

Мониторинг карстовых процессов в геологической среде города

А.Ф. Акоюн, В.Ф. Акоюн, Е.Г. Ильина

Донской государственный технический университет

Аннотация: Карстовая опасность – это в первую очередь угроза экономического и социально-экологического ущерба, особенно для таких густонаселенных территорий, как города. Многочисленные исследования в данной области позволяют классифицировать полученные знания, использовать их при проектировании зданий и сооружений, а также определить возможные способы мониторинга карстовых процессов на территориях населенных пунктов.

Ключевые слова: Карст, карстовые процессы, карстовая опасность, карстовые формы, карстовые каналы, карстовый массив, провал, оседание, мониторинг, геологическая ситуация.

Федеральными законами Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и другими нормативными правовыми актами установлены требования о необходимости оценки рисков опасных природных и техногенных процессов и сравнения их с соответствующими допустимыми значениями этих рисков.

Одним из таких природных процессов являются карстовые процессы. Учитывая большую площадь закарстованных территорий России (имеются в 90% субъектов страны), оценка и мониторинг карстовых рисков является актуальной проблемой [1].

Влияние карстовых процессов определяется типом карстовой опасности. Карстоопасность территории оценивается на основе ее комплексного изучения с использованием различных инженерно-геологических методов, включающих качественные и количественные характеристики [2].

Карстоопасность подразделяют на следующие типы:

1. Карстоопасность типа А обусловлена интенсивным загрязнением геологической среды в плане и по глубине, в также повышенной

чувствительностью закарстованных территорий к таким загрязнениям. Данный тип карстовой опасности относится в первую очередь к полигонам хранения отходов, предприятиям химической промышленности, нефтепроводам, канализационным коллекторам и др.

2. Карстоопасность типа В определяется вероятностью недопустимых повреждений или разрушений зданий и сооружений вследствие различных поверхностных проявлений карста: провалов (подтип В1), локальных оседаний (подтип В2), неравномерных осадок (подтип В3), общих оседаний земной поверхности (подтип В4) и др.

3. Карстоопасность типа С. Данный тип обусловлен вероятностью осложнений при строительстве и эксплуатации подземных сооружений и фундаментов глубокого заложения, которые возникают по причине глубинных проявлений карста: недопустимого притока карстовых вод в выработки (подтип С1), локального повышения горного давления на конструкцию подземного сооружения (подтип С2), затруднений при устройстве глубоких фундаментов (подтип С3) и др.

4. Карстоопасность типа D определяется вероятностью недопустимых утечек воды из поверхностных водоёмов, водоотводов, каналов и т.п.

Существуют и другие стороны карстовой опасности, связанные с антропогенным и техногенным влиянием.

В первую очередь, это связано с системой сетей водоснабжения и канализации - изношенность водопроводящих коммуникаций приводит к возникновению утечек в больших объемах [3].

Функционирование химических и промышленных предприятий, выброс в атмосферу токсичных веществ из-за недостаточной очистки и д.п. - всё это приводит к значительному загрязнению воздуха, к изменению

химического состава и повышению агрессивности осадков к соединениям, содержащимся в почве [4].

Аварийные ситуации вследствие карстовых проявлений периодически происходят на железных дорогах, при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов, особые проблемы возникают при эксплуатации атомных электростанций и других ответственных сооружений на закарстованных территориях [5].

Разрушения несущих конструкций зданий и сооружений, транспортных путей и дорожного полотна по причине карстовых процессов имели место во многих городах России, не исключением является и город Ростов-на-Дону (рис.1, рис.2).

Ликвидация последствий провалов грунта требует существенных материальных затрат. В таком случае значительно эффективнее организовать работу по предупреждению и мониторингу карстовых и других опасных процессов в геологической среде города [6].



Рис. 1. – Провал на дороге по ул. Космонавтов г. Ростова-на-Дону



Рис. 2. – Провал по ул. 31-я Линия г. Ростова-на-Дону

Решением данного вопроса может оказаться создание службы по наблюдению за карстовыми процессами. Основой работы данной службы будет являться информационная система геологической ситуации на территории города. Такая система позволит классифицировать собранные данные и упростить их использование.

