УДК 556

Процессы карстообразования при получении прогнозных оценок изменения геологической среды *

Дорофеев Н.В., Романов Р.В.

В настоящее время техногенная нагрузка на грунт увеличивается большими темпами, при этом в районах с повышенной геодинамикой и сложной гидрологической обстановкой вероятность появления негативных последствий от протекания приповерхностных процессов и, как следствие, изменение геологической среды резко возрастает. Одними из приповерхностных процессов являются карсто-суффозионные, контроль и прогнозирование которых на данный момент является актуальной задачей. Поэтому для повышения точности прогнозных оценок изменения геологической среды и времени прогноза необходимо определить факторы, влияющие на развитие процессов карстообразования, что и является целью данной работы. В работе приводятся 4 основных фактора образования карста и приводится взаимосвязь активизации карстово-суффозионных процессов в Дзержинском районе и уровнем воды в реке Ока.

Ключевые слова: геоэлектрический контроль, геодинамический объект, карст, процессы карстообразования, карстово-суффозионные процессы.

Karst processes in obtaining prediction assessments of geo-environment alterations

Dorofeev N.V., Romanov R.V.

Nowadays, anthropogenic impact on the ground is increasing at a faster rate. In addition, the areas featuring higher geodynamics and complex hydrological environment, suffer from the negative effects of near-surface processes and, as a result, the geological environment alteration increases dramatically. One of the near-surface processes is karst-suffusion, whose monitoring and predicting are an urgent task at the moment. Therefore, to improve the accuracy of prediction assessments of alteration in the geological environment and prediction time, it is necessary to determine the factors affecting the development of karstification processes, which is the purpose of this work. The paper presents four main factors of karstification and provides interrelation between the intensification of karst-suffusion processes in Dzerzhinsk area and the water level in the Oka river.

Keywords: geoelectric monitoring, geodynamic object, karst, karst processes, karst-suffusion processes.

Введение

В процессе расширения техногенной среды происходит освоение и застройка новых территорий. При этом инженерно-технические объекты могут оказываться на территориях с нестабильной геологической структурой. Хотя в настоящее время перед началом строительства, в соответствии с нормативно-правовыми документами, для оценки застраиваемой территории проводят инженерно-изыскательные работы и в случаях необходимости расположения инженерно-технических сооружений на территориях с нестабильной геологической структурой проводят комплекс мер, направленный на защиту возводимых объектов от динамики геологической среды, полностью избавиться от последствий развития геологических процессов в приповерхностном слое не удается. Примерами тому служат многочисленные техногенные аварии в Нижегородской и Пермской областях, в Свердловской области и в районах Гессена Германия).

*** Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ «14-08-31570-мол_а»**

Таким образом, актуальной является задача разработки систем прогнозирования геодинамических процессов. Одним из важных этапов при решении данной задачи является нахождение прогнозной функции развития приповерхностных геодинамических процессов, в частности процессов карстообразования.

Цель работы – определение факторов, влияющих на развитие карстовых процессов.

Развитие карстовых процессов

Одной из основных причин изменения геологического разреза для многих стран мира являются процессы карстообразования. В свою очередь, развитие процессов карстообразования обусловлено различными физико-химическими процессами (рисунок 1), при этом растворимость хлоридных, сульфатных и карбонатных пород находится в примерном соотношении 10000:100:1 [1].

Как видно из рисунка 1 развитие процессов карстообразования зависит от наличия как минимум четырех основных факторов:

- наличия растворимых пород (карбонатные, сульфатные, соляные);
- наличие растворителя (вода);
- наличие подхода растворителя к карстующимся породам;
- наличие отвода растворенной субстанции.

В подтверждение этому на рисунке 2 приведены хронологические графики уровня воды в реке Оке и количества образовавшихся провалов. Обратим внимание, что процесс растворения зависит не только от геологического строения разреза и его расположения в близи источников воды, но и от климатических условий.

Также при прогнозировании процессов карстообразования необходимо учитывать не только метеорологические данные, но и свойства грунтов. Зависимости температуры грунта от его свойств, температуры воздуха, влажности и уровня сезонного оттаивания подробно рассмотрены в трудах И.С. Житомирского и А. Инстанеса [2]. Зависимости электрических и физических свойств грунтов от влажности и факторов, образующих ее, кроме пособия к СНиП 2.05.02-85 рассмотрены в работах [3-6].

