

КАРТИРОВАНИЕ АНОМАЛИЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Сергей Юрьевич Малышков

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический 10/3, старший научный сотрудник, тел. (382)249-25-91, e-mail: msergey@imces.ru

Василий Федорович Гордеев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический 10/3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (382)249-25-91, e-mail: gordeev@imces.ru

Виталий Игоревич Поливач

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический 10/3, старший научный сотрудник, тел. (382)249-25-91, e-mail: Polivach@imces.ru

В статье дано обоснование применения метода естественных импульсных электромагнитных шумов земли для картирования аномалий напряженно деформированного состояния земной коры. Приведены примеры применения метода для картирования геодинамически опасных участков, представляющих угрозу эксплуатации промышленных объектов.

Ключевые слова: геофизическая разведка, импульсное электромагнитное поле, напряженно-деформированное состояние.

STRESS-DEFORMED STATE OF THE SOILS ANOMALY MAPPING AND FRACTURE HAZARD ASSESSMENT FOR INDUSTRIAL SITES

Sergey Yu. Malyshkov

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS), 634055, Russia, Tomsk, Senior researcher, tel. (382)249-25-91, e-mail: msergey@imces.ru

Vasiliy F. Gordeev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS), 634055, Russia, Tomsk, Ph. D., Senior researcher, tel. (382)249-25-91, e-mail: gordeev@imces.ru

Vitaliy I. Polivach

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS), 634055, Russia, Tomsk, Research officer, tel. (382)249-25-91, e-mail: Polivach@imces.ru

The paper substantiates Earth natural pulse electromagnetic noises method application for stress-deformed state of the soils anomaly mapping. Examples of method application for the mapping of geodynamically dangerous plots posing threat to industrial sites operation are provided.

Key words: geophysical survey, electromagnetic pulse field, stress-strained state.

Источниками естественных импульсных электромагнитных полей Земли (ЕИЭМПЗ) являются неоднородности структуры земной коры, механически напряженные структуры, трещины и микротрещины. В результате механоэлектрических преобразований под действием деформационных волн из нижней мантии, приливных сил, микросейсмических колебаний, ветровой и техногенной нагрузки возникают импульсные электромагнитные поля, которые и создают естественный электромагнитный фон литосферного происхождения [1]. Импульсные электромагнитные поля могут меняться как при изменении состояния грунтов, так при изменении воздействия на источники полей. Например, типичные суточные хода могут нарушаться в случаях изменения ритмичного движения земной коры в результате объединения отдельных блоков земной коры в консолидированную область при подготовке землетрясений или при изменении напряженно-деформированного состояния грунтов. Таким образом, метод регистрации ЕИЭМПЗ является универсальным инструментом для геофизической разведки, мониторинга геодинамической активности Земной коры и научных исследований в области наук о Земле.

Приведем пример комплексного исследования склона правого берега реки Кама на котором развивается каскад оползней. В этом месте реку пересекает магистральный газопровод Уренгой–Помары–Ужгород. Активный оползень на данном участке магистрали представляет серьезную угрозу эксплуатации сооружения. Вид местности, где проводились работы, представлен на фотографии (рис. 1).



Рис. 1. Фотография перехода магистрального газопровода через р. Кама

Во время профильных измерений один регистратор параметров ЕИЭМПЗ использовался как реперный (вариационный) для регистрации временных вариаций поля. Он устанавливался на удалении порядка 150 метров от склона, на ровном участке местности. Относительно этой вне оползневой точки в дальнейшем оценивалась активность склоновых процессов и напряженно-деформированное состояние оползня. Пространственно-временные вариации поля измерялись аналогичными регистраторами при измерениях по сети профилей с регистрацией на каждом пикете в течении 5 минут. Все регистраторы работали с временем дискретизации 1 секунда. На каждой точке (пикете) производилось не менее 300 из-

мерений интенсивности импульсного потока ЕИЭМПЗ. Привязка регистраторов по времени осуществлялась с использованием внутренних часов регистраторов. В качестве информативного параметра использовалось отношение интенсивности импульсного потока, зарегистрированного маршрутными регистраторами к интенсивности на реперном. В случае если отношение больше 1, горные породы находятся в состоянии растяжения, при отношении меньше 1 – напряжения сжатия. Измерения проведены по одиннадцати профилям, как вдоль, так и поперек склона.

