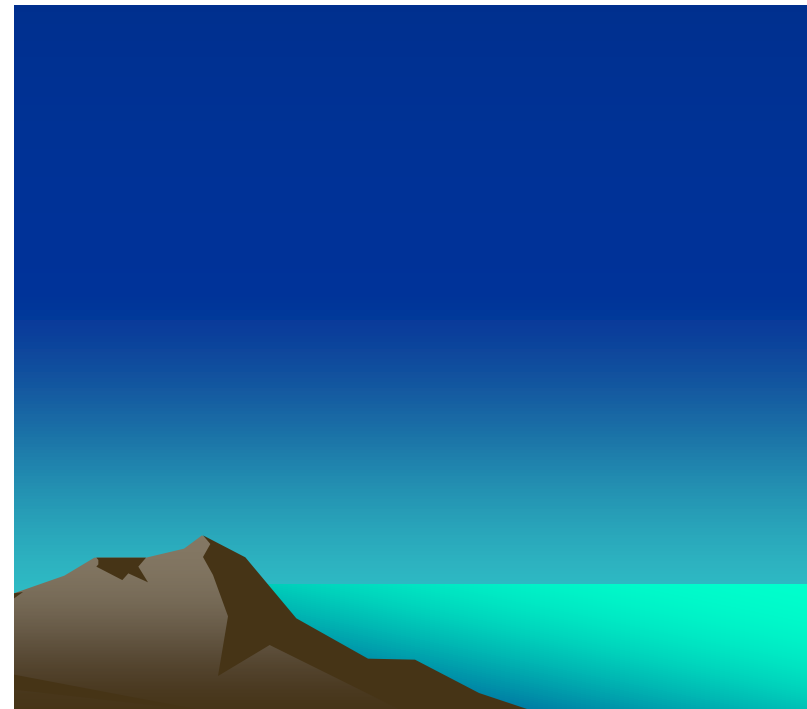
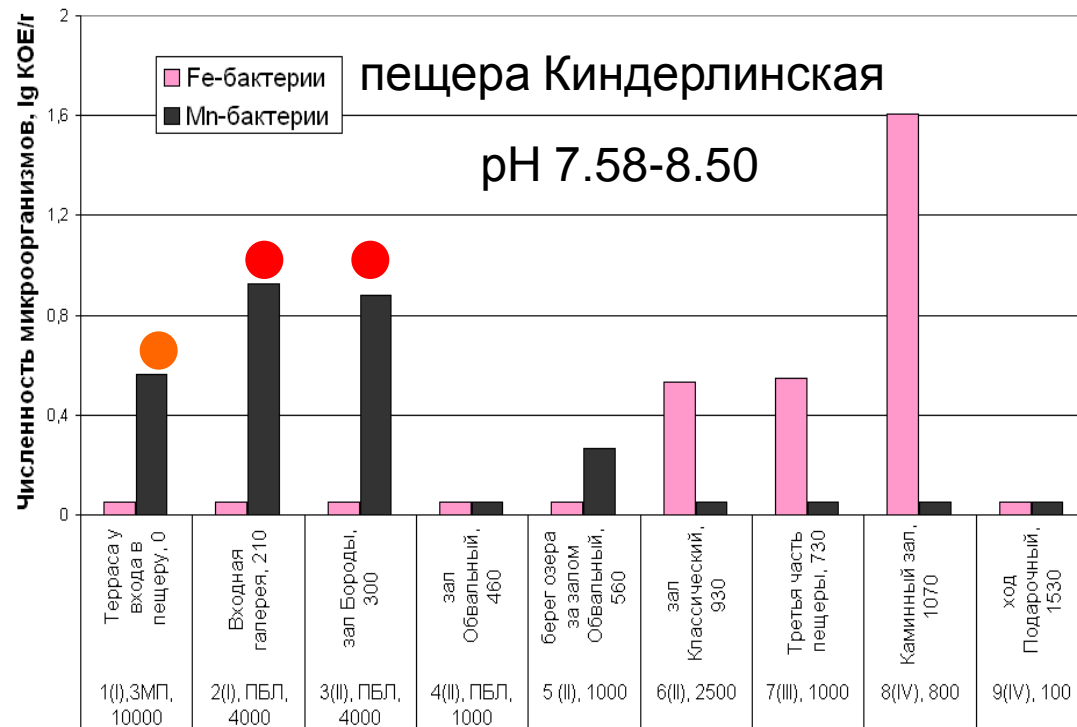
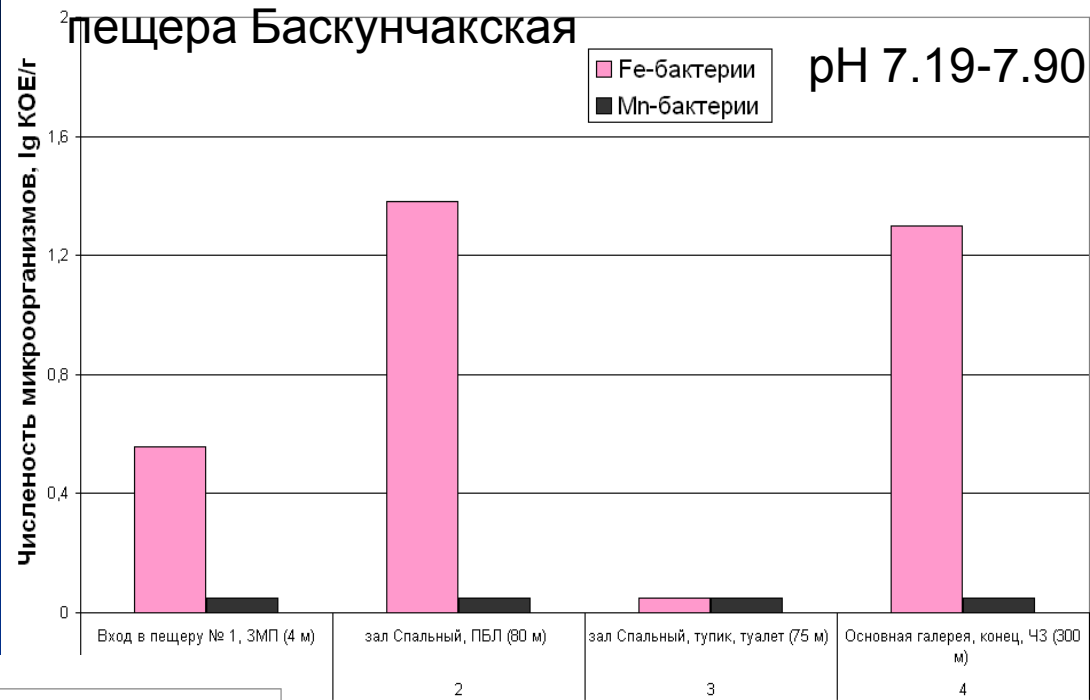
Автотрофные облигатно – ацидофильные железобактерии окисляют железо в средах с низким значением pH (<3,5) и используют эту энергию на хемосинтез. Подземные воды сульфидных месторождений пиритизированные торфяники, железистые источники.



