

щающих допущений, а во-вторых, в настоящее время цены на материалы и оборудование являются договорными. Поэтому по каждому конкретному объекту расчет величин Ka -критерия должен быть уточнен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов / П.И.Тугунов [и др.]. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2002. – 658 с.
2. Коршак, А.А. Об эффективности применения газовых обвязок / А.А. Коршак, С.Л. Щепин // Трубопроводный транспорт-2005: тез. докл. междунар. учеб.-науч.-практ. конф. – Уфа, 2005. – С. 178 – 179.

УДК 551.326.7/8.002.5:621.396.96

ОПЫТ МНОГОЛЕТНЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (GPR) ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ УТЕЧКАХ ИЗ ТРУБОПРОВОДОВ

А.А. Долгий, В.В. Маркуль

ООО «LatRosTrans», Даугавпилс, Латвия

Представлены многолетние (1999...2006 гг.) практические результаты применения технологии подповерхностного радиолокационного зондирования (GPR) для оценки электрофизических параметров загрязненных грунтов. Загрязнения вызваны утечкой нефтепродукта из трубопроводов или резервуарных парков. GPR-технология состоит из процедуры радиолокационного профилирования (РП) и снятия годографов по методике общей глубинной точки (ОГТ).

Данные GPR позволили получить значения толщины слоев грунта и их относительных диэлектрических проницаемостей. Эти значения связывались со степенью загрязнения грунтов, которая заверялась измерениями толщины плавающего слоя нефтепродукта в наблюдаемых скважинах и его концентрацией в пробах грунта, взятых из этих же скважин. Такие процедуры повторялись на протяжении 8 лет с целью определить устойчивую временную корреляцию данных GPR и данных заверяющего метода. Данные GPR позволили также производить мониторинг изменений степени загрязнения нефтепродуктами и обнаружить место утечки нефтепро-

дукта из трубопровода. Данные GPR, полученные в 2006 году на одном из обследуемых мест, показали увеличение степени загрязнения грунта по сравнению с 2005 годом с 2,8 до 49 % для разных наблюдательных скважин. Кроме того, установленные величины электрических параметров были использованы для оценки индекса экологического риска от загрязнения территорий, прилегающих к объектам транспортировки и хранения нефтепродукта.

Введение. В работе представлены многолетние (1999...2006 гг.) практические результаты применения технологии подповерхностного радиолокационного зондирования (GPR) для оценки электрофизических параметров загрязненных грунтов.

Применение методик GPR для оценки электрофизических параметров загрязненных грунтов в практическом плане разработано, на наш взгляд, еще недостаточно. Наиболее интересной из них является методика, представленная в [1]. Но она достаточно сложна, требует больших временных затрат на обработку данных и в большей степени пригодна для решения исследовательских задач. Мы предлагаем более простой перечень операций и уверены, что в ряде случаев он может быть использован как GPR экспресс-метод оценки степени загрязнения слоев грунта с гомогенной структурой. Кроме того, получаемые параметры используются для определения индекса экологического риска от загрязнения территорий, примыкающих к объектам транспортировки и хранения нефтепродукта

Методика и результаты оценки параметров загрязнения грунтов нефтепродуктом. Были исследованы 3 (три) участка, загрязненные нефтепродуктом. Первый участок (рис. 1) находился на расстоянии 150 м от предполагаемого источника загрязнения грунтов. Второй участок – в месте расположения предполагаемого источника загрязнения. Третий участок – это территория, примыкающая к магистральному трубопроводу, из которого произошла утечка. В рассматриваемых случаях технология GPR включает в себя известные процедуры: радиолокационное профилирование (РП) и снятия годографов по методике общей глубинной точки (ОГТ). Обе процедуры выполнялись георадаром Зонд-12С с рабочей частотой 75 МГц.

Процедура РП (рис. 2) была выполнена для обнаружения аномальных подповерхностных зон в гомогенных структурах, а метод ОГТ – для оценки электрофизических параметров (относительная диэлектрическая проницаемость ϵ) загрязненных слоев грунта. При этом в ходе решения обратной (рис. 3, а, б) задачи GPR использовались как оптимизационный метод прямого исследования Нельдера – Мида, так и методика рекурсивного фильтра Калмана [2].

