

УДК 911.9

Руденко А. В.

***Методика прямого дешифрирования
кольцевых структур водородной
дегазации на территориях проживания
людей и ведения хозяйства по данным
Google Maps и Google Earth***

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный
университет», Российская Федерация, г. Казань
e-mail: aroud@list.ru

Аннотация. В статье предлагается методика прямого визуального дешифрирования кольцевых структур водородной дегазации, проявленных на территориях проживания людей и ведения ими хозяйственной деятельности. Методика основана на исследованиях генезиса кольцевых структур дегазации и дополнена иллюстрационными материалами. В качестве примера приводится дешифрирование пары исследуемых структур на территории части Приволжского района г. Казани.

Ключевые слова: методика дешифрирования, кольцевые структуры, водородная дегазация.

Введение

В настоящее время возрастает число исследований кольцевых структур водородной дегазации, частота возникновения которых увеличивается в последние годы [1; 2; 3; 4 и др.]. Характерно, что появляются они не только в «глухих» местах, но также и в населённых пунктах и местах хозяйственной деятельности человека – вблизи авто- и железных дорог, возле атомных электростанций, на сельскохозяйственных угодьях и т.д.

Кольцевые структуры дегазации разного типа возникают иногда медленно, а иногда в короткий период времени, и наносят вред хозяйственной деятельности людей, а также несут в себе опасность для жизнедеятельности человека. В связи с этим особенно актуальным становится мониторинг появления кольцевых структур дегазации в городах и местах ведения хозяйственной деятельности.

Материалы и методы

Одним из типов кольцевых структур дегазации являются провалы, представляющие собой конусообразные, чашеобразные, блюдцеобразные, реже шахтообразные колодцы и воронки [4; 5]. Они появляются на земной поверхности и углубляются в короткий период времени. В такие воронки проваливаются здания и транспорт. Заранее определить место их появления сложно.

Однако, не меньшую опасность представляют кольцевые структуры дегазации водорода типа просянок и поднятий. Они образуются медленно, что даёт возможность их контролировать.

На сегодняшний день можно выделить несколько типов опасностей, которые несёт в себе появление новых кольцевых структур дегазации водорода:

1) повышенная концентрация радона на кольцевых структурах в смеси с другими флюидными газами, часто сопровождающая выделения водорода [4];

2) затопление или заболачивание территории в зоне исследуемых кольцевых структур. Всё больше городских территорий оказывается в последние годы в районах подтоплений, связанных с просадками и суффозиями круглой или овальной формы [6];

3) водород имеет свойство охрупчивать металл при прохождении сквозь него [7]. В результате подземные металлические конструкции и коммуникации, находящиеся в зоне водородной дегазации, могут разрушаться от собственного веса или при подвижках грунта;

4) вероятность поднятия грунта при появлении вторичных признаков дегазации [8], что ведёт, помимо всех перечисленных опасностей, к изменению рельефа земной поверхности, что придаёт неустойчивость фундаментам зданий.

Отмечаются следующие инженерно-геологические проблемы, связанные с кольцевыми структурами дегазации типа просадок:

- деформация зданий (в городах Краснодар, Ульяновск, Ставрополь, Грозный, Барнаул, Братск, Иркутск, Чита, Березники, Казань, Москва, а также в других городах России и за рубежом [9; 10; 11; 12 и др.]);

- нарушение технологических процессов и проблемы в эксплуатации оборудования (Таджикистан, Россия, Ставропольский край, г. Буденновск и др.);

- большое количество автомобильных аварий (трасса Чита-Хабаровск) и деформация железнодорожных путей, а также деформация трубопроводов [12].

Просадки приводят к значительному экономическому ущербу, который особенно велик в районах городской застройки. В России этому процессу подвержены 563 города. Особая интенсивность просадок характерна для г. Волгодонск в Ростовской области.

Для проведения мониторинга описанных выше процессов автором статьи предложена методика прямого визуального дешифрирования кольцевых структур дегазации типа просадок или суффозий, а также овальных структур положительной формы, в центральной части которых недалеко от поверхности часто наблюдается наличие грунтовых вод.

Предложенная методика основана на характеристиках структур дегазации водорода, которые были выявлены в ходе их исследования ранее [5; 13; 14; 15 и др.]. Поскольку кольцевые структуры типа просадок или положительной формы проявляются посредством прямых и косвенных признаков, их можно выявить посредством данных ДЗЗ. В частности, к ним относятся общедоступные снимки Google Maps и Google Earth.