Следует отметить об обратной зависимости температуры грунта от его влажности, при этом значение температуры на глубине z через время t можно получить как:

$$X_7^j(z) = X_9^{\max}(x,y)\exp\left(\frac{X_1^i(d)-z}{\alpha}\right)*$$

$$*\sin\left(\frac{2\pi t}{T}+\frac{\sqrt{\pi T}\,(X_1^i(d)-z)}{\sqrt{\alpha}}+X_9^{\varphi}(x,y)\right)$$

где $X_9^{\max}(x,y)$ – значение амплитуды колебаний суточной (сезонной, многолетней) температуры в точке с координатами x,y;

T – период колебания температуры (суточный, сезонный, многолетний);

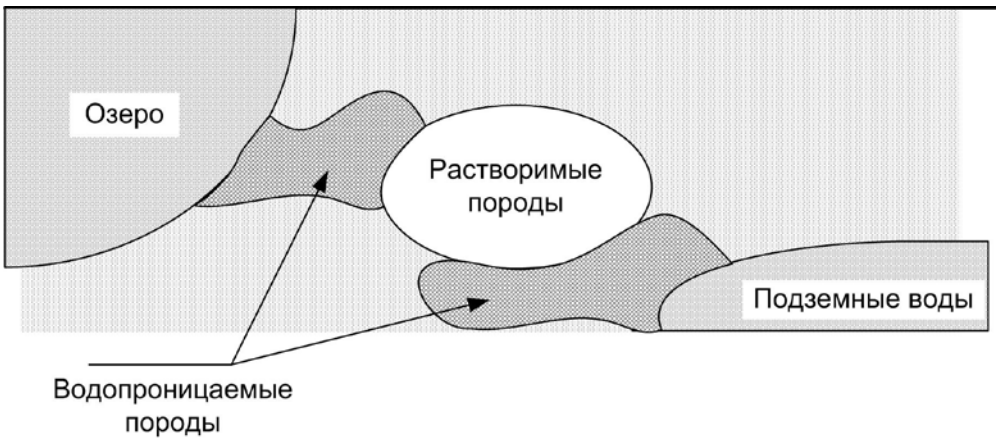

Рис. 1. Схема влияния эндогенных факторов на карстово-суффозионные процессы и геодинамический мониторинг.

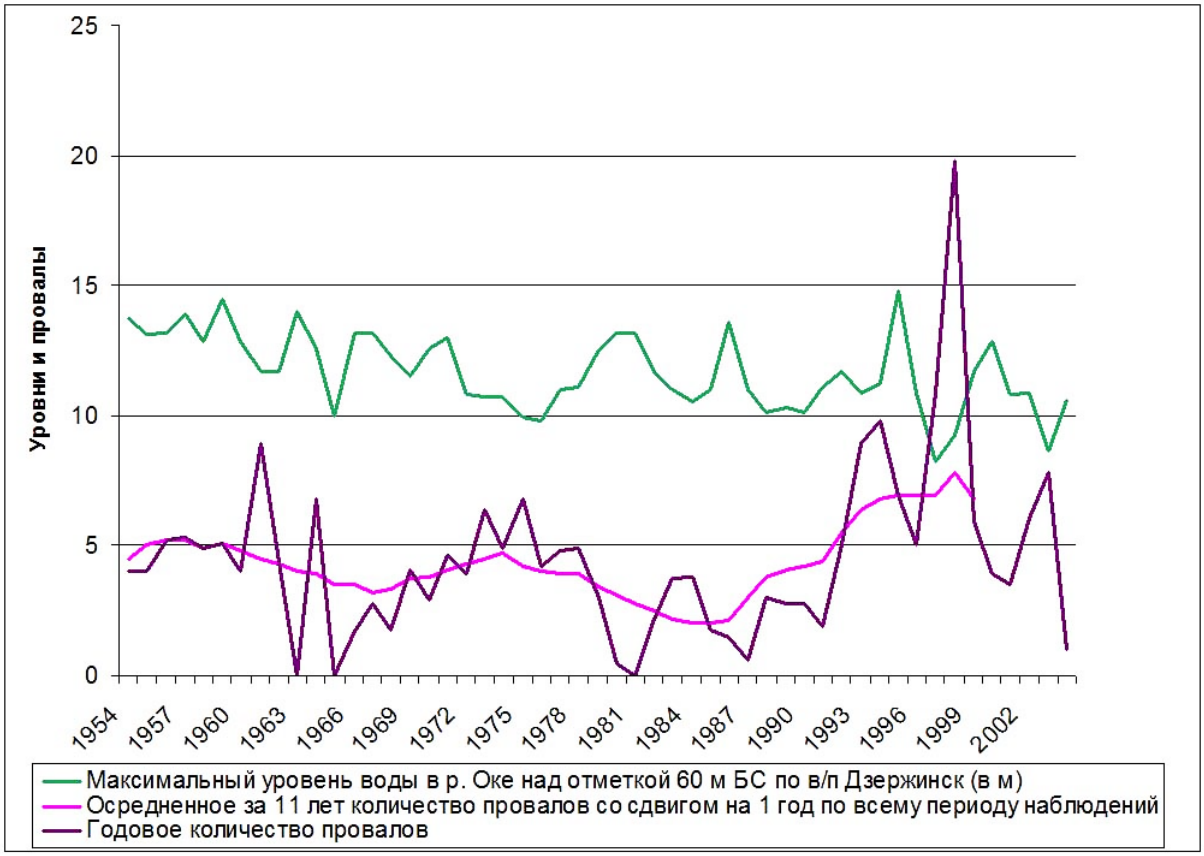

Рис. 2. Хронологические графики изменения максимальных уровней воды в р. Оке и образования карстовых провалов.