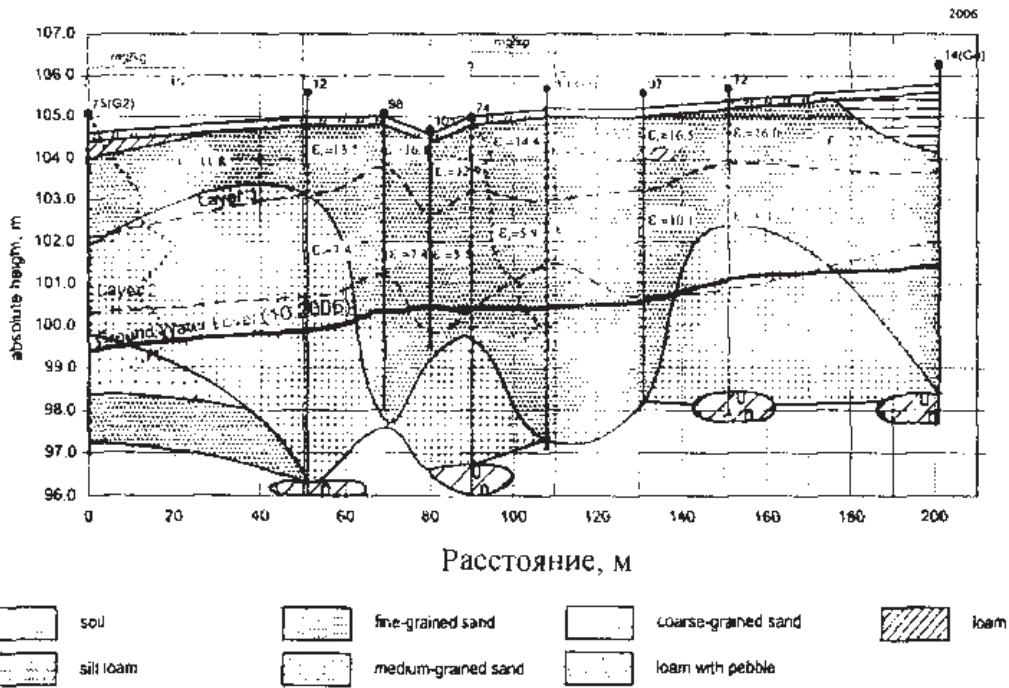


Рис. 1. Вид геологического разреза первого обследованного участка

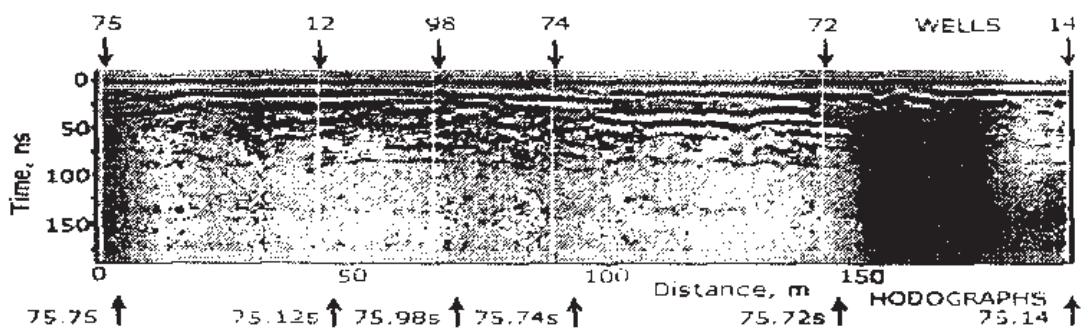


Рис. 2. Радиолокационный профиль на первом обследованном участке

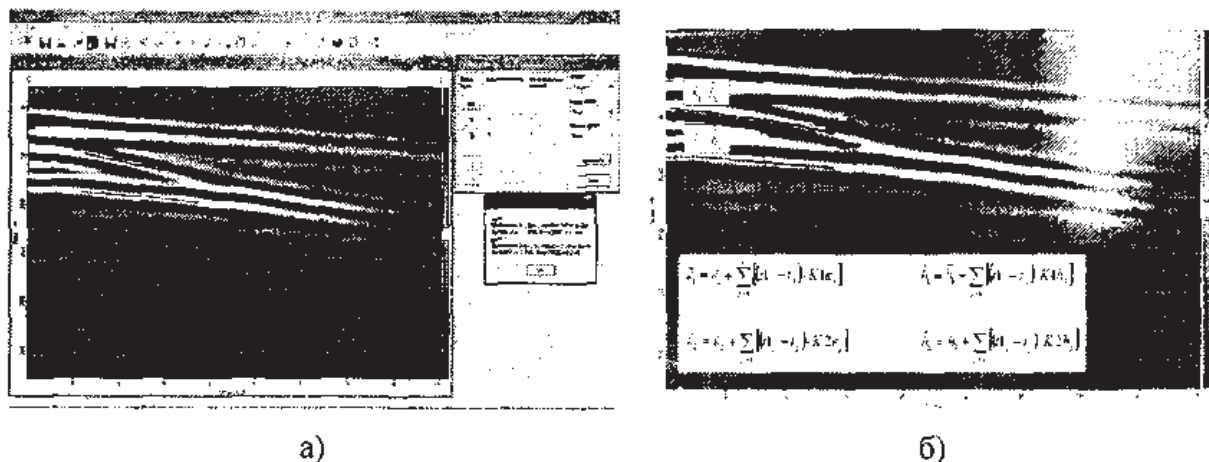


Рис. 3. Примеры определения диэлектрической проницаемости ϵ и толщины h слоев грунта, выполненных (а) оптимизационным методом Нельдера – Мида, и (б) согласно методике рекурсивного фильтра Калмана на первом обследованном участке

На основании полученных данных сопоставлены распределение диэлектрической проницаемости ϵ и толщины L слоя плавающего нефтепродукта в наблюдаемых скважинах (скважины 14, 72, 97, 13, 74, 101, 98, 12, 75, рис. 4, 5), расположенных вдоль одного из GPR профилей (см. рис. 2) на первом обследуемом участке.

