

scape in the north-east of the Northern island constitute the elements of the «old banks», including: beaches not affected by currently action of waves; ancient depositional ridge; marginal ledge closest to the sea, covered by loose sediments. The formation of these natural systems is caused by the shift of the coastline towards the sea as a result of relative rise of tectonic blocks in this part of the archipelago. Positive tectonic movements are also expressed in the shallow waters of the lagoons and estuaries and the lengthening of the river channels due to erosion of the forms of coastal accumulation.

Key words: Coastal landscapes and seascapes, the Novaya Zemlya archipelago, positive tectonic movements.

References

- [1] *Aleksandrova V. D.* Rastitel'nost' poljarnyh pustyn' SSSR. L.: Nauka, 1983. 141 s.
- [2] *Andreev V. A., Batalov A. E., Bolotov I. N., Voronin V. V., Gordienko A. M., Dolgoshheikova T. Ju., Ezhov O. N., Kiseleva G. A., Kopytov A. A., Kochergina E. V., Novoselov A. P., Churakova E. Ju.* Krasnaja kniga Arhangel'skoj oblasti. Arhangel'sk.: Kom. po jekologii Arhangel'skoj oblasti, 2008. 351 s.
- [3] Atlas SSSR. M.: GUGK, 1985. 259 s.
- [4] *Bol'shijanov D. Ju., Anohin V. M., Gusev E. A.* Novye dannye o stroenii rel'efa i chetvertichnyh otlozhenij arhipelaga Novaja Zemlja // Trudy VNIIOkeangeologija. 2006. T. 210, vyp. 6. S. 149—161.
- [5] *Ionin A. S., Dolotov Ju. S.* Osobennosti dinamiki i morfologii beregov podnjatija (na primere Novoj Zemli) // Trudy Instituta okeanologii. 1958. T. XXVIII. S. 71—84.
- [6] *Kovaleva G. A.* Sovremennye dvizhenija poluostrova Admiraltejstva (Severnyj ostrov Novoj Zemli) // Geotektonicheskie predposylki k poiskam poleznyh iskopaemyh na shel'fe Severnogo Ledovitogo okeana. L., 1974. S. 93—94.
- [7] Krasnaja kniga Rossijskoj Federacii (rastenija i griby). M.: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2008. 885 s.
- [8] *Tolmachev A. I.* Metody sravnitel'noj floristiki i problemy florogeneza. Novosibirsk, 1986. 190 s.

Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 3

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДЕКСА НАРУШЕННОСТИ ПЕЩЕР ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНОЙ СРЕДЫ

© **Е. В. ТРОФИМОВА**

Институт географии РАН, Москва
E-mail: e.trofimova1@gmail.com

Впервые, опираясь на многолетние экспедиционные исследования, дается комплексная характеристика изменений состояния подземной среды под влиянием антропогенной нагрузки. Предлагается ввести понятие индекса нарушенности пещер (ИНП), оценивающего изменения в состоянии основных природных компонентов: рельефа, водных объектов, воздуха, растительности и животного мира, а также наличие механического загрязнения пещер в результате деятельности человека. На примере пещер природного парка «Мурадымовское ущелье» (Южный Урал) рассматриваются возможности картографирования ИНП.

Ключевые слова: изменения состояния подземной среды, индекс нарушенности пещер, природный парк «Мурадымовское ущелье».

Введение. В конце XX—начале XXI в. на территории России обнаружено и описано более 5 тыс. пещер, в подавляющем большинстве — карстового происхождения. Как показали многочисленные исследования, в последние десятилетия в условиях возрастающего антропогенного воздействия происходит значительная деградация подземной среды во многих подземных полостях. Пещеры активно посещаются местными жителями, особенно школьниками, туристами, а также спортсменами-спелеологами [1, 3—7]. После таких посещений из подземных полостей исчезают тысячелетиями создаваемые природой натечные образования — экзотические сталактиты, сталагмиты, кораллиты, появляются мусорные свалки из использованных батареек, отработанного карбида кальция, спортивного снаряжения, продуктовой тары и т. д. В то же время пещеры электрифицируются, оборудуются для туристов обзорными площадками, лестничными переходами, туннелями и т. д. Поэтому разработка информативных показателей состояния подземной среды представляется своевременной и целесообразной.

Методические основы исследований. Изменения подземной среды пещер предлагается 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. Деформации отложений пещер:

- а) остаточных: заложение геологических шурфов в элювиальной глине, наличие участков с вытоптанной глиной 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 являются по данным лабораторных анализов.

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

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

1. Наличию 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, протонеми 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 и/или троглобионтов.

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 предлагается 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).