Жидкая среда приобретает желтый цвет от образования оксида железа (Fe^{3+}), на дне появляется рыхлый осадок гидроксида железа.



Численность железо и марганец окисляющие бактерии в грунтах



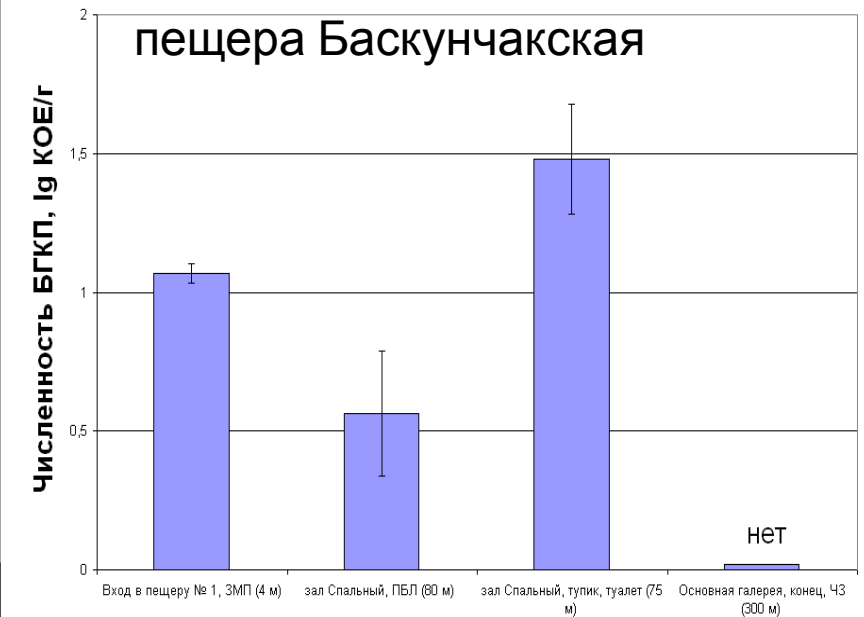
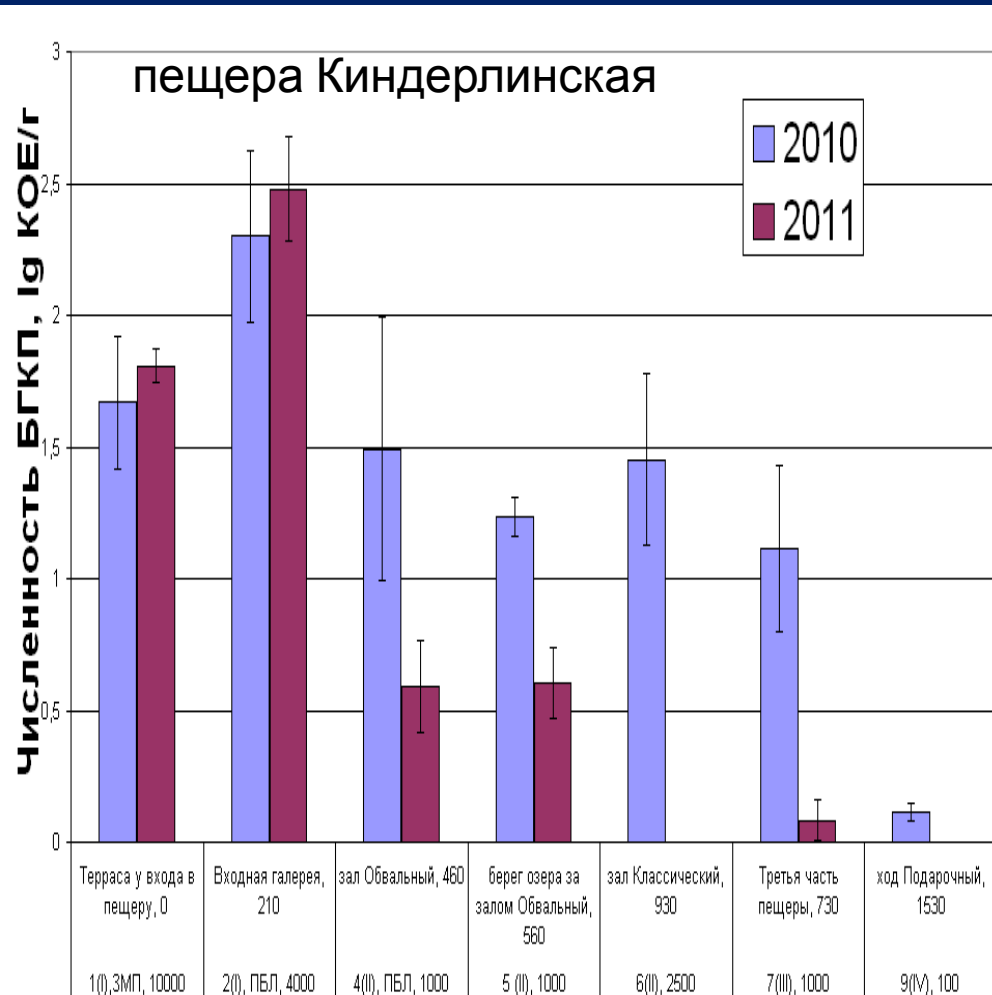
Численность железо и марганец окисляющих бактерии в донных осадках пещеры Киндерлинская