К прямым признакам появления кольцевых структур дегазации относятся их геометрические и оптические характеристики. Этим структурам присущи: округлые или овальные формы; относительно близкое взаиморасположение (часто они сдвоены, тянутся цепочкой друг за другом или располагаются группами); обводнение или заболачивание.

Косвенными признаками кольцевых структур дегазации являются: отрицательная или положительная форма рельефа округлой формы и изменение плотности растительного покрова – зарастание участков гидрофильной растительностью или, напротив, «облысение» участка.

Возраст кольцевых структур дегазации водорода также разнится. Они могут быть старыми – образованы большое количество лет назад и часто не изменяются,

и новыми – появляются моментально (время появления - от нескольких месяцев до нескольких лет) и активно меняют ландшафт.

1. Первый этап – выбор территории для проведения мониторинга. Далее она просматривается на предмет обнаружения кольцевых структур дегазации по прямым и косвенным признакам. Важно помнить, что кольцевые структуры дегазации в диаметре могут достигать сотни метров и даже несколько км и чаще всего возникают в местах разломов земной коры и на территориях речных долин [16].

При обнаружении круглой или овальной структуры, она проверяется по следующим характеристикам:

1.1. Структура имеет форму круга, классифицируется как заболоченная или обводнённая, проверяется на отрицательную форму рельефа – структуру просадочного типа (как правило, это старые кольцевые структуры);

1.2. Структура имеет форму круга или овала, зарастает влаголюбивой растительностью, часто лесом, проверяется на положительность формы рельефа;

1.3. Структура имеет форму круга или овала, на ней заметно разрежена или отсутствует растительность, она также проверяется на отрицательность или положительность формы рельефа.

2. Второй этап – определение времени появления дешифрованных структур на поверхности Земли и фиксация времени появления структур и их координат. Определение происходит путём отслеживания кадров аэросъёмки, сделанных в разное время:

2.1. Структура, которая дешифрируется всегда на всех снимках, имеющих в наличии в базе данных ДЗЗ, классифицируется как старая;

2.2. Структура, которая отсутствовала (не дешифрировалась) на ранних снимках в заданной местности, но проявилась в определённое время, классифицируется как новая.

Временем формирования дешифрованной структуры считается время получения снимка, на котором в пределах исследуемых координат впервые дешифрируется кольцевая структура по описанным выше признакам.

Координаты всех дешифрованных кольцевых структур на полях заносятся в базу данных, согласно их классификации, для дальнейшего мониторинга.

3. Третий этап - проверка кольцевой структуры дегазации в динамике. Кольцевые структуры могут расти или сжиматься, также возможно появление вторичных признаков дегазации на старых структурах:

3.1. Площадь заболачивания или обводнения дешифрованной структуры увеличивается от снимка к снимку. Структура классифицируется как растущая;

3.2. Площадь затопления, заболачивания со временем сокращается, концентрируется в центре или сбоку, структура сжимается. Структура классифицируется как уменьшающаяся.

Данные о структуре заносятся в базу данных, согласно классификации.

Результаты и обсуждение

Важно то, что кольцевые структуры дегазации водорода хорошо дешифрируются на поверхности Земли в зимнее время, отчётливо просматриваются на снежном покрове. Также хорошо они просматриваются на снимках, сделанных в осеннее время, когда завершился период вегетации.

В лесной части кольцевые структуры дегазации водорода даже летом могут быть хорошо дешифрованы на крупномасштабных фотографиях местности, выделяясь цветом растительности. Как показали авторы исследования [17], в зонах активной водородной дегазации количество хлоропластов в листьях растений увеличивается. Это даёт возможность определить местонахождение кольцевых структур водородной дегазации на начальном этапе даже без применения спектрального анализа.

Несколько иная ситуация наблюдается в зоне непрерывной застройки. Во-первых, замеры концентрации почвенного водорода в пределах городской застройки практически не осуществлялись, и сделать это довольно сложно не только технически, но и законодательно. Поэтому судить о наличии водородной дегазации в кольцевых структурах на таких территориях можно пока только косвенно, по выводам о том, что мы знаем об их свойствах из исследований на незастроенных территориях.

