

## АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ СРЕДЫ В ПЕЩЕРАХ РОССИИ

*Е.В. Трофимова*

Институт географии РАН,  
Россия, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29; *e.trofimova1@gmail.com*

**Резюме.** Опираясь на многолетние экспедиционные исследования, предложена комплексная методика оценки изменений состояния подземной среды в пещерах под влиянием антропогенной нагрузки. Рассматриваются антропогенные изменения в состоянии пещер по основным природным компонентам: рельефу, водным объектам, атмосфере, растительному покрову и животному миру, а также исследуются культурные аспекты использования подземных полостей человеком. На примере пещеры Новомурадымовская, расположенной на территории природного парка «Мурадымовское ущелье» (Южный Урал), дается комплексная оценка степени нарушенности подземной среды.

**Ключевые слова.** Подземная среда, изменения, пещера Новомурадымовская, Южный Урал.

## ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL CHANGES IN CAVES OF THE RUSSIA

*E.V. Trofimova*

Institute of Geography RAS,  
29, Staromonetny, 119017, Moscow, Russia; *e.trofimova1@gmail.com*

**Summary.** A complex approach to assess the cave environmental changes under influence of anthropogenic factors based on the long-term field investigations is suggested. The anthropogenic disturbances relating to relief, water objects, air quality, vegetation and fauna (as the main geographical components of the cave environment), as well as the cultural aspects of recent cave use are considered. The possibility to assess the underground state degradation is discussed by an example of cave Novomuradimovskaya (Natural Park “Muradimovskoe ushelie”, Southern Ural).

**Keywords.** Underground environment, cave disturbances, cave Novomuradimovskaya, Southern Ural.

### Введение

Одним из интересных и удивительных творений природы являются пещеры: пещера – это «Естественная подземная полость, доступная для проникновения человека, имеющая не освещенные солнечным светом части и длину (глубину) больше, чем два других измерения» (Тимофеев и др. 1991, с. 121-122). Пещеры всегда притягивали к себе исследователей, местных жителей, туристов и т.д. своей загадочностью, темнотой и таинственностью. В настоящее время на территории России обнаружено и описано около 7 тысяч

пещер, преимущественно карстового генезиса. Имеются как огромные по своим размерам горизонтальные подземные полости (к примеру, пещера Большая Орешная в Восточном Саяне, раскинувшая свои подземные галереи более чем на 58 км), так и протяженные вертикальные системы (глубина колодцев шахты Кекташ на Алтае достигает 350 м). Украшением многих подземных полостей являются образованные из переотложенного кальцита живописные натечные образования в виде сталактитов, сталагмитов и сталагнатов. Здесь же протекают подземные реки, с водопадами и «бездонными» озерами. А в условиях континентального климата региона широкое распространение в пещерах получили подземные наледи, и даже ледники (Абдрахманов и др., 2002; Трофимова, 2007; и др.).

Как показали результаты экспедиционных работ, в последние десятилетия в условиях все возрастающего антропогенного воздействия во многих подземных полостях России происходит значительная деградация подземной среды (Цыкин, Цыкина, 2002; Лавров, 2003; Трофимова 2012; и др.). Поэтому изучение изменений состояния подземной среды в пещерах под влиянием антропогенной нагрузки представляется актуальным и целесообразным. Целью представляемых исследований было разработать единый подход к оценке таких изменений, для чего было необходимо, с одной стороны, обобщить многочисленные виды нарушений подземной среды в пещерах, а с другой - научно обосновать их типизацию и охарактеризовать посредством репрезентативных показателей. Отдельное внимание было уделено выработке бальной системы степени нарушенности подземной среды.

## Методы и материалы

Изменения подземной среды пещер предлагается характеризовать показателем, включающим оценку изменений в состоянии следующих основных географических компонентов: рельефе, водных объектах, воздухе, растительности и животном мире. Отдельно рассматривается культурный аспект использования пещер человеком.

Изменения в состоянии **пещерного рельефа** («Рельеф пещерный. Син.: спелеорельеф» (Дублянский, Андрейчук, 1991, с. 126), это - «Совокупность макро-, мезо- и микроформ, встречающихся под землей (пещер в целом и элементов их морфологии)» (Тимофеев и др., 1991, с. 169) оцениваются по следующим показателям.