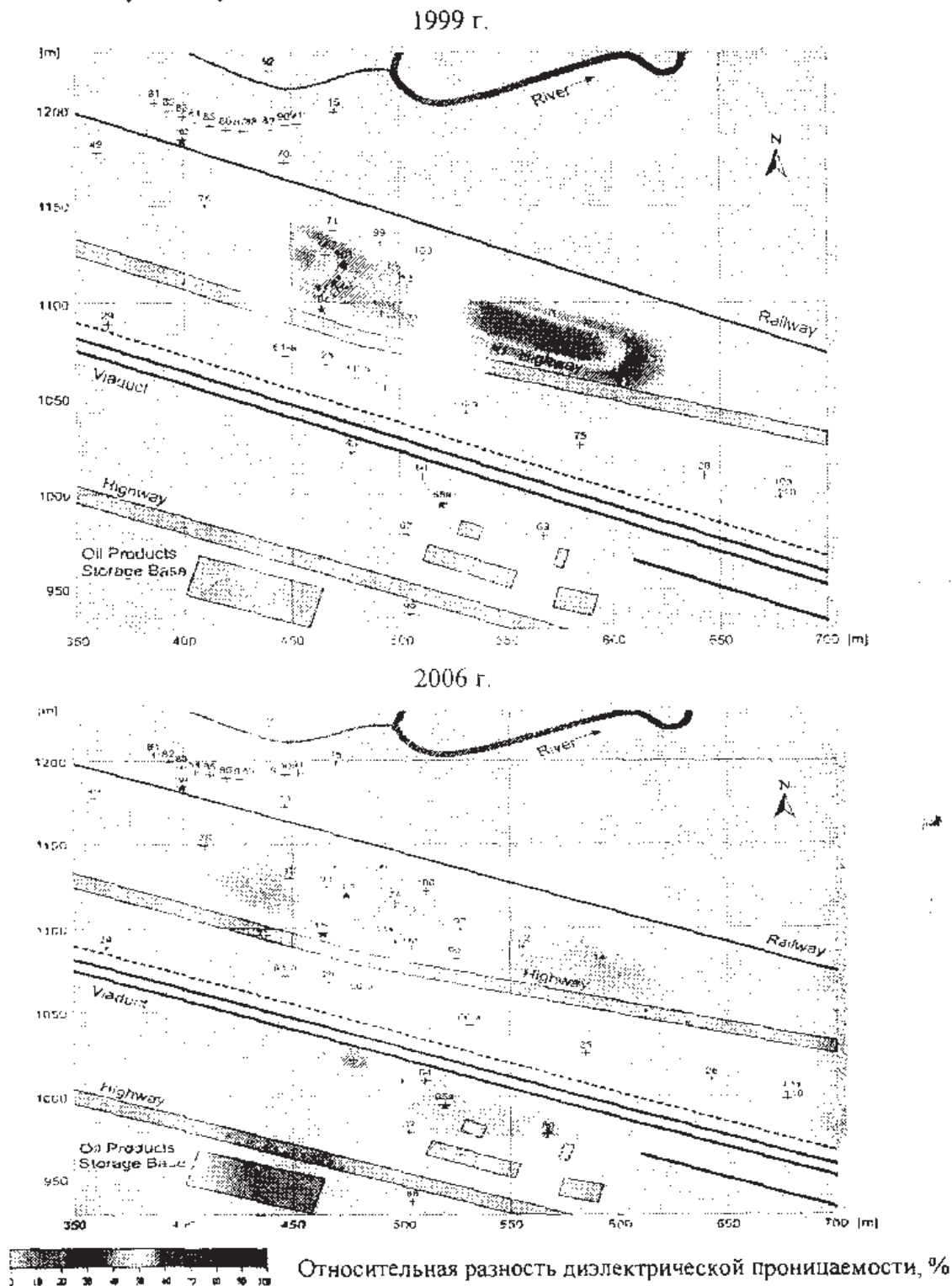


Рис. 4. Карты загрязнения слоев грунта, полученных методом применения GPR на первом и втором обследованных участках