Во-вторых, сложность визуального определения кольцевых структур на территориях непрерывной застройки на начальном этапе заключается в том, что даже на крупномасштабных снимках заметить начавшееся небольшое проседание грунта практически невозможно, пока ситуация не становится необратимой.

Однако, даже в жилых районах такие структуры можно дешифровать по следующим признакам:

- наличие линеаментов, когда, например, овражная структура, заросшая древесно-кустарниковой растительностью, равномерно окружает район застройки;
- окольцованный антропогенный ландшафт, например, наличие протоптанной дороги вокруг территории может говорить об её поднятии или затоплении (проседании), что делает территорию неудобной для пересечения пешим ходом, такую территорию стараются обойти;
- наличие круглого озера внутри микрорайона;
- отсутствие снежного покрова или его меньшая плотность на зимних снимках.

Все эти признаки могут свидетельствовать о наличии кольцевой структуры водородной дегазации и необходимости применения методики, предложенной автором.

Так на представленном Рис. 1 показана часть Приволжского района г. Казань, расположенная в районе п. Мирный, п. Отары, п. Борисково, Соловьиная роща и др. Применение предложенной автором методики хорошо дешифрирует старые (обводнённые) кольцевые структуры на полях, а также кольцевые структуры, заросшие лесом или, напротив, с поредевшей растительностью. Многие дешифрованные структуры выделены белым контуром.

В качестве примера в данной статье представлена кольцевая структура в районе п. Отары и профили рельефа по направлениям С-Ю, З-В, СЗ-ЮВ и ЮЗ-СВ (Рис. 2-а, б, в, г). На профилях отчётливо видно, что данная кольцевая структура имеет положительную форму. Границы поднятия совпадают с границами кольцевой структуры по всем направлениям.

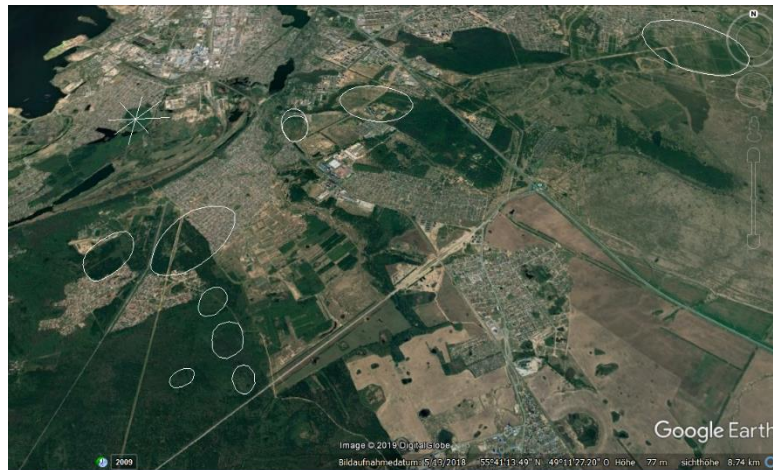


Рис. 1. Панорама части Приволжского района г. Казань с кольцевыми структурами, выделенными белыми овалами по периметру 13.05.2018.

Такая же ситуация наблюдается на сжимающейся овальной структуре положительного типа возле п. Соловьиная роща г. Казань (Рис. 3-а, б). Профили, проложенные по направлению сужения и перпендикулярно, показывают, что структура является положительной. На более крупном снимке отчётливо дешифрируется начавшееся обводнение на самой вершине поднятия, что с высокой долей вероятности свидетельствует об активности исследуемой структуры. Белым контуром выделены первичные и вторичные границы кольцевой структуры.

Выполнить профиль заданного направления даёт возможность программа Google Earth. В ней имеется функция просмотра снимков в разные периоды времени.

