
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

Orekhov Aleksandr Aleksandrovich – Teacher, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: alexorems@yandex.ru

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

УДК 550.83

Использование геофизических методов локализации карстового процесса *

Романов Р.В., Дорофеев Н.В.

Защита народно-хозяйственных объектов от возможных последствий катастроф, а также контроль геологической среды в процессе эксплуатации промышленных объектов заставляют проводить контроль геодинамических объектов. Целью данной работы является выявление карстовых геодинамических объектов геофизическими методами, в качестве базового используемого метода выбран метод сопротивлений. Данный метод имеет несколько модификаций - это электропрофилирование и электротондирование. Использование той или иной модификации зависит от задач, территорий и условий проводимого зондирования. В работе также представлены физические основы метода сопротивлений и получаемые первичные результаты электропрофилирования и электротондирования. Проиллюстрирован на графиках характер связи между кажущимся сопротивлением и строением геологического разреза. Определена зависимость типа кривых электрического зондирования от соотношения параметров слоев в геоэлектрическом разрезе.

Ключевые слова: электрическое зондирование, карстовый процесс, геоэлектрический разрез, геодинамический объект.

The application of geophysical methods for karst localization process

Romanov R.V., Dorofeev N.V.

Protection of national economic projects from possible effects of catastrophes as well as the geological environment control in the operation of industrial facilities involves geodynamic objects monitoring. The paper deals with the identification of karst geodynamic objects by means of geophysical methods. Resistance method is chosen as the main one. The method has some modifications such as the electric profiling and the electric sounding. The modification choice depends on the tasks, areas and conditions under sounding. The paper also deals with the physical basis of the resistance method and initial results obtained by electrical profiling and electric sounding. The nature of the relationship between the apparent resistivity and the geological section structure is illustrated in graphs. The electrical sounding curves type dependence on the parameters ratio of geoelectric section layers is determined.

Keywords: electric sounding, karst process, geoelectric section, geodynamic object.

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

Введение

Движение подземных вод сравнительно низкое, поэтому они воздействуют на геологическую среду по большей мере не механически, а путем растворения горных пород. Под влияние попадают известняки, гипсы, доломиты, и т.д. Вследствие такого влияния имеют место или возможны поверхностные и подземные проявления карста. Карстово-суффозионные явления носят внезапный характер, что приводит к неожиданному, резкому изменению формы поверхности и внутреннего строения породы (просадки деформации) [1,2]. Локализация и мониторинг карстового процесса необходимы для прогнозирования неблагоприятных условий возникновения катастроф и уменьшения наносимого ущерба биосфере. Данные меры необходимы также и вследствие того, что эксплуатация объектов в этих зонах зачастую является экономически выгодной [1].

Целью работы является выявление карстовых геодинамических объектов геофизическими методами.

Организация геодинамического контроля карстовых процессов.

В настоящее время для обнаружения карстовых явлений используются разнообразные геофизические методы, и их применение зависит от целого ряда геологических, топографических и технических факторов [4].

Геофизические методы исследования в карстовых районах необходимы для решения следующих задач:

- определения состава и строения осадочных пород;
- поиск, оконтуривание и анализ строения массивов, содержащих закарстованные толщи горных пород [2].

В каждом конкретном случае при проектировании изыскательских работ по изучению карста устанавливаются площади, в пределах которых будут проведены геологические и гидрогеологические исследования, позволяю-

щие ограничить площади непосредственного мониторинга карста.

Основными геофизическими методами, применяемыми для геодинамического контроля карстовых процессов, являются методы электрического зондирования.

Электрическое поле на переменном токе обычно создают системой точечных источников, располагаемых на поверхности. Электрический потенциал или поле этих источников измеряют в одной или нескольких точках с помощью измерительных электродов. В простейшей схеме используются два питающих (А и В) и два измерительных (М и N) электрода.

Измеряется сила этого тока и напряжение между приемными электродами, по значениям которых с учетом геометрического коэффициента установки рассчитывается кажущееся сопротивление (ρ_k), являющееся параметром электрического поля, косвенно характеризующим истинные электрические параметры геологической среды. Для методов сопротивления кажущееся сопротивление определяется формулой:

$$\rho_k = k \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}},$$

где k – коэффициент установки, ΔU_{MN} – разность потенциалов на приемной линии MN , I_{AB} – ток в линии AB . В общем случае формула для коэффициента установки имеет вид:

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}},$$

При этом увеличение геометрических размеров установок ведет к увеличению глубины исследований [3].

Модификации метода электрического зондирования.

Основными модификациями метода электрического зондирования являются: электропрофилирование (ЭП) и электролокационное зондирование (ВЭЗ).