№	Место отбора проб	Fe -	N_T/N_D	Mn -	N_T/N_D
9	Озеро, х. Подарочный	0	—	6,4	- / 6
5	Озеро, за з. Обвальный	0	—	9,3	- / 5
8	Озеро, з. Каминный	21.3	- / 2	3,4	- / 3
6	Лужица, Классический	27.6	8 / -	12,3	- / 12
7	Ручей, Третья часть	7.2	2 / -	2,2	- / 2

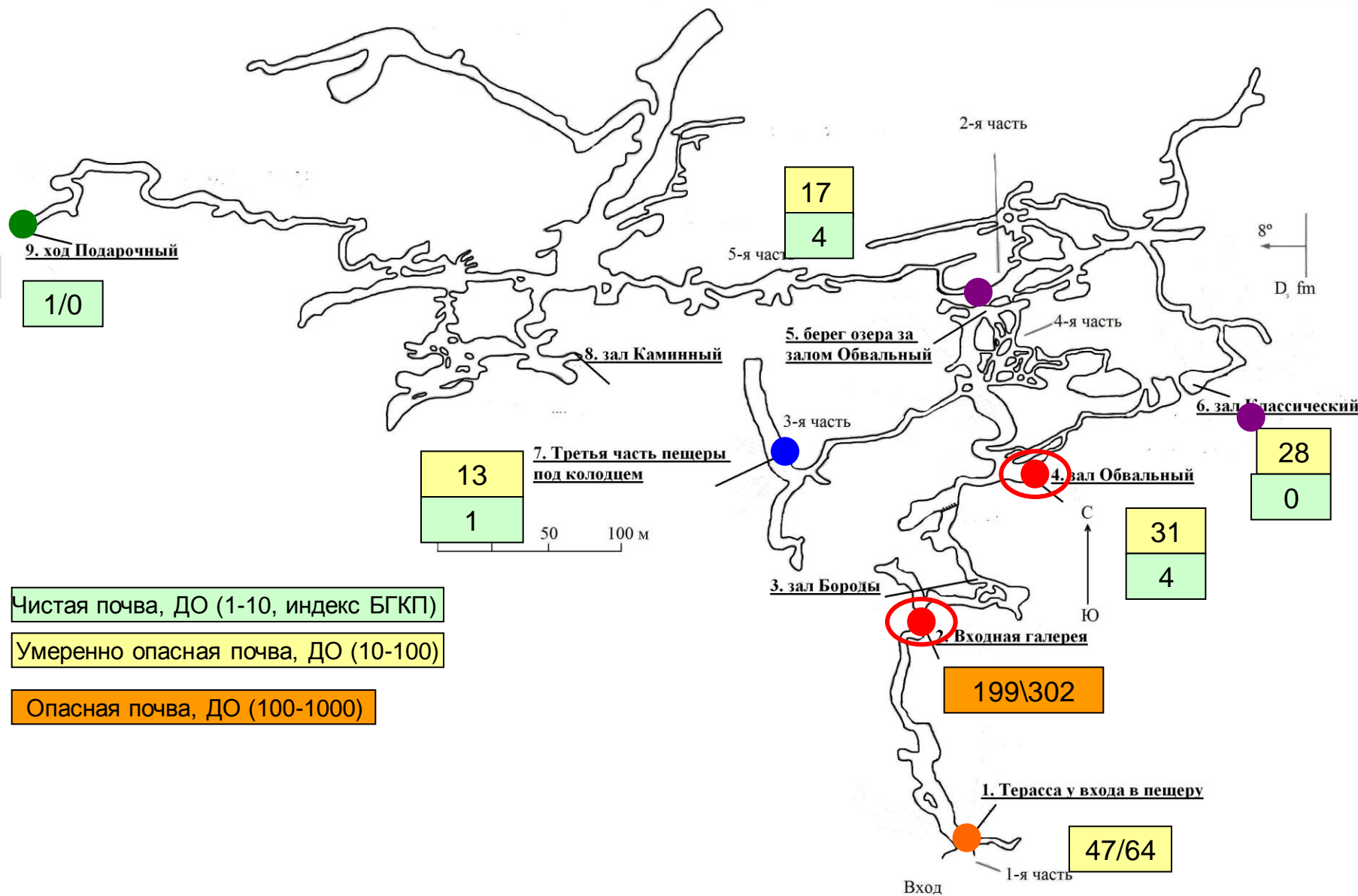
N_T/N_D – отношение микробного числа «грунт / донные отложения»;