Для реализации поставленных задач необходимо наличие топографической основы исследований, т.е. карты, содержащей информацию о рельефе территории, расположении водоемов и выходов воды на поверхность, застройки, транспортных путей, систем подземных коммуникаций [7]. Это основа, на которую в дальнейшем будут накладываться данные о местоположении и развитии карстовых процессов.

Также необходимо собрать и проанализировать уже имеющуюся информацию о распространении карта на исследуемой территории для определения последовательности исследования территории города, которая реализуется на втором этапе.

Данный этап включает в себя сбор информации о геологической ситуации:

- гидрогеологических условиях территории, а именно распределение водоносных и водоупорных пород, места залегания карстовых вод и их динамики;

- карстологических условиях, в том числе местоположении опасных карстовых зон (трещин, полостей и других карстовых форм) [8].

Выполнение данного этапа реализуется геофизическими методами, используемыми для картирования.

В условиях городской среды возможно использование:

- электроразведки (электропрофилирование, вертикальное электрическое зондирование);

- сейсморазведки (метод преломленных и отраженных волн);

- гравиразведки.

- гамма - и эманионных съемок [9].

Для получения наиболее достоверных данных, необходимо применение комбинации указанных методов.

Основой для решения проблемы инженерно-геологической оценки закарстованных территорий являются представления Д.С. Соколова о четырех основных условиях развития карста, т.е. наличие:

I - растворимых пород (определяется по карте распространения растворимых пород, развитие карстующихся пород и мощность оценивают по геологическим разрезам и стратиграфическим колонкам);

II – водопроницаемости (исходя из условий залегания пород);

III - движущихся вод (оценивают по количеству осадков);

IV - агрессивных свойств у вод (температура, минерализация, растворимость, рН воды).

Данные условия определяют ведущие факторы, определяющие степень развития карстовых форм на территории, которые оцениваются

количественно, а следовательно могут быть распределены по площади исследуемой территории [10].

Таким образом, предоставляется возможность составление карты, содержащей данные о распространении зон развития карста и степени его опасности, описание подземных форм, планы и разрезы карстовых полостей.

Ответственным и трудоемким процессом является этап программирования информационной системы геологической ситуации города и внесение всех полученных данных (рис.3).

Создание информационной системы предусматривает наложение данных исследования на топографическую основу местности. Такая система будет способна не только отражать весь массив полученных данных, но и позволит оценивать территорию и прогнозировать развитие карстовых процессов на территории города.



Рис. 3. – Основные этапы создания системы мониторинга

Такая система должна предусматривать:

- многослойность полученных данных и наложение их друг на друга;
- возможность постоянного пополнения данных после проведения новых исследований территории;

- формирование новых синтетических карт, исходя из результатов послойного анализа местности (рис.4).

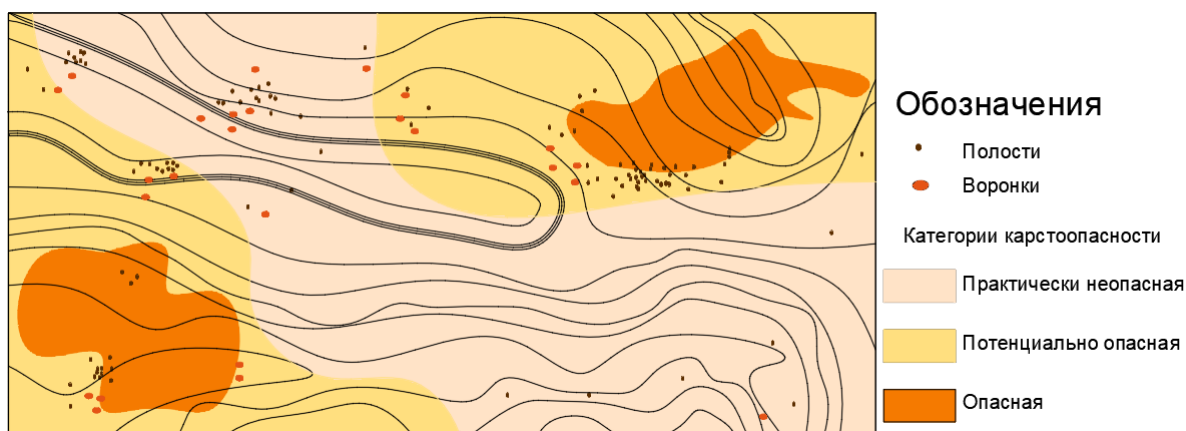


Рис. 4. – Пример карты карстоопасности, построенной с помощью информационной системы геологической ситуации

