

Георадарное исследование загрязнения грунта на архипелаге Земля Франца-Иосифа

Л.Б. Волкомирская¹, О.А. Гулевич¹, А.С. Добрянский², Н.В. Кривошеев³,
Д.Р. Крюков⁴, А.Е. Резников¹

¹Институт земного магнетизма ионосферы и распространения радиоволн
Российской академии наук им. Н.В. Пушкова.

²Институт географии Российской академии наук.

³Донской государственный технический университет.

⁴ФГБУ "Национальный парк "Русская Арктика".

Аннотация: В июле и августе 2019 года в рамках полевых работ ФГБУ «Национального парка «Русская Арктика» для обследования загрязненных нефтепродуктами участков на острове Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа использовался георадар «Грот». Обсуждаются полученные результаты, делаются выводы о перспективности применения метода сверхширокополосного электромагнитного зондирования для решения экологических задач в зоне многолетнемерзлых грунтов в арктическом регионе.

Ключевые слова: национальный парк, Арктика, загрязнение, отходы, грунт, порода, георадар, экосистема, зондирование, радарограмма, инфильтрат.

Реализация стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) предполагает проведение научных исследований, в том числе экологических с использованием технологий, оказывающих минимальное воздействие на окружающую среду. Такой подход, в первую очередь, актуален для проведения исследований на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Национальный парк «Русская Арктика», расположенный на архипелаге Земля Франца-Иосифа, выделяется своими особенностями, в числе которых особые природные условия, географическое положение, разнообразие уникальных экосистем. Летом 2019 года было проведено первое исследование углеводородного загрязнения грунта на острове Земля Александры в месте расположения топливных резервуарных парков советских полярных арктических станций. Предстояло отработать технологию, позволяющую определить распределение в грунтах нефтепродуктов с учетом того, что нижняя часть изучаемого разреза сложена

многолетнемерзлыми рыхлыми обломочными грунтами и коренными породами.

Технологии бесконтактного электромагнитного зондирования определения мест утечки и загрязнения нефтепродуктами грунтов позволяют без нарушения экосистем, не нанося вред окружающей среде, получать характеристики исследуемого объекта [1-3]. Однако при этом многое зависит от электрических свойств вмещающего грунта. Если его диэлектрические свойства близки к свойствам нефтепродуктов, граница чистого и загрязнённого грунта становится слабоконтрастной и может не регистрироваться при электромагнитном зондировании [4,5]. Для выделения подповерхностных границ использовалась техника вычитания огибающей и усиления [6,7].

На увлажнённых грунтах разница в диэлектрических свойствах тех же грунтов, загрязнённых нефтепродуктами, позволяет точно определять объёмную границу области инфильтрации нефтепродуктов. В случае увлажнённых грунтов загрязнение обнаруживается по косвенным признакам, а именно, по изменению влажности грунта [8-10].

Для многолетнемерзлых грунтов, представленных на участках вторичного загрязнения острова Земля Александры характерно переувлажнение, вплоть до сплошного покрытия водной поверхностью.

Весь объём полевых работ был выполнен сотрудниками ФГБНУ Национальный парк «Русская Арктика» на оборудовании, предоставленном ООО «Таймер». Гидрогеологические условия на участке работ характеризуются глубиной сезонно-талого слоя (СТС) от 0 до 0,5 м (реже 1 м), глубинами уровней грунтовых вод от 0 до 10-20 см, неоднородными фильтрационными свойствами рыхлых грунтов, представленных суглинистыми предположительно озерными и (или) лагунными отложениями, а также аллювиальными и зандровыми отложениями -

неоднородными супесями и песками от пылеватых до среднезернистых, с коэффициентами фильтрации, не превышающими в пределах СТС (1-3) м/сут. Для решения поставленной задачи были выполнены работы по профилированию с использованием георадара ГРОТ-10 [3]. Исследования дополняются использованием материалов дистанционного зондирования (снимков и цифровых моделей рельефа) и проведением аэрофотосъемки, в целях построения ортофотоплана на исследуемую территорию и получения цифровой модели рельефа фотограмметрическим способом в пакете Metashape Agisoft Professional. Использование двух высотных эшелонов (космического и воздушного) позволяет сделать прогноз наличия загрязнения на всей территории на основе эталонов, полученных в ходе полевого обследования.

Георадарный профиль выполнен с шагом 1 метр от начального пикета, обозначенного КД 1, до конечного – КД 292. Ход профиля представлен на рис.1.



Рис. 1. - Схема георадарной трассы выполненной 13.07.19. на фоне аэрофотоснимки.