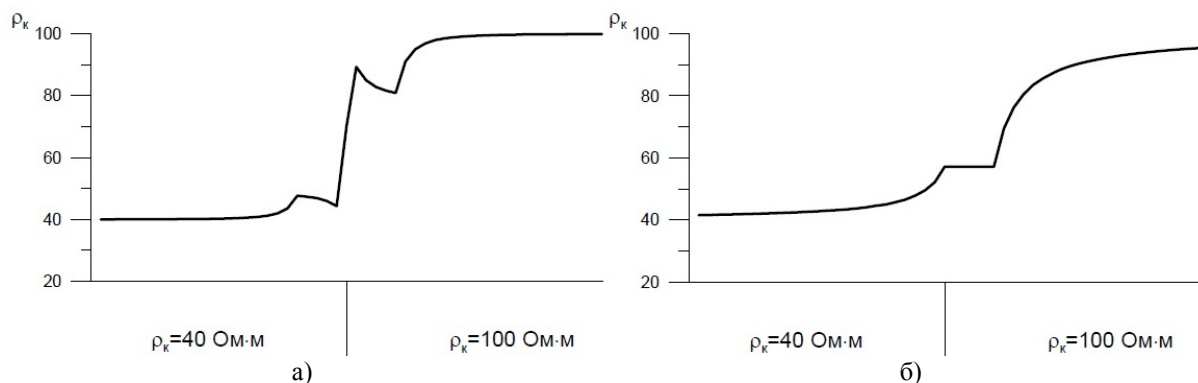


Рис. 1. График кажущегося сопротивления над вертикальной границей при: а) профилировании 4-х электродной установкой AMNB, б) 2-х электродной установкой AM(N и B в ∞).

Электропрофилирование (ЭП) выполняется путем измерений с помощью неизменяемой установки с выбранным шагом по профилю [3].

Первичным результатом ЭП являются графики кажущегося электрического сопротивления (ρ_k) вдоль профиля наблюдений. Интерпретация результатов ЭП дает возможность определения положения в плане границ пород, имеющих разное удельное электрическое сопротивление (УЭС).

В методе ЭП предметом исследований в первую очередь является определение местоположения объекта, создающего аномалию.

Характер связи между кажущимся сопротивлением и строением геологического разреза зависит от типа установки. Графики кажущегося сопротивления разных типов установок показаны на рис. 1.

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) выполняется путем измерений кажущихся сопротивлений (ρ_k) при изменяющихся линейных размерах измерительной установки. Результатом являются кривые ВЭЗ, представляющие собой графики зависимости (ρ_k) от действующего расстояния полуразноса АВ/2 измерительной установки. Тип кривых электрического зондирования зависит от соотношения параметров слоев в геоэлектрическом разрезе (Рис. 2)

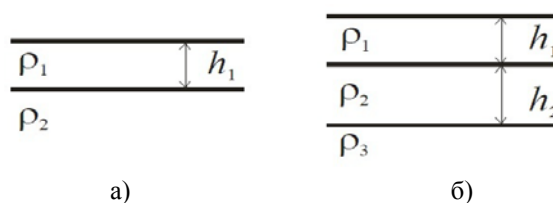


Рис. 2. Слоистые геоэлектрические разрезы: а) - двухслойный, б) – трехслойный.

В зависимости от количества слоев в геоэлектрическом разрезе его называют двухслойным, трехслойным, и т.д.. По оси абсцисс откладывается расстояние АВ/2 в метрах, а по оси ординат ρ_k в Ом·м.

Двухслойные кривые могут быть двух типов $\rho_1 > \rho_2$ (Рис. 3а), $\rho_1 < \rho_2$ (Рис. 3 б).

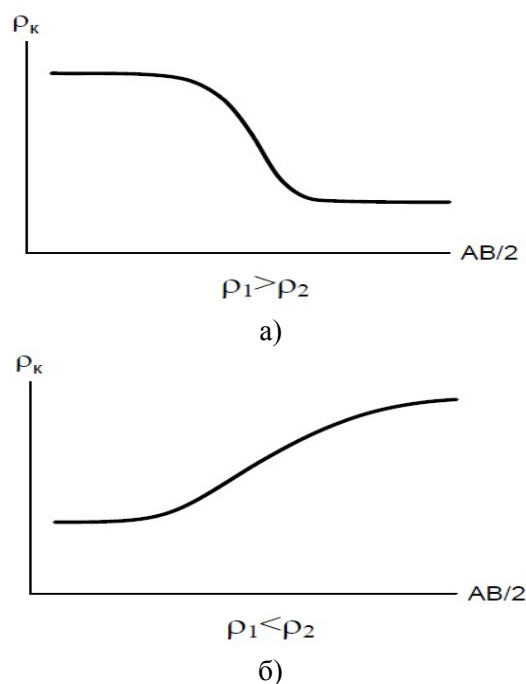


Рис. 3. Типы двухслойных кривых ВЭЗ.