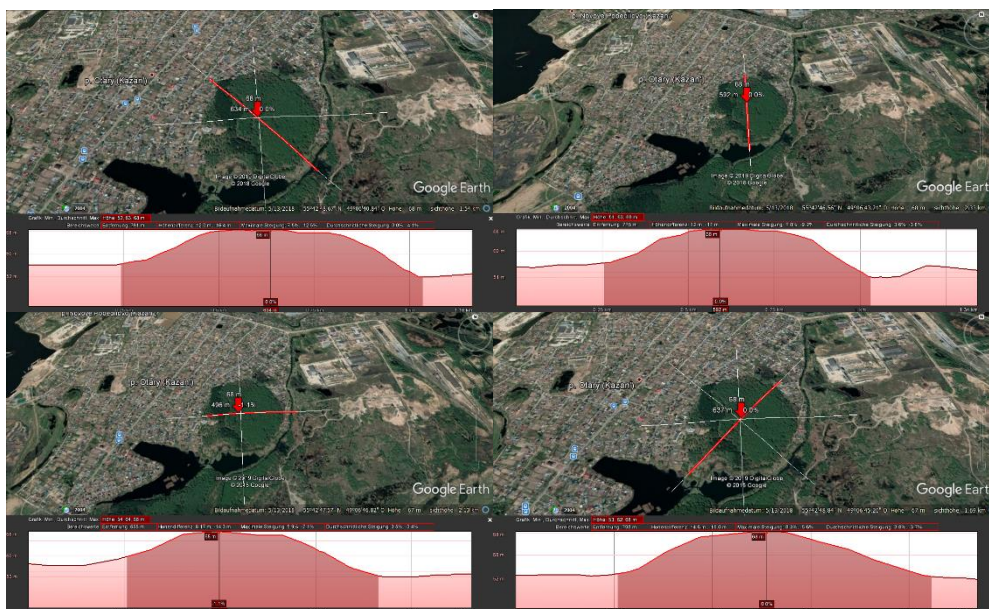


Рис. 2-а, б, в, г. Кольцевая структура положительной формы рельефа, заросшая лесом и профили рельефа по направлениям С-Ю, З-В, СЗ-ЮВ и ЮЗ-СВ 13.05.2018.

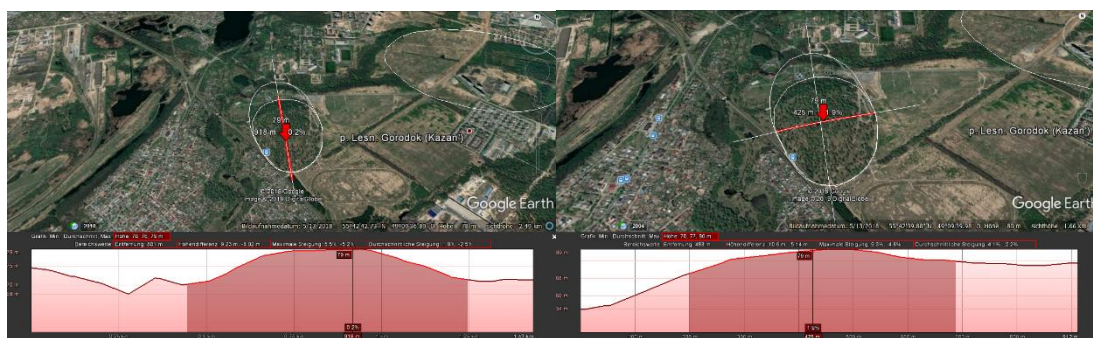


Рис. 3-а, б. Сужающаяся кольцевая структура возле п. Соловьиная роща г.Казань
13.05.2018.

Выводы

Мониторинг по описанной выше методике довольно прост и позволит определить новые кольцевые структуры и принять нужные решения о проведении того или иного вида хозяйственной деятельности – направления расширения строительства или его остановки, прокладывания дорог и т.д. Результаты определения местонахождения кольцевых структур описанного типа желательно дополнить водородометрией по стандартной методике [18].

Литература

1. Артёмова К. С., Лагашкина В. С. Структуры проседания на поверхности Земли как процесс водородной дегазации / IV Международная научно-практическая конференция / МЦНС «Наука и просвещение». Управление социально-экономическими системами. 2018. С. 31-34.
2. Larin N., Zgonnik V., Rodina S. et al. Natural molecular hydrogen seepage associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia / Natural Resources Research. DOI: 10.1007/s11053-014-9257-5.
3. Шестопапов В. М., Макаренко А. Н. О некоторых результатах исследований, развивающих идею В. И. Вернадского о «газовом дыхании» Земли / Геологический журнал. 2013. №3. С.7-25.
4. Шестопапов В. М., Бублясь В. Н. О формировании западинно-канальных структур миграции / Геологический журнал. 2016. №3(356). С. 73-88.
5. Шестопапов В. М., Лялько В. И., Ситников А. Б. и др. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа. Ч.1./ В. М. Шестопапов (гл. ред.). Киев: Ин-т геол. Наук НАН Украины; Науч. инж. центр гидрогеоэкол. полиг. исслед. НАН Украины. 2001. 636 с.
6. Дегтярев Б. М. Концепция инженерно-строительной безопасности городских территорий / Academia. Архитектура и строительство. 2011. №3. С. 87-93.
7. Мороз Л. С., Чечулин Б. Б. Водородная хрупкость металлов. М.: «Металлургия». 1967. 225 с.
8. Артёмова К. С., Лагашкина В. С. Последствия вторичных признаков водородной дегазации / IV Международная научно-практическая конференция