«—» - разница незначительна.

Численность бактерий группы кишечной палочки



Оценка эпидемической опасности донных отложений и грунта пещеры Киндерлинская по кишечной флоре (СанПиН 2.1.7.1287-03, СанПиН 4630-88, СанПиН 2.1.4.1175-02)

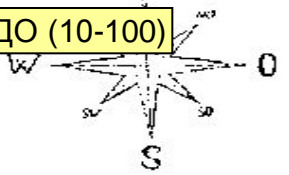


Чистая почва, ДО (1-10, индекс БГКП)

Умеренно опасная почва, ДО (10-100)

4. Основная галерея, конец

0



ПЛАН
п. Баскунчакская
(1480 м).

Основная Галерея

11

1. вход в пещеру № 1

3. зал Спальный,
ТУШЕК

30

2. зал Спальный



3

М 1:1500

Вход №2

ЛАБИРИНТ

САРАТОВ
1991

Вход №3
Вертикальный Шкворец

Вход №3



Выводы

1. Нитрифицирующие бактерии с высокой численностью выделены из пещерных грунтов в зонах с антропогенной нагрузкой или фильтрации поверхностных вод, в местах где имеется избыток азотистых соединений.
2. Тионовые бактерий (рН 6-8) содержатся в грунтах гипсовой п. Баскунчакская в значительно меньшей численности, чем в известняковой спелеосистеме Киндерлинская. Наиболее активно развитие этих бактерий в п. Киндерлинская происходит в привходовой зоне, I части и в наиболее удаленных зонах II, IV частей.
3. В пещере Баскунчакская на входе численность сульфат восстанавливающих бактерий превышает количество сульфат окисляющих (тионовых) в 100 тысяч раз с продвижением в глубь пещеры этот показатель снижается до десятков. Возможно, процессы восстановления соединений серы интенсивнее происходят на входе в пещеру, чем в более удаленных её частях.
 - В пещере Киндерлинская интенсивное развитие сульфатредуцирующих бактерий наблюдается в зонах массового посещения, а превышения их численности по отношению к тионовым бактериям в залах с озерами и ручьями.
4. Пул ацидофильных железоокисляющих бактерии в грунте и донных отложениях обеих спелеосистем составляет несколько десятков клеток на 1 г. Марганецокисляющие бактерии выделены только из пещеры Киндерлинская и приурочены к привходовой зоне, I части и илам неглубоких озер и луж.
5. Бактерии группы кишечной палочки выявлены в части проб грунта обеих пещер, что может представлять опасность для туристов и спелеологов. В пещере Киндерлинская некоторые пробы соответствуют опасной степени загрязнения, а Баскунчакская – умеренно опасные.