1. Изменения размеров подземной полости:

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

2. Деформации 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.;

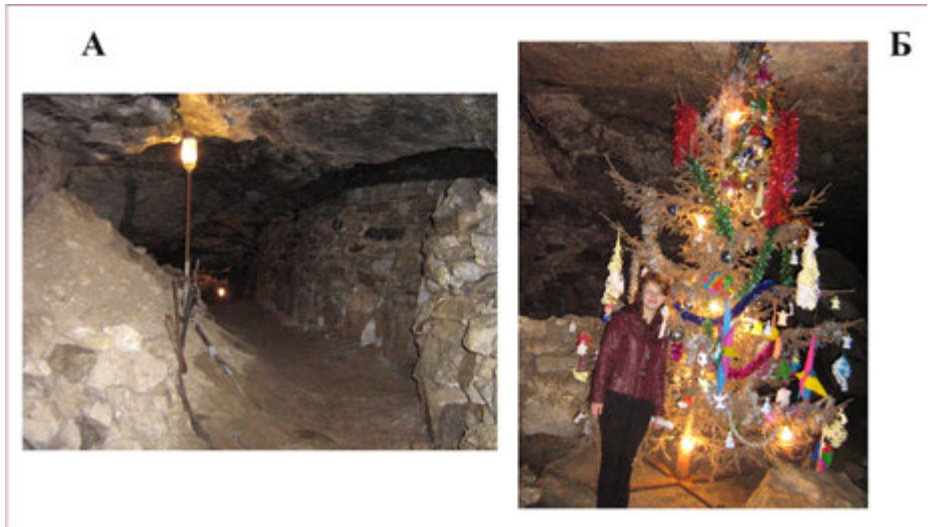
е) органогенных отложений: сбор в пещерах гуано, отбор остеологического материала;

ж) антропогенных отложений (культурного слоя): заложение археологических шурфов, а также мусорных ям.

3. Наличие искусственных сооружений: лестниц, обзорных площадок, систем освещения, туристических дорожек, аттракционов (рис. 2) и т.д.



**Рисунок 1.** Переоборудованные входы в пещеры: А – Мечта (зап. побережье оз. Байкал) и Б – Новомурадымовская (Южный Урал) (здесь и далее фото – автора)



**Рисунок 2.** Кунгурская пещера: А – система освещения и Б – круглогодичный туристический новогодний аттракцион (Средний Урал)

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

1. Загрязнением 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 анализов в научных лабораториях.

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

Нарушения состояния **воздуха пещер** обнаруживается по двум основным характеристикам:

1.Наличию ярко выраженного запаха гниения или испарения нефтепродуктов;

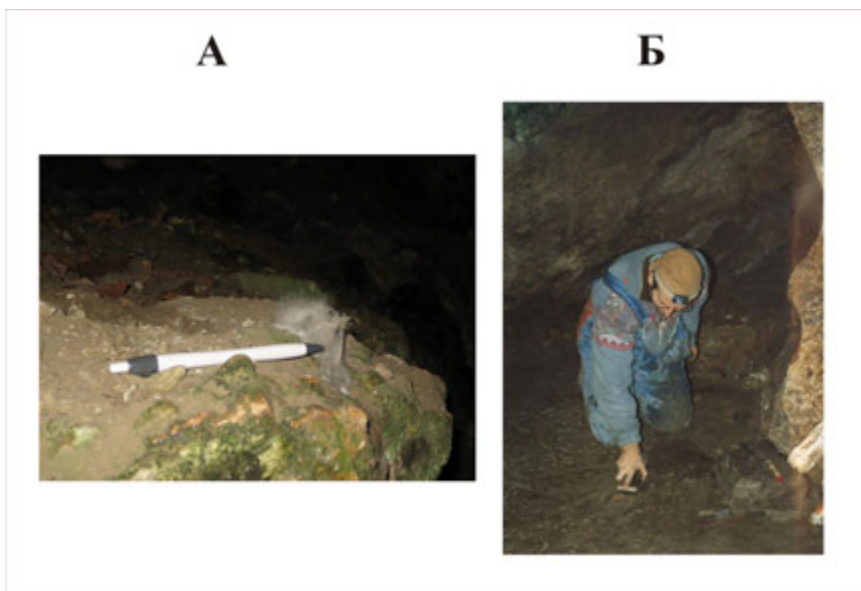
2.Резкому росту содержания углекислого газа в воздухе подземной полости, отмечающейся после посещений ее большими туристическими группами.