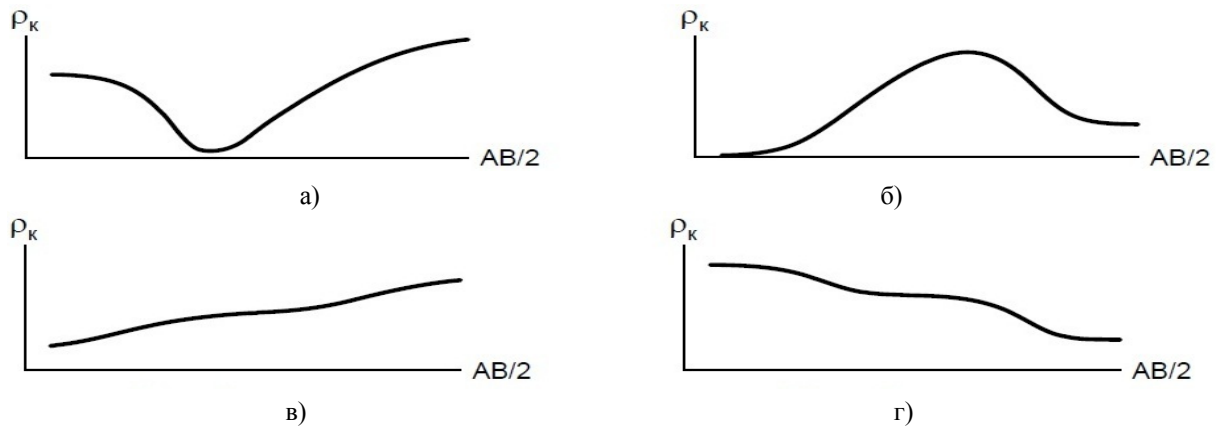


Рис. 4. Типы кривых для трехслойных электрических разрезов а) – тип Н: $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$, б) – тип К: $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$, в) – тип А: $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$, г) – тип Q: $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$.

Для трехслойных электрических разрезов выделяют 4 типа трехслойных кривых, которые обозначаются латинскими буквами Н, К, Q, А (Рис. 4).

Вертикальные электрические зондирования выполняются как в отдельных точках, или по профилям, так и по площади на поверхности суши или на акваториях. Глубинность исследований и разрешающая способность метода зависят от соотношения сопротивлений пород на их границах и от размеров измерительной установки [3].

Интерпретация кривых в электрическом зондировании выполняется различными способами (палеточным, методом подбора, с помощью различных компьютерных программ, методом особых точек) и позволяет определять электрические свойства пород и положение в пространстве границ пород. По полученным значениям, используя установленные связи и зависимости, возможна оценка параметров состава пород, их строения, состояния и свойств.

Заключение

На сегодняшний момент значительно возросла потребность в геофизических исследованиях, более того, существует свод правил инженерно-геологических изысканий по строительству с обязательным использованием этих методов, поэтому их следует считать ведущими

методами при изучении карста. Геофизические исследования позволяют более уверенно и качественно проводить оценку закарстованных территорий.

Литература

1. Кузичкин О.Р. Программно-аппаратная организация электролокационных систем при геомониторинге карста // Проектирование и технология электронных средств, 2006, №4. – С.54-58.
2. Лисицын В.В. Рекомендации по геофизическому исследованию закарстованности территорий, предназначенных для строительства. – М.: 1971.
3. Доброхотова И.А., Новиков К.В. Электроразведка. Учебное пособие. – М.: РГГУ, 2009.
4. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Организационная структура геоэкологического мониторинга геодинамических объектов // Технологии техносферной безопасности, 2012, №4(44). – С. 1-4.

References

1. Kuzichkin O.R. Programmno-apparatnaja organizacija jelektrolo-kacionnyh sistem pri geomonitoringe karsta [Hardware and software electro location systems at geomonitoring karst] // Proektirovanie i tehnologija jelektronnyh sredstv [Design and technology of electronic means], 2006, vol. 4. – P 54-58.
2. Lisitsin V.V. Rekomendacii po geofizicheskomu issledovaniju zakarstovannosti territorij, prednaznachennyh dlja stroitel'stva [Recommendations of geophysics research of karst areas designated for construction]. – Moscow, 1971.

3. *Dobrokhotova I.A., K.V. Novikov* Jelektromagnitnaja zvedka. Uchebnoe posobie [Electromagnetics. Textbook]. – Moscow, SGU, 2009. – 55 p.

4. *Orekhov A.A., Dorofeev N.V.* Organizacionnaja struktura geojekologicheskogo monitoringa geodinami-

cheskih ob#ektov [The organizational structure of geoeological monitoring of geodynamic objects] // Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti [Technology of Technosphere Security], 2012, № 4 (44). – P. 1-4.

Статья поступила в редакцию 28 февраля 2014 г.

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

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

Romanov Roman Vyacheslavovich – Graduate student, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. 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