Оценка нарушенности подземной среды в пещерах Мурадымовского ущелья. Практическое применение нового подхода к оценке изменений состояния подземной среды рассмотрим на примере подземных систем природного парка «Мурадымовское ущелье», расположенного на Южном Урале в 300 км на юго-восток от г. Уфа. Природный парк «Мурадымовское ущелье» (основан в 1998 г.) известен своей удивительной красотой. «Жемчужина» парка — живописный скалистый каньон, протянувшийся на расстояние более 5 км вдоль русла р. Большой Ик (бассейн р. Урал). Орографически рассматриваемый регион принадлежит к западной окраине Залаирского плато с абсолютными отметками 520—580 м, разрезанного долиной р. Большой Ик. Рель-

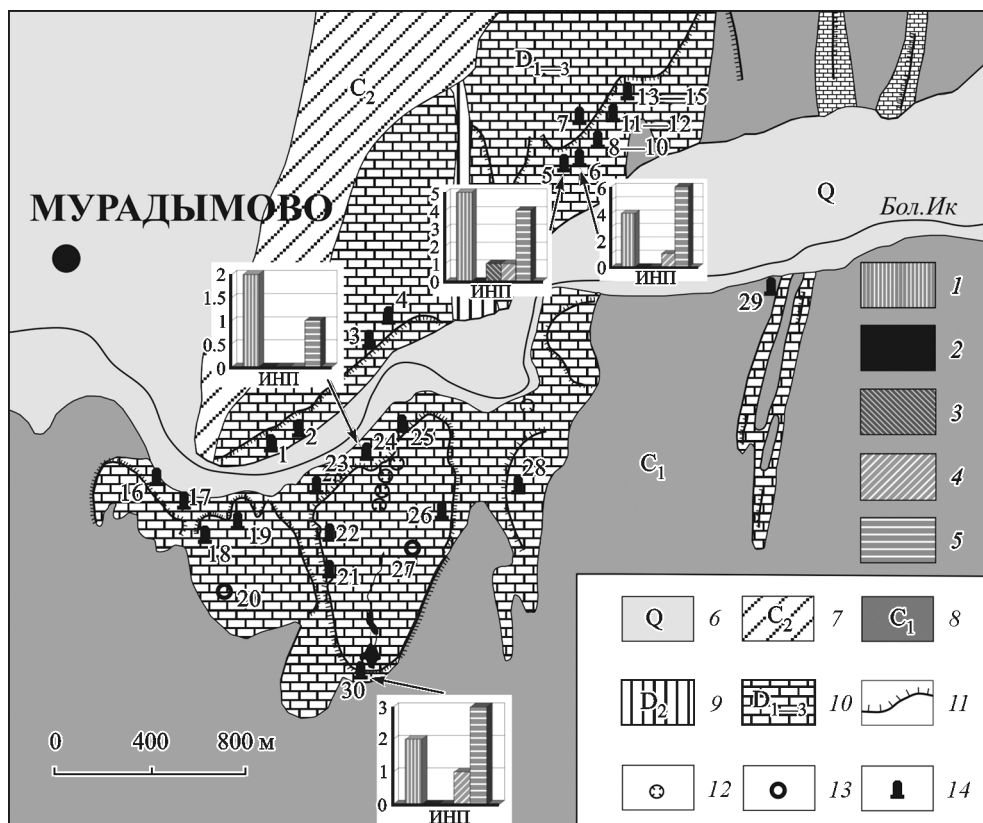


Рис. 1. Пещеры природного парка «Мурадымовское ущелье» и их ИНП.

Балльные характеристики изменений состояния подземной среды по компонентам (на диаграммах): 1 — рельеф, 2 — водные объекты, 3 — воздух, 4 — растительность и животный мир, 5 — механическое загрязнение пещер в результате деятельности человека; геолого-генетические комплексы: 6 — аллювиальные отложения долины р. Бол. Ик, 7 — терригенные отложения среднего карбона, 8 — терригенные отложения нижнего карбона, 9 — терригенные породы среднего девона, 10 — карбонатные породы (известняки) нижнего, среднего и верхнего девона; формы рельефа: 11 — эрозионные уступы, 12 — карстовые воронки, 13 — провалы, 14 — пещеры.

Номерами на карте обозначены пещеры: 1 — Детская, 2 — Каньонная, 3 — Светлая, 4 — Альпинистов, 5 — Голубиный грот, 6 — Старомурадымовская, 7 — Мурадымовская № 3, 8—15 — Мурадымовская № 4—11, 16 — Сторожевая, 17 — Малая Лабиринтовая, 18 — Шаровая, 19 — Большая Лабиринтовая, 20 — УСС-73, 21 — Цветочная, 22 — Салаватская, 23 — Неожиданная, 24 — Ледовая, 25 — Зашел-Вышел, 26 — Сквозной грот, 27 — Провал, 28 — Волосая, 29 — Рифовая, 30 — Новомурадымовская.

