

**ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ГРУНТЫ И МИКРОФОРУ ПЕЩЕРЫ
ШУЛЬГАН-ТАШ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

**THE INFLUENCE OF RECREATIONAL LOAD ON THE GROUNDS AND
MICROFLORA OF SHULGAN-TASH CAVE (SOUTH URAL)**

Л.Ю. Кузьмина, Л.В. Сидорова, А.С. Рябова

L.Y. Kuzmina, L.V. Sidorova, A.S. Ryabova

Уфимский Институт биологии РАН, г. Уфа, ljkuz@anrb

Для грунтов пещеры существует прямая связь рекреационной нагрузки с содержанием органических компонентов (органического углерода, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора), ферментов (уреазы, инвертазы) и численностью микроорганизмов. Под воздействием рекреационной нагрузки в грунтах пещеры в десятки и сотни раз увеличивается численность гетеротрофных, олиготрофных бактерий и микромицетов.

Ключевые слова: пещерные почвообразующие породы, физико-химический состав, микроорганизмы, рекреационная нагрузка

Актуальность Карстовые системы обладают уникальностью, которые определяются мезо- и микроклиматом, рельефом и гидрогеологической сетью, почвообразующими породами, нарушениями вертикальной поясности, растительностью и живыми организмами. Рекреационные нагрузки оказывают влияние на состояние грунтов пещер через их переуплотнение, перемешивание, загрязнение органическими и неорганическими (химическими) соединениями. Привнесенные вещества аккумулируются в грунтах, увеличивая в них содержание минеральной и органической составляющей. Рекреационные нагрузки оказывают влияние на микрофлору грунтов, изменяя численность микроорганизмов, при этом идет развитие и сохранение в них посторонней микробиоты в том числе и патогенной [1-2].

Пещера Шульган-Таш (Капова) одна из самых известных пещерных систем России, археологический памятник мирового значения с палеолитической живописью. Пещера частично открыта для посетителей, экскурсионный маршрут занимает 19% от её общей площади. В 2014 году пещеру посетило более 32 000 чел.

Целью настоящей работы было определение влияния рекреационной нагрузки на микрофлору и состояние грунтов пещеры.

Объекты и методы исследования Пещера Шульган-Таш расположена в массиве Терминтау (Республика Башкортостан). Она сформирована в карстовом массиве на правом склоне долины р. Белой, сложенными массивными известняками визейского яруса нижнего карбона, возраст пород C1v. Участок пещеры сложен нижнекаменноугольными серыми хемогенными известняками. Пещера представляет собой систему галерей, коридоров и залов, расположенных на трех гипсометрических уровнях. Общая длина пещеры 3 045 м, амплитуда 165 м [3]. Верхние каменистые склоны долин покрыты маломощным плащом примитивных горно-лесных почв. В окрестностях пещеры почвы горно дерново-карбонатные неполноразвитые. Преобладающий тип растительности – вторичные светлохвойно - мелколиственные леса сибирского типа (в древостое преобладают береза, сосна, осина) [4].

Исследования производили в разных частях пещеры, на тропах и за их пределами (полочки и ниши - нехоженные места). Для грунтов определяли рН водной вытяжки, химические показатели ($C_{орг}$ по методу Тюрина с окончанием по Орлову и Гриндель, щелочногидролизуемый азот по Корнфильду, подвижный фосфор методом Кирсанова и Чирикова, валовой фосфор по Гинзбург), активность ферментов (уреазы и инвертазы по Щербаковой). Учет численности микроорганизмов в грунте осуществляли методом посева почвенной суспензии на твердых или жидких питательных средах: гетеротрофные бактерии на мясо пептонной, олиготрофные – голодной, микромицетов – среде Чапека, нитрифицирующие бактерии - среде Виноградского, тиновые - среде Бейеринка [5].

Обсуждение результатов Пещерные грунты представляют собой карбонатный элювий [3], что обуславливает их щелочную реакцию. В грунтах пещеры значение рН водной вытяжки изменялось в диапазоне 7.9–8.2, а на поверхности пещерного массива - 5.4-6.4 (табл.). Щелочную реакцию почвенный раствор приобретает благодаря наличию в грунтах карбонатов или бикарбонатов натрия и карбонатов кальция.

В грунтах на тропах содержание органического углерода в 2-3 раза и щелочногидролизуемого азота в 1.5-2 раза больше, чем в ненагруженных местах пещеры (табл.). Содержание азота повышено за счет наличия легкогидролизуемых азотсодержащих соединений. Источником азота в грунтах являются белки и их дериваты, прочно сорбированные аминокислоты, органические азотсодержащие основания и их соединения, продукты метаболизма микроорганизмов, привнесённые с поверхности растительные остатки.