Нарушения **растительности и животного мира** включают:

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

2) появление плесневых грибов – представителей родов *Trichoderma* (рис. 3А, Б), *Alternaria*, *Stachybotris*, *Aspergillus*;

3) нарушения состава пещерной фауны: изменения количества (уменьшение либо полное исчезновение) колоний рукокрылых и/ или троглобионтов (Попов и др., 2009).



**Рисунок 3.** А - Плесневые грибы - представители рода *Trichoderma* в пещере Мал Байдинская (зап. побережье оз. Байкал) и Б – отмывание плесени на полу пещеры Караульная (фото И. Бурмак)

**Культурный аспект использования пещер** человеком выделяется по следующим показателям:

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

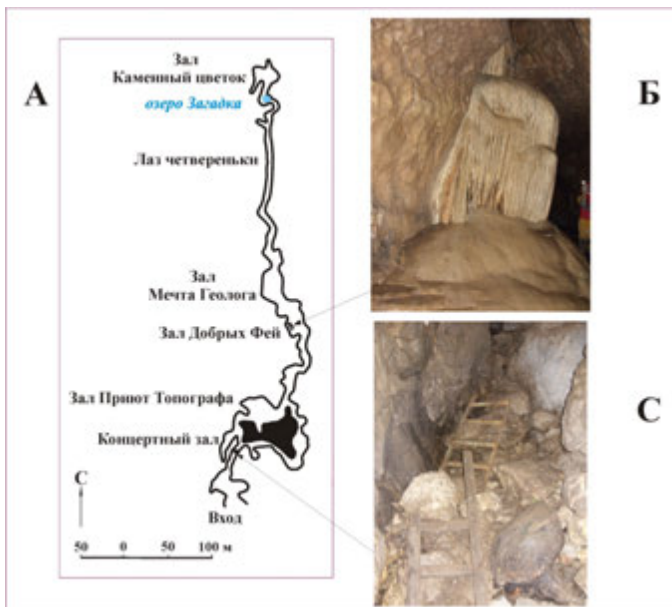
2. Присутствие надписей краской на стенах и потолках пещер, а также современные граффити.

Показатели нарушений состояния подземной среды были оценены по бальной системе: 1 балл – слабая, 2 – средней интенсивности, 3 – значительная. Все баллы по каждому показателю суммируются. Общий показатель 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).

## Результаты

Практическое применение нового подхода к оценке изменений состояния подземной среды – с использованием показателей нарушения ее состояния – рассмотрим на примере пещеры Новоурадымовская, обнаруженной в 1991 г. на территории природного парка «Мурадымовское ущелье», расположенного на Южном Урале в 300 км на юго-восток от г. Уфа.

Общая протяженность пещеры Новоурадымовская составляет более 2 км при глубине в 108 м. Это подземная полость с чарующими названиями подземных залов – Зал Добрый Фей, Зал Концертный, Зал Каменный Цветок и т.д. (рис. 4А). Стены полости инкрустированы экзотическими натечно-капельными образованиями (рис. 4Б), а на дне протекает ручей с расходом в паводок до 50 л/с. В ее дальней части расположено небольшое озеро.



**Рисунок 4.** Пещера Новоурадымовская: А – план (по Абдрахманову и др., 2002, с. 328, с поправками), Б – натечные образования и С – деревянная и металлическая лестницы

В начале 2000-х годов вход в подземную полость был оснащен металлической решеткой, запирающейся на замок. Для спортивного прохождения пещеру оборудовали системой стационарных деревянных и металлических лестниц (рис. 4С).

В целом, в связи с возможностью посещения пещеры без специальной спортивной подготовки, количество туристов в летний период в последние годы превышает 200 человек в сутки. Поэтому подземная среда Новоурядимовской уже сейчас претерпела наблюдаемые изменения (табл. 1). Естественный вход в подземную полость на дне карстовой воронки обезображен старой искореженной решеткой (рис. 1Б). В непосредственной близости от входа наблюдается бытовой мусор: пластиковые бутылки, фантики от конфет, шоколадок т.д., а также современные граффити.

Таблица 1. Нарушенность подземной среды пещеры Новоурядимовская

Географический компонент	Описание нарушения	Баллы
<b>Рельеф</b>	Переоборудованный естественный вход, деревянные и металлические лестницы	2
<b>Водные объекты</b>	Без изменений	-
<b>Воздух</b>	Без изменений	-
<b>Растительность и животный мир</b>	Плесневые грибы	1
<b>Культурный аспект</b>	Бытовой мусор, Современные граффити	2 1

В настоящее время пещера Новоурядимовская характеризуется слабой нарушенностью, но общий показатель изменения ее подземной среды составляет уже 6 баллов.