еф характеризуется преобладанием грядово-холмистых, значительно расчлененных водораздельных пространств. Глубина эрозионного вреза варьирует от 155 до 205 м. Карст развивается в карбонатных породах (преимущественно известняках) нижнего, среднего и верхнего девона (рис. 1, особенности геологического строения территории показаны в соответствии с работой [2]). Район исследований характеризуется континентальным климатом. Средняя годовая температура воздуха составляет 2.2 °С, величина средних годовых осадков достигает 650 мм, почти 70 % их суммы выпадает в теплый период года. Растительный покров представлен смешанными лесами с преобладанием сосны и березы.



Рис. 2. Оборудованный вход в пещеру Старомурадымовская.

В природном парке «Мурадымовское ущелье» обнаружено и описано более 40 пещер (наиболее известные подземные системы показаны на рис. 1). Самая протяженная (более 2 км) — пещера Новомурадымовская (30) (здесь и далее в тексте номер соответствует номеру подземной полости на рис. 1). Эта же пещера является и самой глубокой: общая амплитуда глубины составляет 108 м. Экзотические натечно-капельные образования наблюдаются в пещерах Малая Лабиринтовая (17), Цветочная (21), Волосая (28) и др. Подземные наледи отмечаются в Большой Лабиринтовой (19) и Ледовой (24) пещерах. В Новомурадымовской протекает ручей с небольшими подземными водопадами, а «хозяева» подземных полостей — летучие мыши и голуби — нашли приют в Большой Лабиринтовой, Сторожевой (16) и др. пещерах.

В связи с хорошей транспортной доступностью природного парка «Мурадымовское ущелье», а также возможностью посещения подземных систем без специальной спортивной подготовки пещеры рассматриваемой территории подвержены значительной антропогенной нагрузке. К примеру, число посетителей Новомурадымовской пещеры в летний период превышает 200 чел./сут. Поэтому подземные полости природного парка отличаются значительным нарушением естественного состояния. И в первую очередь это касается механического загрязнения в результате их использования человеком — появления в подземных системах свалок мусора. Мусор отмечается практически во всех пещерах: это пищевые отходы, пластиковые и стеклянные бутылки, отработанные батарейки и т. д. А пещера Старомурадымовская (рис. 2) из-за многочисленных посещений с факелами получила другое название — Копченая:

Индекс нарушенности пещер природного парка «Мурадымовское ущелье»

Название пещеры (номер соответствует номеру на рис. 1)	Рельеф		Водные объекты		Воздух		Растительность и животный мир		Механическое загрязнение пещер в результате человеческой деятельности			Общий ИНП
	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	описание нарушения	баллы	баллы	
Старомурдымовская (5)	Переоборудованный естественный вход, свежие сколы вмещающих пород	1 3	Без изменений	—	Без изменений	—	Плесневые грибы	1	Сажа наблюдается на 90 % площади потолков и пола, бытового мусора, современные граффити	3 2 1		11
	Археологический шурф на полу, поврежденные сталактиты	2 3	» »	1	Запах плесени	1	То же		Сажа на потолке и стенах, бытового мусора (пластик, бумага, пищевые отходы)	1 3		11
Ледовая (24)	Деревянная лестница, «затоптанная» наледь	1 1	» »	—	Без изменений	—	Без изменений	—	Бытовой мусор	1		3
Новомурдымовская (30)	Переоборудованный естественный вход, деревянные и металлические лестницы	1 1	» »	—	» »	—	Плесневые грибы	1	Бытовой мусор, современные граффити	2 1		6

здесь с рядом палеолитическими рисунками можно обнаружить мощные слои сажи.

Нарушения в состоянии рельефа, воздуха, растительного покрова и животного мира выявлены в следующих четырех подземных полостях: Старо-мурадымовской (5), Голубином гроте (6), Ледовой (24) и Новомурадымовской (30). Характеристики изменений подземной среды в этих пещерах и степени ее нарушенности представлены в таблице и на рис. 1.

Как следует из таблицы и рис. 1, в настоящее время пещеры Ледовая и Новомурадымовская характеризуются слабой нарушенностью подземной среды, а пещеры Старомурадымовская и Голубиный грот — нарушенностью средней интенсивности. В целом пещеры природного парка «Мурадымовское ущелье» нуждаются в разработке системы мер по сохранению их природного разнообразия.