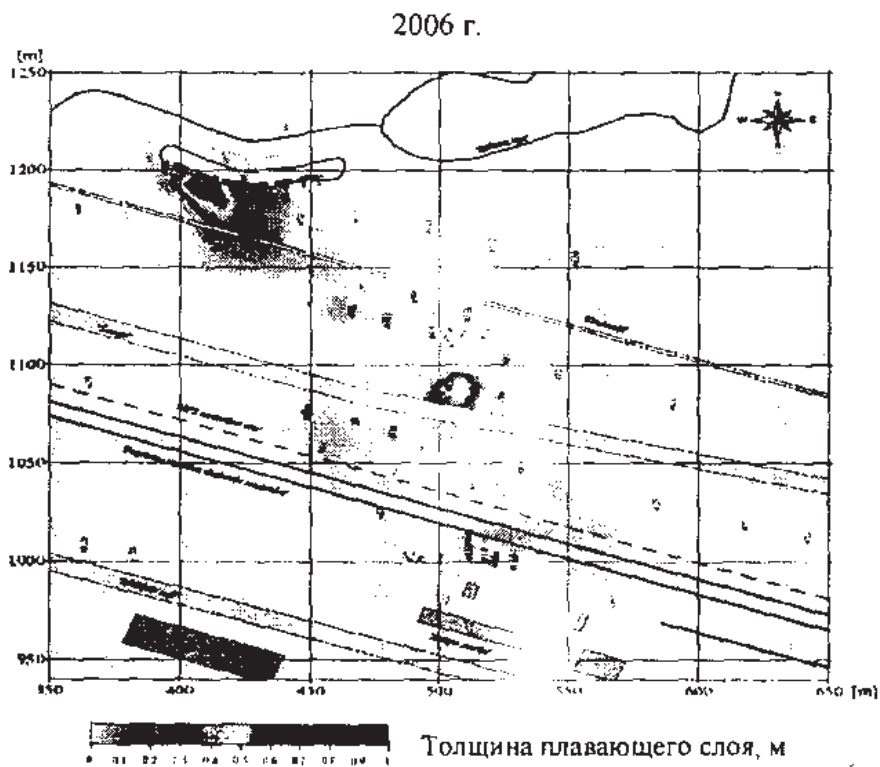
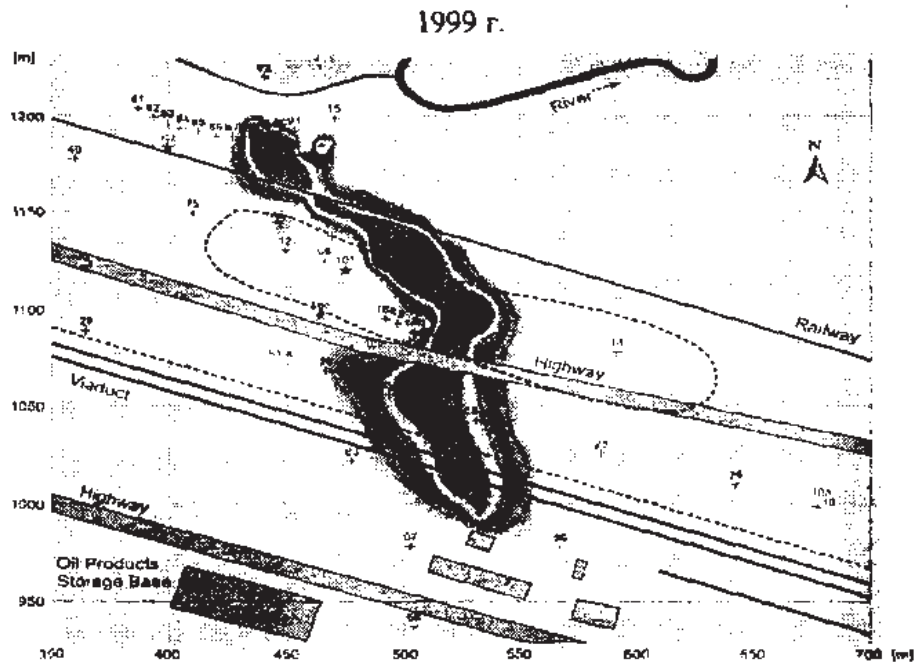


Рис. 5. Карты распределения толщины слоя плавающего нефтепродукта в наблюдаемых скважинах на первом и втором обследованных участках

В сентябре 2006 года было получено минимальное значение ($\epsilon = 3,9$) диэлектрической проницаемости для скважины 75, где наблюдалась минимальная толщина $L = 0,05$ м слоя плавающего нефтепродукта, а по GPR

профилю здесь отмечена наибольшая степень загрязнения грунта. По сравнению с 2005 годом она увеличилась соответственно по разным скважинам на 2,8...49 %.

Для наглядности данных мы предлагаем следующее. Наносить на план исследуемого участка карту (см. рис. 4) степени загрязнения в виде линий значений отношения $(\epsilon_2 - \epsilon_1)/\epsilon_1$, т.е. разницы диэлектрических проницаемостей нижнего и верхнего слоев $\epsilon_2 - \epsilon_1$ к проницаемости верхнего ϵ_1 [2].

На этот же план участка были нанесены карты (см. рис. 5) распределения толщины плавающего слоя нефтепродукта в наблюдаемых скважинах. Это позволило установить корреляцию во времени (1999...2006 гг.) GPR данных вдоль одного из профилей и толщины слоя плавающего нефтепродукта в наблюдаемых скважинах, а также зафиксировать чувствительность GPR данных к природоохранным мероприятиям (см. рис. 4, 5). Кроме того, показаны более широкие возможности технологии GPR для оценки степени загрязнения по сравнению со скважинными наблюдениями плавающего слоя нефтепродуктов в упомянутых выше скважинах. Они проявляются особенно в тех случаях, когда в наблюдаемых скважинах отсутствует плавающий слой нефтепродукта, а по результатам GPR оценки степень загрязнения грунта высокая. Это подтверждается и оценкой концентрации нефтепродукта в пробах грунта, взятых из скважины 75. В результате область загрязнения, построенная по GPR данным, более широкая (см. рис. 4), чем соответствующая область, построенная по данным наблюдаемых скважин.