## Дискуссия

Первое упоминание о пещерах России находим в Новгородской первой летописи... (1950, с. 86): 23 января 1268 г. во время боя при Раковере была найдена пещера, и «в нее же множество Чуди влезши; и было нельзя их взять..., тогда мастер... пустил на пещеру воду, Чудь же побежала сама вон». За прошедшие столетия в пределах рассматриваемой территории были выявлены и описаны тысячи интересных пещер, но наиболее активное исследование подземных лабиринтов пришлось на вторую половину XX века (Абдрахманов и др., 2002; Трофимова, 2011; и др.). В этот период во многих крупных городах России (Москве, Перми, Новосибирске, Красноярске и т.д.) появились областные спелеологические клубы, основанные спортсменами-энтузиастами, которые, в свою очередь, способствовали росту общественного интереса к пещерам. И уже в «нулевых» спелеологами стали отмечаться значительные изменения в состоянии подземных систем под влиянием антропогенной нагрузки. Последнее предопределило появление немногочисленных, указанных во Введении, исследований, отражающих эти изменения по отдельным показателям: преимущественно описывались скопления бытового мусора, а также отмечалось уменьшение, и даже полное исчезновение, в пещерах «коренных обитателей» – летучих мышей.

Знаковым для российской спелеологии стала научно-практическая конференция «Пещеры: охрана, история исследований, культура, туризм, современное состояние и перспективы научных исследований в пещерах на территории бывшего СССР» (2008 г.), которая была посвящена 50-летию спелеологического движения в пределах бывшего СССР. На этой конференции, на примере одной пещеры – Караульной, расположенной на окраине г. Красноярска, наглядно было продемонстрировано колоссальное негативное антропогенное влияние на состояние подземной среды. За период с начала 1960-х по 2003 год в исследуемой подземной полости:

- Уничтожена естественная органика пещеры и заменена на привнесенную, существующую на питании отходами, оставленными посетителями;
- Пещеру практически покинули летучие мыши: в начале 2000 годов наблюдалось всего до десятка особей;
- Изуродовано и расхищено натечное убранство пещеры;
- Закиданы глиняными «снежками» недоступные стены и своды пещеры;
- Вытоптаны напольные отложения: в залах Очарования, Капельный, Глиняный;
- Загрязнены глиной от прикосновения посетителей натечные покровы стен и кальцитовые формы (сталактиты, пагоды, сталагмиты);
- Пещера замусорена останками стоянок, пищевыми отходами, банками и стеклами от разбитых бутылок;
- У входа в перу, в залах Ледовом и Очарования, посетителями оставлены надписи: как краской, так и путем нацарапывания;
- Вследствие нарушения микроклимата в конце 70-х годов, растаяла многолетняя наледь, и наблюдается постепенное протаивание и опускание грунта в зале Ледовый;
- Территория перед пещерой была превращена в свалку мусора, который периодически закапывался в ямы» (Бурмак, 2009, с. 179-180).

С другой стороны, для пещеры Караульная были показаны этапы ее превращения в музей после огромных по объему восстановительных мероприятий – «стены очищались от надписей из краски вручную металлическими щетками; отмыты от копоти и загрязнений стены...» (Бурмак, 2009, с. 182) с открывающимися возможностями организации в подземной полости стационарных научных исследований.

После 2009 г. в России началась активная разработка спелеотуристических маршрутов: как на Дальнем Востоке (Голубничая, 2013), так и в пределах Европейской части России (Ляхницкий, 2016), причем маршруты, предложенные Санкт-Петербургским отделением комиссии карстоведения и спелеологии РГО, руководимым Ю.С. Ляхницким, располагаются на территориях подземных музеев: Саблинский памятник природы (Санкт-Петербург), Воронцовская система пещер (Сочи), Капова пещера (Башкортостан), Староладожская-Таничкина и Святая пещеры (Ленинградская обл.), Аскинская ледяная пещера (Башкортостан), горный рудник по добыче гипса близ Арзамаса, пещера Михайло-Афонская Закубанская Пустынь (Адыгея), Борнуковская пещера в Нижегородской области и горный парк «Рускеала» (Северное Приладожье).