Начало профиля характеризуется наличием снежного покрова-снежника. Далее на уровне КД-14 снег закончился и поверхность профиля представлена грунтом из обломочного материала: базальты с песчано-супесчаным наполнителем. Начиная с КД-22 профиль проходит через

подножье дорожной насыпи, КД-23 – южный склон дорожной насыпи, КД-24-31 – на полотне дорожной насыпи, КД-32,33 – северный склон дорожной насыпи. На уровне КД-46 до КД-79 профиль проходит по границе снежника, до КД-199, на КД-147 профиль проходит по краю временного водоема, при этом на поверхности воды видны ржавые пятна, местами лед и снег; глубина протаивания под водой – первые сантиметры (не более 5 см), глубина воды – 15-20 см, не более 30 см между КД-175 и КД-192 – открытая поверхность воды с пленкой нефтепродуктов. На КД-196 поверхность вокруг пикета замазучена. На радарограммах видны нарушения горизонтальной слоистости аналогичные зонам загрязнения нефтепродуктами - зоны межпластовой фильтрации практически до 75нс шкалы временных задержек отражённых сигналов. Обнаружены границы многолетнемерзлых пород (ММП). Для участка, где снег сразу переходит в лед (90-160 метр профиля), глубина составляет 2 метра от поверхности. В этом слое прослеживаются нарушения горизонтальной слоистости. Причем в некоторых местах (50-60 метр профиля, 250-260 м) видно, что эти нарушения распространяются и на большую глубину, вплоть до 100 нс по шкале временных задержек. Для уверенной интерпретации выявленных аномалий в рамках полевых работ 2020 года запланировано их дополнительное изучение прямыми методами, в том числе бурение ММП на аномальных участках.

Таким образом, георадарный мониторинг позволяет локализовать аномалии на многолетнемерзлых грунтах и может быть эффективным методом для определения границ углеводородных загрязнений многолетнемерзлых грунтов.

Авторы выражают искреннюю благодарность коллективу ФГБУ «Национальный парк «Русская Арктика» за организацию и помощь в проведении работ.

Литература

1. Вайнштейн Л.А. Распространение импульсов. // УФН 1976 г., т.18, вып.2, 339 с.
2. Lalande M., Diot J.C., Vauchamp S., Andrieu J. Progr. In Electromagnetics Res. B, 11, p. 205 (2009).
3. Balabin R.V., Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V., Lyakhov G.A., Musalev D.N., Reznikov A.E., Safieva R.Z., Semyonov S.N. Georadar Sensing from Terrestrial Surface and Shafts: Approaches to Evaluation of Rock Fracturing. // Physics of Wave Phenomena, 2015, Vol. 23, № 2, pp. 143-147.
4. Шеина С.Г., Ищенко А.В. Классификация мероприятий по снижению оползневой опасности при реконструкции // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 104-108.
5. Волкомирская Л.Б., Гулевич О.А., Кривошеев Н.В., Ларина Т.Н., Резников А.Е., Экба Я.А. Пространственное исследование формирования поверхности скольжения оползня методом сверхширокополосной радиолокации и оценка объема перекрывающей толщи пород. // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3567
6. Окунев Ю.Б., Яковлев Л.А. Широкополосные системы связи с составными сигналами. – М.: Связь, 1968. 251с.
7. Maslin N.M. HF Communication: A System Approach. Pitman Publishing. 1987. 240 p.
8. Гридневский А.В. Оценка геоэкологических опасностей и рисков Донбасской агломерации // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1947/.
9. Варенков В.В., Волкомирская Л.Б., Гулевич О.А., Кривошеев Н.В., Резников А.Е., Сахтеров В.И. О связи крутизны фронта зондирующего

электромагнитного импульса в среде с поглощением и дисперсией и эффективности обнаружения аномалий диэлектрической проницаемости. // Инженерный вестник Дона, 2016, №2.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5281
10.Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. 143 с.

References

1. Vajnshtejn L.A. Rasprostranenie impul'sov. Impulse Propagation. UFN 1976 g., t.18, vyp.2, 339 p.
2. Lalande M., Diot J.C., Vauchamp S., Andrieu J. Progr. In Electromagnetics Res. B, 11, p. 205 (2009).
3. Balabin R. V, Volkomirskaya L. B., Gulevich O. A., Krivosheev N. V., Lyakhov G. A, Musalev D. N., Reznikov A. E., Safieva R. Z., and Semyonov S. N., Physics of Wave Phenomena. 2015. Vol. 23. № 2. pp. 143-153.
4. Sheina S.G. Ishchenko A.V. Nauchnoe obozrenie. 2012. №6. pp.104-108.
5. Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V., Larina T.N., Reznikov A.E., Ekba YA.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3567
6. Okunev YU.B., YAKovlev L.A. SHirokopolosnye sistemy svyazi s sostavnymi signalami. [Compound Broadband Communication Systems signals]. М.: Svyaz', 1968. 251p.
7. Maslin N.M. HF Communication: A System Approach. Pitman Publishing. 1987. 240 p.
8. Gridnevskiy A.V. Inzenernyj vestnik Dona, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1947/.
9. Varenkov V.V., Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V,



Reznikov A.E., Sahterov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №2. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5281

10. Varakin L.E. Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami. [Communication systems with noise-like signals]. M.: Radio i svyaz', 1985. 143 p.