На втором исследуемом участке – в районе скважин 63, 64, 65а, 69а – (см. рис. 4, 5) упомянутые процедуры также подтверждают наличие корреляции значений относительной диэлектрической проницаемости и данных, полученных путем мониторинговых наблюдений скважин осенью 2004, 2005 и 2006 годов.

Полученные GPR данные позволили обнаружить место утечки нефтепродукта из подземного трубопровода на этом участке. В результате этого степень загрязнения грунта уменьшился на 10 % осенью 2005 года по сравнению с 2004-м.

На третьем исследуемом участке – в районе скважин А-27, А-4, А-5, А-6, А-7, А-8, А-31, А-32, А-33, А-34, А-35 (рис. 6) – также подтвердилось наличие корреляции значений относительной диэлектрической проницаемости (рис. 7) и данных, полученных путем мониторинговых наблюдений скважин (рис. 8) осенью 2006 года.

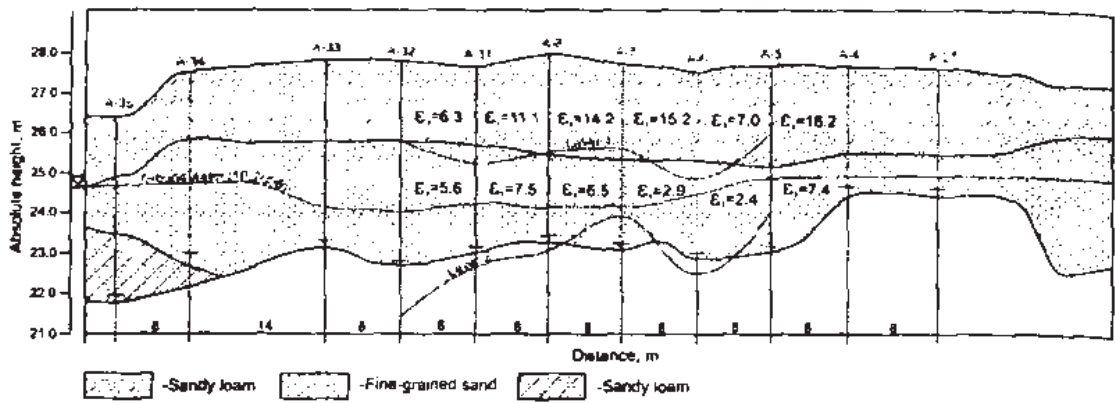
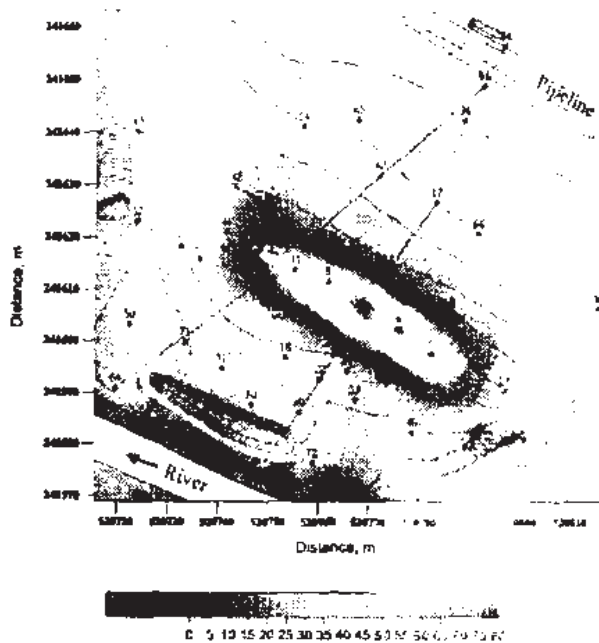
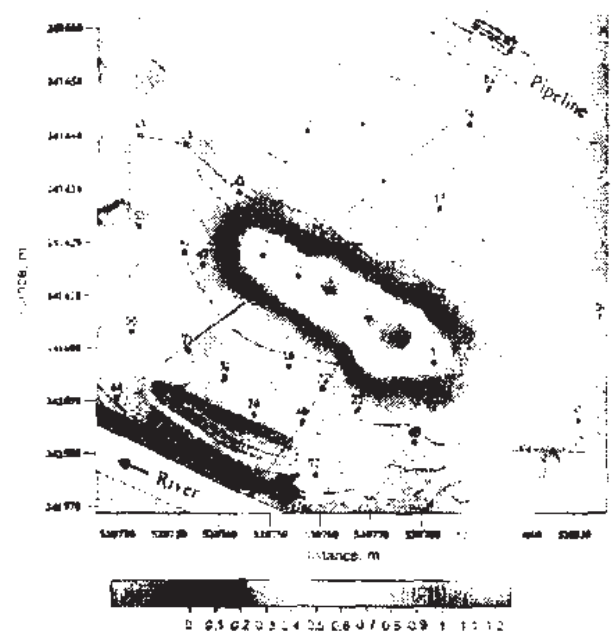