Результаты площадных измерений представлены на рис. 2. Зоны растяжения и сжатия чередуются, расположены в основном в северной (правой на рисунке) и центральной части оползневого склона. Сравнение полученных результатов с результатами геоморфологического анализа, сейсморазведки и бурения показало хорошую информативность метода регистрации ЕИЭМПЗ при низкой себестоимости работ. В настоящее время на этом участке развернута система мониторинга опасных геологических процессов по параметрам ЕИЭМПЗ для прогноза подвижек грунтов [2].

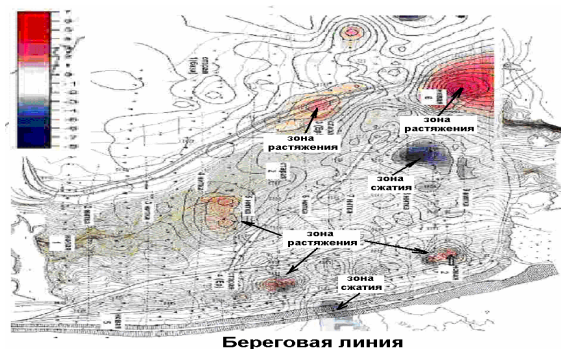


Рис. 2. Карта аномалий ЕИЭМПЗ на активном оползневом склоне.

Приведем результаты полевых измерений по трассе другого магистрального газопровода Чусовой-Березняки-Соликамск. Измерения проводились на территории с известным геологическим строением. На участке от 155 до 159 километра профиль пересекал разлом (155,5 – 157,0 км) и тектоническое нарушение дизъюнктивного и пликативного характера (158,7 км). На рис. 3 представлены результаты изменения интенсивности импульсного потока ЕИЭМПЗ по маршруту. Из рисунка видно, что борта разлома и линеаменты проявились повышенной интенсивностью сигнала ЕИЭМПЗ. Отсутствие аномалии по оси разлома обусловлено тем, что он забит малоизлучающей глиной трения и обводнен.

В 2013 году в соответствии с планом мероприятий по обследованию напряженно-деформированного состояния грунтов и картированию опасных геологических процессов (ОГП) площадки строительства атомной электростанции Нинь Тхуан 1 (Вьетнам) проведены натурные полевые исследования активных геодинамических процессов в земной коре методом ЕИЭМПЗ.

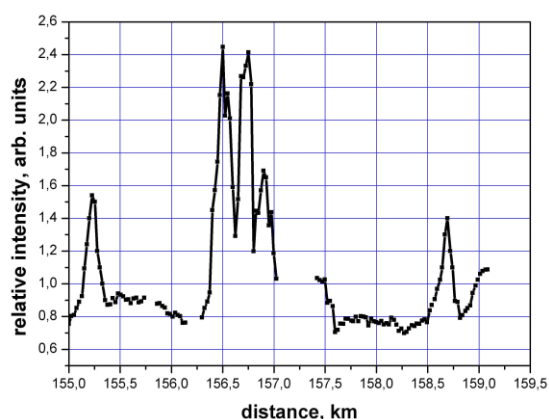


Рис. 3. Пространственные вариации интенсивности ЕИЭМПЗ по маршруту №2

По результатам профильных измерений построены карты аномалий ЕИЭМПЗ на исследуемой площади. На рис. 4 приведена карта аномального ЕИЭМПЗ обобщенная по данным двух направлений преимущественного приема (результатирующая диаграмма направленности близкая к круговой).