Авторы этих разработок отмечают необходимость регулирования потоков посетителей, а также важность наблюдений за состоянием подземной среды.

Но вопросы оценки влияний этих посещений на экологическое состояние пещер ими не рассматриваются вообще.

В 2012 году Ш.Р. Абдуллиным была предпринята попытка качественно описать загрязнения в подземных полостях (Абдуллин, 2012). Исследователем было выделено четыре типа таких загрязнений: механическое (остатки одежды, снаряжения, упаковочные материалы), химическое (батарейки, отработанный карбид, окурки, сухое горючее, свечи и т.д.), физическое (световое и тепловое), а также биологическое (остатки жизнедеятельности, пищи и др.). Фактически, загрязнения пещер, охарактеризованные Ш.Р. Абдуллиным, относятся в предлагаемом в настоящей статье подходе к культурному аспекту. За исключением светового и теплового загрязнения, которое в нашем случае находит отражение в появлении в пещерах фототрофов - ламповой флоры, т.е. в наличии в подземной полости изменений в состоянии растительности.

### **Заключение**

Представленная статья, в которой рассматриваются возможности как качественной, так и количественной оценки изменений состояния подземной среды в пещерах России, является пионерной в спелеологии. Все нарушения подземной среды подразделены на пять категорий: в рельефе, водных объектах, воздухе, растительности и животном мире; отдельно рассматривается культурный аспект использования пещер человеком. А на примере пещер удивительного уголка природы – пещеры Новомурадымовская, расположенной на территории живописного природного парка Южного Урала - «Мурадымовское ущелье», осуществлена апробация комплексного подхода к оценке изменений подземной среды в пещерах. Рассматриваемый подход может послужить основой для разработки Экологических паспортов карстовых пещер, с оценкой степени нарушенности их подземной среды. Природа создала пещеры тысячелетиями, а человек может уничтожить это богатство за одно поколение.

### **Список литературы**

Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И. 2002. Карст Башкортостана. – Уфа, Информреклама, 383 с.

Абдуллин Ш.Р. 2012. Особенности загрязнения экосистем пещер. – В кн.: Спелеология и спелестология. – Набережные Челны, Набережночелнинский государственный педагогический университет, с. 216-217.

Бурмак И.Н. 2009. Научно-рекреационный природоохранный комплекс «Пещера Караульная» - итоги пятилетней работы. – В кн.: Пещеры: охрана, история исследований, культура, туризм, современное состояние и перспективы научных исследований в пещерах на территории бывшего СССР. – Красноярск, ООО «Поликом», с. 178-188.

Голубничая Е.Е. 2013. Экологические проблемы использования пещер в качестве объектов туризма. – Стратегия устойчивого развития регионов России, № 15, с. 126-130.

---



Дублянский В.Н. Андрейчук В.Н. 1991. Терминология спелеологии. – Кунгур, УрО АН СССР, 202 с.

Лавров И.А. 2003. Использование и охрана подземных пространств Урала и Приуралья. - В кн.: Кунгурская ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности. – Кунгур, Звезда, с. 250-256.

Ляхницкий Ю.С. 2016. Десять проектов подземных музеев комиссии карстоведения и спелеологии РГО. – В кн.: Пещеры как объекты истории и культуры. – Воронеж, ООО ИПЦ «Научная книга», с. 150-154.

Новгородская первая летопись старшего извода. 1950. – М. – Л., АН СССР, 649 с.

Попов Ю.И., Ковалев Д.Н., Островский А.Н. 2009. Звери подземелья. – Природа, № 9, с. 59-67.

Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. 1991. Терминология карста. – М., Наука, 260 с.

Трофимова Е.В. 2007. Карст Сибири и Дальнего Востока: опыт использования. –Изв. РГО, т. 139, вып. 6, с. 47-57.

Трофимова Е.В. 2011. История открытий и изучения пещер в России до 1845 г. –Изв. РГО, т. 143, вып. 6, с. 65-69.

Трофимова Е.В. 2012. К вопросу об информативных показателях состояния антропогенно-преобразованных пещер. - В кн. Время. Ландшафт. Культура. – СПб, Астерион, с. 185-187.

Цыкин Р.А., Цыкина Ж.Л. 2002. Значение, экологические обстановки и вопросы охраны пещер Южной Сибири. – В кн. Проблемы экологии и охраны пещер. – Красноярск, ООО «Поликом», с. 96-97.