Заключение. В представленной статье 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 пещер природного парка «Мурадымовское ущелье» осуществлена апробация метода ИНП, отразившего необходимость принятия срочных мер по разработке системы охраны подземного природного наследия исследуемой территории.

Список литературы

- [1] Бурмак И. Н. Научно-рекреационный природоохранный комплекс «Пещера Каральная» — итоги пятилетней работы // Пещеры: охрана, история исследований, культура, туризм, современное состояние и перспективы научных исследований в пещерах на территории бывшего СССР. Красноярск: ООО «Поликом», 2009. С. 178—189.
- [2] Кузнецов В. С., Шакуров Р. К. Карст и тектоника Мурадымовского геологического полигона (Южный Урал) // Вопросы геологии и геоморфологии Южного Урала и Приуралья. Уфа: Башкирский науч. центр УО АН СССР, 1988. С. 76—85.
- [3] Лавров И. А. Использование и охрана подземных пространств Урала и Приуралья // Кунгурская ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности. Кунгур: Звезда, 2003. С. 250—256.
- [4] Попов Ю. И., Ковалев Д. Н., Островский А. Н. Звери подземелья // Природа. 2009. № 9. С. 59—67.
- [5] Трофимова Е. В. Пещеры Иркутского амфитеатра: проблемы использования и сохранения // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009. № 6. С. 507—514.
- [6] Трофимова Е. В. К вопросу об информативных показателях состояния антропогенно-преобразованных пещер // География: проблемы науки и образования. СПб.: РТП ЛГУ, 2011. С. 145—148.
- [7] Цыкин Р. А., Цыкина Ж. Л. Значение, экологические обстановки и вопросы охраны пещер Южной Сибири // Проблемы экологии и охраны пещер. Красноярск: ООО «Поликом», 2002. С. 96—97.

Поступило в редакцию
24 февраля 2014 г.

Application of cave disturbance index for the assessment of underground environment conditions

© E. V. Trofimova

Institute of geography, Russian Academy of Sciences
E-mail: e.trofimova@gmail.com

The complex character of cave conditions changes under influence of anthropogenic pressure is given for the first time basing on the long-time field studies. The new notion of cave disturbance index (CDI) includes five main categories of environmental changes: that of relief, water bodies, air, vegetation and wild animals, as well as the mechanical pollution by the human activity. The possibility of the CDI mapping is considered using the example of natural park «Muradimovskoe uschel'e» caves (Southern Ural).

Key words: changes of underground environment conditions, cave disturbance index, natural park «Muradimovskoe uschel'e».

References

- [1] *Burmak I. N.* Nauchno-rekreatsionny prirodookhranny complex «Peschera Karaulnaya» — itogi pyatiletney raboty // Pescheri: okhrana, istoriya issledovaniy, kultura, turizm, sovremennoe sostoyaniye i perspektivi nauchnykh issledovaniy v pescherakh na territorii bivshego SSSR. Krasnoyarsk: OOO «Polikom», 2009. S. 178—189.
- [2] *Kuznetsov V. S., Shakurov R. K.* Karst i tektonika Muradimovskogo geologicheskogo poligona (Uzhnyy Ural) // Voprosy geologii i geomorfologii Uzhnogo Urala i Priuraliya. Ufa: Bashkirsky nauchnyy tsentr Uralskogo otdeleniya AN SSSR, 1988. S. 76—85.
- [3] *Lavrov I. A.* Ispolzovanie i okhrana podzemnykh prostranstv Urala i Priuraliya // Kungurskaya ledyanaya peschera. 300 let nauchnoy i turisticheskoy deyatel'nosti. Kungur: Zvezda, 2003. S. 250—256.
- [4] *Popov U. I., Kovalev D. N., Ostrovsky A. N.* Zveri podzemeliya // Priroda. 2009. N 9. S. 59—67.
- [5] *Trofimova E. V.* Pescheri Irkutskogo amfiteatra: problemi ispolzovaniya i sokhraneniya // Geoecologiya. Inzhenernaya geologiya. Hydrogeologiya. Geokriologiya. 2009. N 6. S. 507—514.
- [6] *Trofimova E. V.* K voprosu ob informativnykh pokazatelyah sostoyaniya antropogennno-preobrazovannykh pescher // Geographiya: problemi nauki i obrazovaniya. SPb.: RTP LGU, 2011. S. 145—148.
- [7] *Tsikin R. A., Tsikina Zh. L.* Znachenie, ekologicheskie obstanovki i voprosy okhrani pescher Uzhnoy Sibiri // Problemy ekologii i okhrani pescher. Krasnoyarsk: OOO «Polikom», 2002. S. 96—97.