Таблица. Физико-химическая, микробиологическая характеристика грунтов пещеры и почв в окрестностях пещеры

Характеристика грунтов: физико – химическая / численность микроорганизмов (КОЕ/г почвы): бактерии	рекреационная нагрузка (глина с троп)		без рекреационной нагрузки (глина «такыр»)		почвенный фон (окрестности пещеры)	
	зал Купольный	зал Рисунков	зал Рисунков, Ю. стена	зал Радужный, В. стена	горно-лесная	темно-серая лесная
влажность, %	20.42	26.02	27.85	29.38	нд	нд
pH, H ₂ O	8.17	8.09	8.21	7.98	5.4-5.5	5.6-6.4
C орг, %	0.47	0.33	0.16	0.21	нд	нд
N _{щелоч.} , мкг/кг	28	28	14	21	0.5-3.4 ^a	1.0-2.6 ^a
уреаза, мг NH ₃ /г×3 ч	0.041	0.037	0.022	0.023	0.045 ^b	нд
инвертаза, мг-экв глюкозы/г×4 ч	5.98	7.22 (1.2 ^a)	1.81	1.99	21.31 ^b	нд
подвижный фосфор, мг P ₂ O ₅ /100 г	4.45	0.88	0.34	0.34	0.5-3.4	1.0-2.6
валовой фосфор, мг P ₂ O ₅ /100 г	0.052	0.068	0.054	0.048	78-133	96-184
гетеротрофы	7424 тыс	9544 тыс	1210 тыс	817 тыс	24324 тыс	нд
олиготрофы	3603 тыс	2437 тыс	208 тыс	270 тыс	52431 тыс	нд
нитрификаторы	5	1	0	0	нд	нд
тионовые	23	561	30	0	нд	нд
микромикеты	810	22 тыс	2 тыс	70	6 752 тыс	нд

^a в поверхностном слое глины такыр; ^b почвообразующий горизонт; нд – нет данных; тыс – тысяча.

В грунтах на тропах повышено содержание подвижного фосфора в 2.5-13 раз по сравнению с ненарушенными грунтами (табл.). Содержание подвижного фосфора в грунтах определяется наличием активных фосфатов в рыхлосвязанных формах и легкогидролизуемых соединений железа и кальция. По валовому фосфору грунты троп и

чистых зон не отличаются. Высокая уреазная и инвертазная активность в нагруженных участках связана с наличием тонкодисперсных частиц (монтмориллонит, каолинит и др.) и илистой фракциями грунтов, которые с большой скоростью адсорбируют ферменты [6]. Ферменты вытесняют катионы, насыщая поглощающий комплекс, что говорит в пользу механизма биокристаллизации кальцитов. Полисахариды, являясь источниками энергии, контролируют активность микроорганизмов и реорганизацию грунтового азота. Обогащённость почвы углеводами изменяется в зависимости от водного и воздушного режимов, отражая специфику их трансформации в различных экологических условиях. Так, под коркой глины Такыр инвертазная активность в 1.5 раза выше, чем в поверхностном слое.

Оценка численности микроорганизмов в грунтах пещеры показала влияние рекреационной нагрузки на их содержание. В рекреационно нагруженных зонах пещеры численность гетеротрофных и олиготрофных бактерий в 6-17 раз больше, чем в зонах с незначительной нагрузкой (табл.). Рекреационная нагрузка на грунты пещеры повышала численность микромицетов в более широком диапазоне до 11-300 раз. Не высокая численность микроскопических грибов в грунте тропы зала Купольный, возможно, объясняется меньшей влажностью, чем в других зонах наблюдений. В грунтах троп присутствуют тионовые бактерии и нитрификаторы, которых значительно меньше или нет в чистых зонах. В почве на поверхности численность бактерий и микромицетов больше, чем в грунтах пещеры с рекреационной нагрузкой.

Выводы. Для грунтов пещеры существует прямая связь рекреационной нагрузки с содержанием органических компонентов (органического углерода, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора), ферментов (уреазы, инвертазы) и численностью микроорганизмов. Под воздействием рекреационной нагрузки в грунтах пещеры увеличивается в десятки и сотни раз численность гетеротрофных, олиготрофных бактерий и микромицетов.

Литература

1. Northup D., Beck K., Mallory L. Human impact on the microbial communities of Lechugilla Cave: Is protection possible during active exploration // NSS Conventional Abstracts. Jour. Of Cave and Karst and Studies. 1997, December. P. 166.
2. Кузьмина Л.Ю., Галимзянова Н.Ф., Абдуллин Ш.Р., Рябова А.С. Микробиота пещеры Киндерлинская (Южный Урал) // Микробиология. 2012. Т. 81. №2. С. 273-281.
3. Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Карст и спелеология // Карст Башкортостана. Под ред. Р. Ф. Абдрахманова. Уфа.: Информреклама, 2002. 301-340 с.

4. Махонина Г.И., Валдайских В., Сайфуллина Н.М. Горно- лесные почвы заповедника «Шульган – Таш». Уфа.: Информреклама, 2010. 214 с.
5. Практикум по микробиологии / Под. ред. Нетрусова А.И. М.: Академия, 2005. 608 с.
6. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении Ереван. Айастан, 197. 275 с.

Summary

There is the direct relationship between the recreational load and content of organic components (organic carbon, alkali-hydrolyzed nitrogen, labile phosphorous), enzymes (urease, invertase) and microbial abundance. The numeration of heterotrophic and oligotrophic bacteria as well as micromycetes in cave grounds increases in tens and hundreds of times affected by recreational load.

Keywords: cave parent rock materials, physic-chemical composition, microorganisms, recreational load