Внедрение данной информационной системы позволит определять зоны потенциального развития карста до его проявлений на поверхности, а постоянный мониторинг местности, особенно потенциально опасных зон, и внесение новых данных позволит сэкономить гораздо большие средства и значительно повысить оперативность принимаемых решений при возникновении чрезвычайной ситуации.

Литература

1. Хоменко В.П. Карстово-суффозионные процессы и их прогноз. Москва, 1986. 97 с.
2. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. Новосибирск, 1994. 154 с.
3. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Том 1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. Пермь, 1963. 445 с.

4. Marinos P. Tunneling and mining in karstic terrane: an engineering challenge // Proc. of the eighth multidisciplinary conference on sinkholes "Sinkholes: their geology, engineering and environmental impact of karst". Louisville, USA. A.A. Balkema, 2001. pp. 3-16.

5. Milanović P. Geological engineering in karst (Dams, reservoirs, grouting, groundwater protection, water tapping, tunneling). Belgrade, Zebra, 2000. 347 p.

6. Страданченко С.Г. Плешко М.С., Армейсков В.Н. О необходимости проведения комплексного мониторинга подземных объектов на различных стадиях жизненного цикла. // Инженерный вестник Дона, 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.

7. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Том 2. Вопросы гидрогеологии карста, реки и озера карстовых районов, карст мела, гидротермокарст. Пермь, 1969. 529 с.

8. Соколов Д.С. Основные условия развития карста, М., 1962. 322 с.

9. Саваренский И.А. Миронов Н.А. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста, М., 1995. 165 с.

10. Шебуняев А.Н., Юдина И.М. Расчет напряженно-деформированного состояния основания в области карстового провала // Инженерный вестник Дона, 2019, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5637.

References

1. Homenko V.P. Karstovo-suffozionnye processy i ih prognoz [Karst-suffusion processes and their forecast]. Moskva, 1986. 97 p.

2. Dublyanskij V.N., Dublyanskaya G.N. Karstografirovanie, rajonirovanie i inzhenerno-geologicheskaya ocenka karstovannyh territorij [Karstography, zoning and engineering-geological assessment of karst territories]. Novosibirsk, 1994. 154 p.

3. Maksimovich G.A. Osnovy karstovedeniya. Tom 1. Voprosy morfologii karsta, speleologii i gidrogeologii karsta [Basics of karstology. Volume 1. Questions of karst morphology, speleology and karst hydrogeology]. Perm', 1963. 445 p.
4. Marinos P. Proc. of the eighth multidisciplinary conference on sinkholes "Sinkholes: their geology, engineering and environmental impact of karst". Lousville, USA. A.A. Balkema, 2001. pp. 3-16.
5. Milanović P. Geological engineering in karst (Dams, reservoirs, grouting, groundwater protection, water tapping, tunneling). Belgrade, Zebra, 2000. 347 p.
6. Stradanchenko S.G., Pleshko M.S., Armeyskov V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.
7. Maksimovich G.A. Osnovy karstovedeniya. Tom 2. Voprosy gidrogeologii karsta, reki i ozera karstovyh rajonov, karst mela, gidrotermokarst [Basics of karstology. Volume 2. Issues of hydrogeology of karst, rivers and lakes of karst areas, chalk karst, hydrothermo karst]. Perm', 1969. 529 p.
8. Sokolov D.S. Osnovnye uslovija razvitija karsta [The main conditions for the development of karst], M., 1962. 322 p.
9. Savarenskij I.A., Mironov N.A. Rukovodstvo po inženerno-geologicheskim izyskaniyam v rajonah razvitiya karsta [Guide to geological engineering surveys in karst development areas], M., 1995. 165 p.
10. SHebunyaev A.N., YUdina I.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5637.