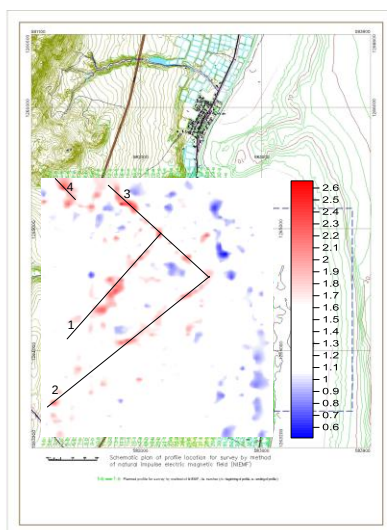


Рис. 4. Карта аномального ЕИЭМПЗ

Красные области на рисунке соответствуют повышенным величинам интенсивности ЕИЭМПЗ относительно фоновых значений. Такие области сопровождают тектонические нарушения и зоны трещиноватости горных пород. Области на рисунке выделенные синим цветом соответствуют пониженным значениям интенсивности ЕИЭМПЗ относительно фоновых. Такие области соответствуют областям сжатия горных пород.

При картировании аномалий ЕИЭМПЗ выявлено несколько линеаментов, которые интерпретированы, как малоактивные разрывные нарушения земной коры. Линеаменты нанесены в виде линий на рис. 4 и проранжированы по сте-

пени опасности для инженерных сооружений. Наиболее опасным и требующим комплексного анализа данных с данными, полученными другими геофизическими методами является разрывное нарушение №1. Этот линейный элемент сечет площадь исследований с северо-востока на юго-запад и проходит недалеко от поймы р. Мия. В структуре ЕИЭМПЗ разрывное нарушение №1 выделяется повышенными значениями интенсивности и подтверждается позднее проведенным мониторингом геодинамической активности.

Установлено, что горные породы вдоль береговой линии находятся в состоянии сжатия. Это проявилось незначительной отрицательной аномалией интенсивности ЕИЭМПЗ. Геодинамических структур с высокой степени активности и представляющих реальную угрозу эксплуатации инженерных сооружений в пределах площади исследований не выявлено. В результате дальнейших исследований наличие выявленных разрывных нарушений подтверждено другими методами геофизической разведки.

В заключение подчеркнем наиболее важную особенность предложенного метода, обеспечивающую преимущества данного способа геофизической разведки по сравнению с другими.

Источниками сигналов в горных породах являются литологические и структурные неоднородности, генерирующие сигнал за счет микродвижения горных пород, вызванных естественными процессами в земной коре. Это обеспечивает экологичность метода, его избирательную чувствительность к границам всевозможных геологических структур.

Предложенный способ геофизической разведки совмещает в себе положительные моменты электроразведочных и сейсморазведочных способов. По сравнению с сейсморазведкой предлагаемый способ не требует специальной подготовки профилей, взрывных работ, значительно снижается трудоемкость, себестоимость и сроки выполнения геофизических работ.

Как показано в наших работах [1] характеристики ЕИЭМПЗ оказываются чрезвычайно чувствительными не только к границам структурных и литологических неоднородностей земной коры, но, что не менее важно в плане практического применения, к напряженно-деформированному состоянию массивов горных пород. Предложены способы выделения как глобальных пространственно-временных вариаций ЕИЭМПЗ, так и региональных и мелкомасштабных вариаций. Выявляя вариации различного масштаба можно прогнозировать время энергии и координаты эпицентров готовящихся землетрясений [3] активизацию опасных оползневых процессов и провалов грунта на территориях бывших шахтных выработок.

Уже на данном этапе, метод получил широкое практическое применение в инженерной геологии для оценки устойчивости оползневых склонов, определении напряженно-деформированного состояния грунтов на подрабатываемых территориях, поиске активных геологических разломов, инженерно-геокриологическом картировании, разведке рудных месторождений и месторождений углеводородов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малышков Ю.П., Малышков С.Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра земли // Геология и геофизика. – 2009. – №2. – С. 152–172.
2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния оползневого склона по параметрам радишумов системой АСК-ГП / В.Ф. Гордеев и др. // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 14–19.
3. Способ прогноза землетрясений / Малышков Ю. П и др. // Патент РФ № 2238575, БИ от 20 октября 2004.

© С. Ю. Малышков, В. Ф. Гордеев, В. И. Поливач, 2016