

4. Вычисляем теоретические значения эпицентральных расстояний по временам пробега сейсмических волн.

5. Решаем систему линейных алгебраических уравнений, связывающую координаты станций и координаты очага.

6. Вычисляем функционал, выбрав те значения глубины и времен, которые минимизируют данный функционал.

7. Выводим координаты гипоцентра.

На основе данного алгоритма составлена программа расчета гипоцентров удаленных землетрясений. Программа написана на языке Фортран.

Заключение. Удаленные землетрясения происходят на больших глубинах и на расстояниях до нескольких тысяч километров от регистрирующих станций. Сопровождаются большим выбросом энергии и сильными разрушениями. Определить на какой глубине находится очаг таких землетрясений очень сложно. Полученный алгоритм позволит приблизиться к нахождению более точного значения гипоцентра. Более точные значения гипоцентра способствуют составить новую картину внутреннего строения Земли.

Список литературы

1. Бурмин В.Ю. Оптимизация сейсмических сетей и определение координат землетрясений.: Москва, 1994. 184 с.

ПОКАДРОВАЯ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЯ ИЛИ TIME-LAPSE ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY (ERT) МОНИТОРИНГА МИГРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Нилова М.В.

Институт геологии Карельского научного центра РАН, 777maria25_12@mail.ru

Покадровая электротомография или time-lapse electrical resistivity tomography – очень распространенный на Западе метод изучения различных геодинамических, гидрохимических и геоэкологических процессов. Его применение позволяет в течение длительного времени получать новую информацию о быстро развивающихся геологических процессах, и давать своевременную оценку их степени развития (Огильви, 1990; Florian et. al., 2013). Во многих западных странах, например в Италии, уже внедряют автоматизированные системы «time-lapse» электротомографии, которые также находят применение в смежных исследованиях, таких как, управление отходами, удаленный мониторинг рекультивации земель, предупреждение обвалов, оползней, селей и т.п., а также помогают в понимании экстремальных явлений таких как, наводнения или засуха (Genelle et. al., 2012; Chrétien et. al., 2014; R. De Franco et. al., 2009).

Суть покадровой электротомографии заключается в пошаговой регистрации распределения геоэлектрических параметров (ρ_k , η_k) в разрезе, в ходе протекания какого-либо динамического процесса, с целью выделения геофизических критериев, характеризующих эту динамику (Loke and Tutorial, 2012). Иными словами, в конечном объеме геологической среды проводятся измерения геофизических параметров одной и той же установкой с идентичной расстановкой электродов, на различных стадиях протекания геологического процесса.

В связи с тем, что в России данный метод только начинает активно использоваться и изучаться, объем полевых данных по покадровой электротомографии, как правило, мал, поэтому физическое и математическое моделирование и аналоговые лабораторные эксперименты играют важную роль на этапе планирования надежных систем мониторинга (Sentenac et. al., 2010). В условиях физического моделирования желательно проводить предварительные измерения до начала протекания процесса и далее с выбранным интервалом в ходе всего протекания динамики, вплоть до её полной остановки, если таковая возможна.

Сотрудниками лаборатории геофизики КарНЦ РАН было проведено физическое моделирование геологической среды, с целью мониторинга миграции в ней нефтяного загрязнения, регистрируемое методом покадровой электротомографии двумя типами установок: дипольной и Шлюмберже. Измерения УЭС производились электроразведочной станцией СКАЛА-48М. Моделирование проводилось в прямоугольном баке из стеклопластика объемом 0,385 м³. В баке была смоделирована простейшая геологическая среда из среднее и мелкозернистого песка и глиняного наклонного водоупора длиной 1,64 м. В боковых стенках, ограничивающих экспериментальную модель, была сделана перфорация для создания водного потока. В качестве загрязнителя использовались отработанные нефтепродукты, введенные инъекционно в объеме 200 мл в определенном участке бака. Далее производились измерения геофизических

параметров четырёхэлектродной симметричной электроразведочной установкой с шагом 5 см вдоль ста шестидесяти сантиметрового профиля. Цикл измерения повторялся каждые 24 часа в течение 5 суток. За это время происходило смещение нефтепродуктов под действием водотока.