- / МЦНС «Наука и просвещение». Управление социально-экономическими системами. 2018. С. 10-13.
9. Белая Е. Н. Факторы формирования и развития инженерно-геологических рисков в сложных региональных условиях / Вестник СевКавГТИ, 2015, №2(21). С.175-180.
 10. Осипов В. И., Мамаев Ю. А., Ястребов А. А. Зонирование территории г. Березники Пермского края РФ по степени опасности развития геологических процессов/ Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. №6. С. 518-525.
 11. Хоменко В. П. Противокарстовая и противосуффозионная защита в России: история и современность/ Вестник МГСУ. Т.13. №4(115). С. 482-489.
 12. Говорушко С. М. Инженерно-геологические проблемы, связанные с просадками/ Астраханский Вестник экологического образования. №2(44). 2018. С. 11-20.
 13. Фирстов П. П., Широков В. А. Динамика молекулярного водорода и ее связь с геотектоническими процессами на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне по данным наблюдений в 1999-2003 гг. / Геохимия. 2005. №43(11). С. 1151-1160.
 14. Ларин Н. В., Ларин В. Н., Горбатилов А. В. Кольцевые структуры, обусловленные глубинными потоками водорода / В сборнике материалов совещания «Дегазация Земли: Геотектоника, Геодинамика, Геофлюиды; Нефть и Газ; Углеводороды и Жизнь» / под редакцией Дмитриевского А. Н., Валяева Б. М. Москва: Институт проблем нефти и газа РАН. 2010. С. 282-286.
 15. Стажевский С. Б. Механика становления и развития некоторых морфоструктур Земли. Ч.1: К происхождению и эволюции Патомского кратера / Геомеханика. ФТПРПИ. №4. 2011. С. 23-39.
 16. Болысов С. И., Неходцев В. А. Субрельеф и субтерральные процессы как фактор эколого-геоморфологической опасности в городах / Вестник Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина, 2016. №1(50). С. 88-106.
 17. Тимченко Е. В., Тимченко П. Е., Жердева Л. А., Трегуб Н. В., Селезнёва Е. А., Яковлев В. Н. Оптические методы мониторинга дегазации водорода в городских территориях/ Оптика и спектроскопия, 2015. Т.119. №6. С. 937- 944.
 18. Рогожин Е. А., Горбатилов А. В., Ларин Н. В. и др. Глубинное строение Московского авлакогена в западной части Москвы / Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т.9. №2. С. 37-39.

Rudenko A. V.

The method of direct decoding of ring structures of hydrogen degassing in the territories of human habitation and farming according to Google Maps and Google Earth

Kazan (Volga region) Federal University, Russian Federation,
Kazan
e-mail: aroud@list.ru

Abstract. In the article is shown the technique of a direct visual interpretation of the ring structures, hydrogen degassing in the areas of human habitation and the conduct of their economic activities. The technique is based on studies of the genesis of ring

degassing structures and supplemented with illustrative materials. As an example are given the decoding of a pair of the studied structures in the territory of the Volga region of Kazan.