## References

Abdrahmanov R.F., Martin V.I., Popov V.G., Rozhdestvenskij A.P., Smirnov A.I., Travkin A.I. 2002. *Karst Bashkortostana* [Karst of Bashkortostan]. Ufa, Informreklama Publ. , 383 p.

Abdullin Sh.R. 2012. Osobennosti zagryazneniya ecosystem pescher [Peculiarities of cave's ecosystem pollution]. *Speleologija i spelestologija* [Speleology and spelestology]. Naberezhnie Chelny, pp. 216-217.

Burmak I.N. 2009. Nauchno-rekreatsionnyy prirodookhranniy kompleks "Peschera Karaulnaya" – itogi pyatiletney raboti [Scientifically recreational nature-conservational complex "Cave Karaulnaya"]. *Peshhery: ohrana, istorija issledovanij, kul'tura, turizm, sovremennoe sostojanie i perspektivy nauchnyh issledovanij v peshherah na territorii byvshego SSSR* [Caves: conservation, history of explorations, culture, tourism, recent state and the perspectives of scientific researches in the caves of past-USSR]. Krasnoyarsk, Polycom Publ., pp. 178-188.

Golubnichaya E.E. 2013. Ecologicheskie problemi ispolzovaniya pescher v kachestve objektov turizma [Ecological problems of cave using as the touristic

objects]. *Strategija ustojchivogo razvitija regionov Rossii – Strategy of the sustainable development of the Russian regions*, no. 15, pp. 126-130.

Dublyansky V.N., Andreichuk V.N. 1991. *Terminologija speleologii* [Terminology of the speleology]. Kungur, Ural department of the Academy of sciences of the USSR Publ., 202 p.

Lavrov I.A. 2003. Ispolzovanie i okhrana podzemnikh prostranstv Urala i Priuraliya [Using and protection of Ural and Priuralie underground environments]. *Kungurskaja ledjanaja peshhera. 300 let nauchnoj i turisticheskoy dejatel'nosti* [Kungur Ice Cave. 300-years of scientific and touristic activities]. Kungur, Zvezda Publ., pp. 250-256.

Lyakhnitsky Yu.S. 2016. Desyat' proektov podzemnikh muzeev komissii karstovedeniya I speleologii Russkogo Geographicheskogo obshchestva [Ten underground museum's projects of the karst and speleology commission of the Russian Geographical Society]. *Peshhery kak ob'ekty istorii i kul'tury* [Caves as objects of history and culture]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., pp. 150-154.

*Novgorodskaya pervaya letopis starshego izvoda* [First senior torment annals of the Novgorod]. 1950. Moscow-Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publ., 649 p.

Popov U.I., Kovalev D.N., Ostrovsky A.N. 2009. Zveri podzemeliya [Underground animals]. *Priroda – Nature*, no. 9, pp. 59-67.

Timofeev D.A., Dublyansky V.N., Kiknadze T.Z. 1991. *Terminologija karsta* [Terminology of the karst]. Moscow, Nauka Publ., 260 p.

Trofimova E.V. 2007. Karst Sibiri i Dalnego Vostoka: opit ispolzovaniya [Karst of Siberia and the Far East: the experience of using]. *Izvestija rossijskogo geograficheskogo obshhestva – Proceedings of the Russian Geographical Society*, vol. 139 (6), pp. 47-57.

Trofimova E.V. 2011. Istoriya otkritii i izucheniya pescher v Rossii do 1845 goda [History of cave discoveries and explorations in Russia till 1845]. *Izvestija rossijskogo geograficheskogo obshhestva – Proceedings of the Russian Geographical Society*, vol. 143 (6), pp. 65-69.

Trofimova E.V. 2012. K voprosu ob informativnikh pokazatelyakh sostoyaniya antropogenno-preobrazovannikh pescher [To the question of informative indexes of man-made cave's states]. *Vremja. Landshaft. Kul'tura* [Time. Landscape. Culture]. Sankt-Petersburg, Asterion Publ., pp. 185-187.

Tsikin R.A., Tsikina Zh.L. 2002. Znachenie, Ecologicheskie obstanovky i voprosi okhrani pescher Uzhnoy Sibiri [Importance, ecological conditions and the questions of cave protection in the frame work of Southern Siberia]. *Problemi ekologii I okhrani pescher* [Problems of ecology and protection of caves]. Krasnoyarsk, Polycom Publ., pp. 96-97.

*Статья поступила в редакцию: 22.04.2017*

*После переработки: 07.05.2017*