Проведенные исследования показали возможности электротомографии при мониторинге загрязнения в геодинамической среде. На основе использования данной методики были определены пространственно-временные характеристики загрязнения среды нефтепродуктами. Полученные результаты дали основу для осуществления геоэкологического мониторинга посредством покадровой электротомографии на новом качественном уровне.

Список литературы

1. *Огильви, А.А.* Основы инженерной геофизики / А. А. Огильви. Москва : Недра, 1990. – 502 с.
2. *Florian M. Wagner, Marcus Möllera, Cornelia Schmidt-Hattenberger, et al.* Monitoring freshwater salinization in analog transport models by time-lapse electrical resistivity tomography // *Journal of Applied Geophysics*. 2013. V. 89. P. 84–95.
3. *Loke, M.H.* Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys [Electronic resource] / M. H. Loke. 2012. 148 p. URL: www.geotomo.com.
4. *Genelle F., Sirieix C., Riss J., Naudet V.* Monitoring landfill cover by electrical resistivity tomography on an experimental site // *Engineering Geology*. 2012. V. 145–146. P. 18–29.
5. *Chrétien M., Lataste J.F., Fabre R., Denis A.* Electrical resistivity tomography to understand clay behavior during seasonal water content variations // *Engineering Geology*. 2014. V. 169. – P. 112–123.
6. *R. de Franca, G. Biellab, L. Tosib, et al.* Monitoring the saltwater intrusion by time lapse electrical resistivity tomography: The Chioggia test site (Venice Lagoon, Italy) // *Journal of Applied Geophysics*. 2009. V. 69. P. 117–130.
7. *Sentenac P., Montinaro A., Kullessa B.* Diesel transport monitoring in simulated unconfined aquifers using miniature resistivity arrays // *Environmental Earth Science*. 2010. V. 61. P. 107–114.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ И АКТУАЛЬНОСТЬ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА ПРИ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕСКА И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ

Родионов А.И.

Институт геологии Карельского научного центра РАН, fabian4695@gmail.com

На сегодняшний день всё большую сферу применения при изучении приповерхностной части разреза находит метод георадиолокации, который, как показывают исследования различных авторов (Владов, 2004; Daniels, 2004), позволяют получить широкий спектр информации о строении геологической среды, основываясь на изменениях её диэлектрической проницаемости. Георадиолокация используется при проведении инженерно-геологических изысканий, разведке месторождений полезных ископаемых, в частности песчано-гравийной смеси (ПГС) и песка. Существует ряд успешных примеров использования этой методики для определения полезной толщи на подобных месторождениях (Глазунов, 2001; Lucius, 2006). При проведении работ с участием данного метода важно учитывать, что различные условия образования песка и ПГС формируют разные по составу и строению залежи, требующие особого подхода. Целью данной работы является изучение возможностей георадиолокации при разведке месторождений песка и ПГС в пределах распространения ледниковых форм рельефа в Северо-Западном регионе России.

Изыскания проводились в трёх областях Северо-Западного региона – Республике Карелия, Новгородской области и Мурманской области (рис. 1). Большинство месторождений разведывалось для нужд дорожного строительства. На значительной части исследуемой территории состав, структура и морфология четвертичных отложений обусловлены деятельностью ледника, приведшей к образованию водно-ледниковых, флювиогляциальных и аллювиальных отложений. Одним из важнейших геологических факторов, влияющих на распределения месторождений песка и ПГС, является характер дегляциации (Евзеров, 2000). Этот процесс протекает по-разному, в зависимости от состава пород, климата и прочих факторов, что приводит к формированию большого количества различных генетических типов месторождений. Основными формами рельефа, к которым приурочены крупные запасы песка и ПГС, являются краевые гряды, озы, флювиогляциальные равнины и дельты.

Георадиолокационные исследования осуществлялись георадаром «ОКО-2» с антенным блоком АБ-150М по отдельным рекогносцировочным профилям, привязка осуществлялась с помощью GPS навигатора. В задачи георадиолокации входило определение структуры и мощности рыхлых отложений, выделение