Рис. 6. Вид геологического разреза третьего обследованного участка (2006)



Относительная разность
диэлектрической проницаемости, %

Рис. 7. Карта загрязнения слоев грунта, полученная методом применения GPR на третьем обследованном участке



Толщина плавающего слоя, м

Рис. 8. Карта распределения толщины слоя плавающего нефтепродукта в наблюдаемых скважинах на третьем обследованном участке

Выводы. Сравнение результатов, полученных из наблюдаемых скважин и зафиксированных методом применения GPR, показывает, что рассматриваемый количественный параметр (в виде значений относительного изменения диэлектрической проницаемости) адекватно отражает степень загрязнения слоев грунта для участков со структурой, похожей на исследуемую. Анализ GPR данных, полученных для различных периодов времени, показывает достаточную для практического применения достоверность и чувствительность значений относительного изменения диэлек-

трической проницаемости к природоохранным мероприятиям. Применение данного параметра позволяет вести наблюдение за изменениями степени загрязнения нефтепродуктами грунта, использовать их для определения индекса экологического риска и планировать соответствующие мероприятия по охране окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deeds, J. Characterization of an aquitard and direct detection of LNAPL at Hill Air Force Base using GPR AVO and migration velocity analyses / J. Deeds, J. Bradford // The 9th International Conference on Ground Penetrating Radar, Proceedings, 2002. – P. 323 – 329.
2. Dolgiy, A. Optimal Radius Estimation for Subsurface Pipes Detected by Ground Penetrating Radar / A. Dolgiy, And. Dolgiy, V. Zolotarev // 11th International Conference on Ground Penetrating Radar, June 19 – 22, 2006, Columbus Ohio, USA, 2006.
3. Long-Term Application of GPR Technique for Estimation of Ground Contamination Degree / A. Dolgiy [et al.] // 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Expanded Abstract, Session: P021, 2006.

УДК 502.51

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЛОЖНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (ОПЫТ АВАРИИ НА МНПП «УНЕЧА – ПОЛОЦК»)

**В.К. Липский¹, Д.П. Комаровский¹, Л.М. Спиридёнок¹,
А.И. Сераков², О.В. Киселёв²**

¹УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк, Беларусь,

²ЧУП «Запад-Транснефтепродукт, Мозырь, Беларусь

Особенностью аварийных залповых сбросов нефтепродуктов при падании их в водные объекты является масштабность негативного воздействия на природную среду. Для уменьшения негативных последствий аварийных разливов нефти в трубопроводных организациях разработаны планы ликвидации аварий (ПЛА). План ликвидации аварий представляет собой комплекс мероприятий, направленных на введение в действие существ-