Keywords: *decoding technique, ring structures, hydrogen degassing.*

References

1. Artyomova K. S., Lagashkina V. S. Struktury prosedaniya na poverhnosti Zemli kak process vodorodnoj degazacii / IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya / MCNS «Nauka i prosveshchenie». Upravlenie social'no-ekonomicheskimi sistemami. 2018. S. 31-34. (in Russian)
2. Larin N., Zgonnik V., Rodina S. et al. Natural molecular hydrogen seepage associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia / Natural Resources Research. DOI: 10.1007/s11053-014-9257-5. (in Russian)
3. SHestopalov V. M., Makarenko A. N. O nekotoryh rezul'tatah issledovaniy, razvivayushchih ideyu V. I. Vernadskogo o «gazovom dyhanii» Zemli / Geologicheskij zhurnal. 2013. №3. S. 7-25. (in Russian)
4. SHestopalov V. M., Bublyas' V. N. O formirovanii zapadinno-kanal'nyh struktur migracii / Geologicheskij zhurnal. 2016. №3(356). S. 73-88. (in Russian)
5. SHestopalov V. M., Lyal'ko V. I., Sitnikov A. B. i dr. Vodoobmen v gidrogeologicheskikh strukturah Ukrainy. Vodoobmen v gidrogeologicheskikh strukturah i CHernobyl'skaya katastrofa. CH. 1./ V. M. SHestopalov (gl. red.). Kiev: In-t geol. Nauk NAN Ukrainy; Nauch. inzh. centr gidrogeokol. polig. issled. NAN Ukrainy. 2001. 636 s. (in Russian)
6. Degtyarev B. M. Konceptiya inzhenerno-stroitel'noj bezopasnosti gorodskih territorij / Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2011. №3. S. 87-93. (in Russian)
7. Moroz L. S., CHEchulin B. B. Vodorodnaya hrupkost' metallov. M.: «Metallurgiya». 1967. 225 s. (in Russian)
8. Artyomova K. S., Lagashkina V. S. Posledstviya vtorichnyh priznakov vodorodnoj degazacii / IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya | MCNS «Nauka i prosveshchenie». Upravlenie social'no-ekonomicheskimi sistemami. 2018. S. 10-13. (in Russian)
9. Belaya E. N. Faktory formirovaniya i razvitiya inzhenerno-geologicheskikh riskov v slozhnyh regional'nyh usloviyah/ Vestnik SevKavGTI, 2015, №2(21). S.175-180. (in Russian)
10. Osipov V. I., Mamaev YU. A., YAstrebov A. A. Zonirovanie territorii g. Berezniki Permskogo kraja RF po stepeni opasnosti razvitiya geologicheskikh processov/ Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. 2014. №6. S. 518-525. (in Russian)
11. Homenko V. P. Protivokarstovaya i protivosuffuzionnaya zashchita v Rossii: istoriya i sovremennost'/ Vestnik MGSU.T.13. №4(115). S. 482-489. (in Russian)
12. Govorushko S. M. Inzhenerno-geologicheskie problemy, svyazannye s prosadkami/ Astrahanskij Vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. №2(44). 2018. S. 11-20. (in Russian)
13. Firstov P. P., SHirokov V. A. Dinamika molekulyarnogo vodoroda i ee svyaz' s geodeformacionnymi processami na Petropavlovsk-Kamchatskom geodinamicheskom poligone po dannym nablyudenij v 1999-2003 gg. / Geohimiya. 2005. №43(11). S. 1151-1160. (in Russian)

14. Larin N. V., Larin V. N., Gorbatikov A. V. Kol'cevye struktury, obuslovlennyye glubinnymi potokami vodoroda / V sbornike materialov soveshchaniya «Degazaciya Zemli: Geotektonika, Geodinamika, Geoflyuidy; Neft' i Gaz; Uglevodorody i ZHizn'». Pod redakciej Dmitrievskogo A. N., Valyaeva B. M. Moskva: Institut problem nefti i gaza RAN. 2010. S. 282-286. (in Russian)
15. Stazhevskij S. B. Mekhanika stanovleniya i razvitiya nekotoryh morfostruktur Zemli. CH.1: K proiskhozhdeniyu i evolyucii Patomskogo kratera / Geomekhanika. FTPrPI. №4. 2011. S. 23-39. (in Russian)
16. Bolysov S. I., Nekhodcev V. A. Subrel'ef i subterral'nye processy kak faktor ekologo-geomorfologicheskoy opasnosti v gorodah / Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta im. S. A. Esenina, 2016. №1(50). S. 88-106. (in Russian)
17. Timchenko E. V., Timchenko P. E., ZHerdeva L. A., Tregub N. V., Seleznyova E. A., YAKovlev V. N. Opticheskie metody monitoringa degazacii vodoroda v gorodskih territoriyah/ Optika i spektroskopiya, 2015. T.119. №6. S. 937-944. (in Russian)
18. Rogozhin E. A., Gorbatikov A. V., Larin N. V. i dr. Glubinnoe stroenie Moskovskogo avlakogena v zapadnoj chasti Moskvy / Geofizicheskie processy i biosfera. 2010. T.9. №2. S. 37-39. (in Russian)

Поступила в редакцию 19.05.2019 г.