α – приведенный коэффициент температуропроводности [7];

$X_9^{\varphi}(x, y)$ – фазовый момент для суточных (сезонных, многолетних) колебаний, соответствующий температуре в настоящий момент времени;

$X_1^i(d)$ – глубина сезонного оттаивания.

Заключение

Таким образом, при получении прогнозных оценок изменения геологического разреза вследствие развития процессов карстообразования необходимо не только оперативно следить за приповерхностными слоями и изменением климатических условий в локальной точке, но и использовать данные регионального уровня, например, данные гидрологии. Для этого необходимо использовать специальные методы и подходы комплексирования разнородных данных, проводить локальное и региональное моделирование изменения геологической среды с применением ГИС технологий.

Литература

1. *Aderhold G.* Klassifikation von erdfallen und senkungsmulden in karstgefahrdeten gebieten hessens. Empfehlungen zur Abschatzung des geotechnischen Risikos bei Baumassnahmen // HLUG – Hessesches Landesamt fur Umwelt und Geologie. Geologische Abhandlungen Hessen, Band 115, Wiesbaden 2015.

2. *Instanes A.* // Arctic Climate Impact Assessment – Scientific Report, 2006, chapter 16.

3. *Орехов А.А., Дорофеев Н.В.* Алгоритм коррекции влияния гидрологической помехи на контроль геодинамических объектов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных, 2012, №22. – С. 74-78.

4. *Орехов А.А., Дорофеев Н.В.* Геоэлектрическое моделирование приповерхностных геодинамических объектов с учётом воздействия эндогенных факторов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных, 2014, Вып. 1 (26). – С. 32-40.

5. *Орехов А.А., Дорофеев Н.В.* Информационно-измерительная система для проведения геоэлек-

трического контроля геодинамических объектов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2012, №2. – С. 60-62.

6. *Орехов А.А., Дорофеев Н.В.* Геоэлектрическое моделирование подземных водных объектов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, №4. – С. 16-19.

7. *Кузичкин О.Р.* Алгоритм формирования прогнозных геодинамических оценок при геоэлектрическом мониторинге суффозионных процессов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2008, №5. – С. 50-53.

References

1. *Aderhold G.* Klassifikation von erdfallen und senkungsmulden in karstgefahrdeten gebieten hessens. Empfehlungen zur Abschatzung des geotechnischen Risikos bei Baumassnahmen // HLUG – Hessesches Landesamt fur Umwelt und Geologie. Geologische Abhandlungen Hessen, Band 115, Wiesbaden 2015.

2. *Instanes A.* // Arctic Climate Impact Assessment – Scientific Report, 2006, chapter 16.

3. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Algoritm korrekcii vlijanija gidrologicheskoj pomehi na kontrol' geodinamicheskih ob#ektov [Algorithm for correcting the effect of hydrological disturbance on the geodynamic control objects] // Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannyh [Algorithms, methods, and data processing system], 2012, vol. 4 (22). – 74-78 p.

4. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Geojelektricheskoe modelirovanie pripoverhnostnyh geodinamicheskih ob#ektov s uchjotom vozdejstvija jendogennyh faktorov [Geoelectric modeling of geodynamic subsurface objects, taking into account the impact of endogenous factors] // Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannyh [Algorithms, methods, and data processing system], 2014, vol. 1 (26). – 32-40 p.

5. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Informacionno-izmeritel'naja sistema dlja provedenija geojelektricheskogo kontrolja geodinamicheskih ob#ektov [Information-measuring system for the geoelectric monitoring of geodynamic objects] // Radiotehnicheskie i telekommunikacionnye sistemy [Radio Engineering and Telecommunication Systems], 2012, №2. – P. 60-62.

6. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Geojelektricheskoe modelirovanie podzemnyh vodnyh ob#ektov [Geoelectric modeling underground water objects] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2012, № 4. – P. 16-19.

7. *Kuzichkin O.R.* Algoritm formirovanija prognoznyh geodinamicheskih ocenok pri geojelektricheskom monitoringe suffozionnyh processov [The algorithm for generating the forecast estimates for geodynamic geoelectric monitoring suffusion processes] // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika [Devices and systems. Management, monitoring, diagnostics], 2008, №5. – P. 50-53.

Статья поступила в редакцию 22 августа 2014 г.

Дорофеев Николай Викторович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: DorofeevNV@yandex.ru

Романов Роман Вячеславович – аспирант кафедры «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru

Dorofeev Nikolay Viktorovich – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: DorofeevNV@yandex.ru

Romanov Roman Vyacheslavovich – Graduate student, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru