

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ



ДЕМОВЕРСИЯ УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

Москва 2024

ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

Оглавление

Установка демоверсии	3
Настройки операционной системы	4
Начало работы с демоверсией	6
Описание файлов данных демоверсии	9
GPR 25 MHz, Granite Under Sediment	
GPR 50 MHz, Flooded Quarry	11
GPR 50 MHz, Paleo-Riverbed	12
GPR 100 MHz, Sand Layer On Loam	13
GPR 150 MHz, Concrete Slabs Road On Peat	14
GPR 150 MHz, Ground Subsidence	15
GPR 150 MHz, Karst	16
GPR 200 MHz, Emergency Permafrost Thaw	17
GPR 200 MHz, In Direction From Shore	
GPR 250 MHz, Across Dry Creek	19
GPR 250 MHz, Ground Water Level In Noisy Data	20
GPR 400 MHz, Clay Layer	21
GPR 400 MHz, Railway	22
GPR 1500 MHz, Concrete Overpass	23
GPR 1700 MHz, Archangel Cathedral	24
GPR 1700 MHz, Concrete Sewer Pipe	25
GPR 1700 MHz, Concrete Slab Resisivity	26
GPR 2000 MHz, Concrete Block	27
3D Assembly	28
Полезные ссылки	29

Установка демоверсии

Для установки демоверсии программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ в операционной системе Windows версии 10 и выше, необходимо выполнить следующие действия:

- 1. На компьютер, где будет установлена демоверсия программного комплекс ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ, загрузите установочный файл свободно распространяемой среды выполнения программ MATLAB Compiler Runtime v7.8 mcr_installer_7_8.exe. Ссылка для загрузки: https://www.georadar-expert.ru/download/mcr installer 7_8.exe;
- 2. Щёлкните правой кнопкой мыши по файлу mcr_installer_7_8.exe и в открывшемся контекстном меню выберите пункт Запуск от имени администратора. В результате этого действия начнётся процесс установки MATLAB Compiler Runtime. Не изменяйте директорию установки файлов MATLAB Compiler Runtime, прописанную инсталлятором по умолчанию. Процесс установки интуитивно понятен и не приводится в данной инструкции. Дождитесь окончания установки;
- На компьютер, где будет установлена демоверсия программного комплекс ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ, загрузите архив, содержащий исполняемый файл установщика демоверсии программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ georadar_expert_demo_setup.exe. Ссылка для загрузки архива с установщиком демоверсии: <u>https://www.georadar-expert.ru/demo/ge_demo_distrib.rar</u>;
- 4. Извлеките из архива файл установщика демоверсии georadar_expert_demo_setup.exe, щёлкните правой кнопкой мыши по этому файлу и в открывшемся контекстном меню выберите пункт Запуск от имени администратора. В результате этого действия начнётся процесс установки демоверсии. По окончании установки, на рабочем столе размещается ярлык для запуска демоверсии программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ 🛱;
- 5. После завершения установки в проводнике Windows откроется папка, в которой находится исполняемый файл программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Для Windows 64-bit это папка C:\Program Files (x86)\GEORADAR-EXPERT DEMO, для Windows 32-bit C:\Program Files\GEORADAR-EXPERT DEMO. Настройте запуск исполняемого файла ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ georadar_expert_demo.exe от имени Администратора. Процесс настройки описан на стр. 4;
- 6. В настройках операционной системы рекомендуется отключить анимацию окон при свёртывании и развёртывании. Процесс отключения анимации окон описан на стр. 5;
- В настройках операционной системы рекомендуется отключить масштабирование элементов графического интерфейса пользователя Windows. Процесс отключения масштабирования описан на стр. 5;
- Запуск демоверсии программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши по исполняемому файлу georadar_expert_demo.exe, или по ярлыку, который ссылается на этот файл.

При первом запуске возможна задержка отображения рабочего окна ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ на время, которое требуется программному комплексу для инициализации среды выполнения MATLAB Compiler Runtime. В дальнейшем, для запуска программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ требуется от 5 до 30 секунд, в зависимости от быстродействия компьютера.

Видеоуроки по использованию программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ размещены на вебстранице по адресу: <u>https://www.georadar-expert.ru/Video.html</u>.

Примечание: если настройки антивируса на компьютере препятствуют запуску исполняемых файлов mcr_installer_7_8.exe, georadar_expert_demo_setup.exe и georadar_expert_demo.exe, добавьте эти исполняемые файлы в исключения антивируса.

Настройки операционной системы

Настройка экрана

Разрешение экрана компьютера Full HD 1920x1080 является оптимальным для работы с ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Не рекомендуется использовать разрешение экрана 4К и более.

Маси	итаб и разме	тка		
Mac		IKG		
Измен	ение размера те	кста, прилож	ений и дру	гих элементо
100%			\sim	
Допол	нительные пара	метры масшт	абировани	я
Разре	шение экрана			
1920	× 1080 (рекомен	дуется)	\sim	
Ориен	тация дисплея			
Альб	омная		\sim	
Неск	олько диспле	еев		1
Неско	лько дисплеев			
Раси	ирить эти экрані	al	$\overline{}$	

Удобно работать с ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ, когда главное окно программного комплекса размещено на дополнительном мониторе, если он подключён к компьютеру. Возможность выбора монитора при запуске ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ доступна тогда, когда в настройках операционной системы выбран режим расширения рабочего стола на экраны дополнительных мониторов.

Настройка запуска программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ от имени Администратора

Чтобы настроить запуск программы от имени Администратора по умолчанию, необходимо выполнить следующие действия:

Безопасност	ъ Подробно	Предыд	ущие версии
Общие	Совместимо	сть	Архив
Если эта програ попробуйте запу	мма работает неправильн ютить средство устранени	о в данной верси я проблем с сов	и Windows, местимостью.
Запустить сре Как мне выбрата	едство устранения пробле ь параметры совместимо:	и с совместимо: ти вручную?	СТЫЮ
Режим совмес	стимости		
Запустить г	программу в режиме совм	естимости с:	
Windows 7		\sim	
Параметры			
Режим пони	иженной цветности		
8-разрядный г	цвет (256) 🗸		
Использова	ать разрешение экрана 64	0 x 480	
Отключить	оптимизацию во весь экра	н	
🖂 Запускать з	эту программу от имени ад	министратора	
Зарегистри	руйте эту программу для г	ерезагрузки	
Manager a			
VISMENVIB	араметры высокого от т		
Уизменить па	араметры для всех пользо	зателеи	

1. Щёлкните правой кнопкой мыши по исполняемому файлу демоверсии программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ georadar_expert_demo.exe;

2. В открывшемся контекстном меню выберите пункт Свойства;

3. В открывшемся окне Свойства выберите закладку Совместимость, поставьте галочку напротив пункта Выполнять эту программу от имени администратора и нажмите кнопку ОК в нижней части окна Свойства.

Отключение анимации окон при свёртывании и развёртывании

Чтобы отключить анимацию окон при свёртывании и развёртывании, нажмите сочетание клавиш Win+R на клавиатуре компьютера. В открывшемся окне Выполнить введите команду Sysdm.cpl и нажмите кнопку OK. В результате этих действий откроется окно Свойства системы. Перейдите на вкладку Дополнительно и кнопкой Параметры... из раздела Быстродействие откройте окно Параметры быстродействия. В открывшемся окне перейдите на вкладку Визуальные эффекты и снимите галочку с пункта Анимация окон при свёртывании и развёртывании, после чего нажмите кнопку OK в нижней части окна Параметры быстродействия.



Отключение масштабирования элементов Windows

Чтобы отключить масштабирование элементов графического интерфейса пользователя, требуется установить параметр **Изменение размера текста, приложений и других элементов** равный 100 %. Для этого щёлкните правой кнопкой мыши в области рабочего стола Windows и в отобразившемся всплывающем меню выберите пункт **Параметры экрана**. В результате откроется окно настройки параметров дисплея.



Прокрутите окно вниз до раздела Масштаб и разметка. В выпадающем списке Изменение размера текста, приложений и других элементов выберите значение 100%. На этом настройка масштабирования элементов графического интерфейса пользователя завершена.

Начало работы с демоверсией

Демоверсия является аналогом полнофункциональной версии программного комплекса GEORADAR-EXPERT, за исключением того, что в демоверсии можно работать только с демонстрационными файлами георадиолокационных данных, которые встроены в исполняемый файл программного комплекса. В остальном, взаимодействие пользователя с программным комплексом GEORADAR-EXPERT осуществляется в соответствии с руководством пользователя, которое можно загрузить по ссылке, указанной в разделе <Полезные ссылки>.

Георадиолокационные профили для демоверсии отобраны с учётом того, что применение к этим данным методов обработки сигналов, которые обычно используются для подавления помех и обнаружения полезных отражений (частотная фильтрация, вычитание усреднённого сигнала и т.д.), не привело к положительному результату. Однако, обработка этих данных с помощью автоматизированного анализа BSEF (Back-Scattering Electromagnetic Field), в результате которого осуществляется преобразование георадиолокационного профиля в разрез атрибута, позволила достичь целей георадиолокационного исследования. Информация по каждому демонстрационному файлу данных и результаты их обработки представлены в отдельных главах данного документа.

В дополнение к файлам демоверсии, по запросу, в состав демоверсии могут быть включены пользовательские файлы георадиолокационных данных. Более подробная информация об этом находится в конце данного раздела.

Чтобы открыть файл данных, необходимо щёлкнуть по имени этого файла в списке **Demo Data**, который находится в меню **File** на панели меню в верхней части рабочего окна программы:

٩	E GEORADAR-EXPERT							
	File Edit Processing Analysis Section Layers Statistics 3D Data Colormap Help							
1	Open Data File	GPR Profile						
	Open Current Directory	*						
_	Save EFD	▶ ■						
	Save XZD							
	Save Screenshot							
_	Save in Graphic Format							
	Export to Text Table XYA							
	Export to Surfer Grid File							
	Convert GPR Profile Picture to EFD Format							
	✓ Hide Left Tab Group When No BSEF							
_								
	Demo Data:							
_	GPR 25 MHz, Granite Under Sediment							
_	GPR 50 MHz, Flooded Quarry							
	GPR 50 MHz, Paleo-Riverbed							
_	GPR 100 MHz, Sand Layer On Loam							
	GPR 150 MHz, Concrete Slabs Road On Peat							
	GPR 150 MHz, Ground Subsidence							
_	GPR 150 MHz, Karst							
	GPR 200 MHz, Emergency Permafrost Thaw							
_	GPR 200 MHz, In Direction From Shore							
_	GPR 250 MHz, Across Dry Creek							
	GPR 250 MHz, Ground Water Level In Noisy Data							
_	GPR 400 MHz, Clay Layer							
	GPR 400 MHz, Railway							

В результате этого действия, изображение георадиолокационного профиля разместится на вкладке **GPR Profile**, а на вкладках, расположенных в левой части рабочего окна программного комплекса, отобразятся панели визуализации результатов анализа BSEF и панели настроек создания разреза атрибута. Информацию об автоматизированном анализа BSEF и рекомендации по настройкам создания разреза смотрите в разделе **Автоматизированный анализ поля обратного рассеяния** руководства пользователя ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ, которое можно загрузить по ссылке, указанной в разделе <Полезные ссылки>.

В дистрибутив демоверсии входят файлы, помощью которых осуществляется быстрая настройка элементов интерфейса программы, относящихся к созданию разреза. Использование этих файлов облегчает пользователю ориентацию в настройках создания разреза на этапе ознакомления с программным комплексом ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Файлы настроек параметров создания разреза имеют расширение **geprm** и находятся в папке с исполняемым файлом демоверсии. Имя такого файла состоит из названия георадиолокационного профиля демоверсии и наименования атрибута разреза, который рассчитывается в соответствии с параметрами, сохранёнными в этом файле.

Загрузить файл настроек параметров создания разреза пользователю может с помощью меню Load Settings из группы меню Section, или кнопкой Load settings на панели Section:



После нажатия пункта меню Load Settings или кнопки Load settings, появляется окно выбора файлов с расширением geprm. В этом окне пользователь должен открыть папку geprm, которая располагается в папке georadar_expert и выбрать файл, название которого соответствует загруженному георадиолокационному профилю. Имя файла профиля отображается над панелью меню. Там же указывается размер массива амплитуд георадиолокационного профиля MxN (M - количество точек в георадиолокационной трассе, N – количество георадиолокационных трасс в профиле), расстояние dx между георадиолокационными трассами в метрах и значение дискрета времени георадиолокационной трассы dt в наносекундах.

В процессе загрузки файла **geprm** автоматически устанавливаются параметры создания разреза в соответствии с сохранёнными в файле настройками. После завершения настройки приложение открывает вкладку **Section** для визуализации ещё не созданного разреза, а на информационной панели выводится сообщение об успешной загрузке параметров и подсказка о необходимости выполнения действий для начала процесса расчёта разреза:



Для запуска процесса расчёта разреза нужно закрыть информационную панель, щёлкнув по ней мышкой, а затем нажать кнопку Section на панели Section или воспользоваться меню Create Section из группы меню Section. После завершения процесса расчёта, изображение разреза отобразится на вкладке Section, а на информационной панели появится сообщение о том, что разрез успешно создан:



Для проверки эффективности работы ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ на своих данных, пользователь может выслать файлы георадарного профилирования на адрес электронной почты технической поддержки, указанный в разделе <Полезные ссылки>.

К файлам данных демоверсии можно добавить не более трёх пользовательских файлов георадиолокационного профиля, длина каждого из которых не должна превышать 100 м для антенн с центральной частотой не более 500 МГц и 25 м для антенн с центральной частотой выше 500 МГц. Для каждого профиля необходимо предоставить краткую информацию о целях георадиолокационного исследования, характеристики погодных условий и места проведения исследования (например, сухо, влажно, мороз, поле, лес, городская застройка).

Для корректной обработки георадиолокационных профилей методом автоматизированного анализа поля обратного рассеяния BSEF, профили должны соответствовать определённым требованиям, которые описаны в разделе **Автоматизированный анализ поля обратного рассеяния** главы **Параметры записи георадиолокационного профиля** в руководстве пользователя ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Ссылку для скачивания руководства можно найти в разделе <Полезные ссылки>. Для других методов обработки георадарных данных, реализованных в программном комплексе ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ, требований к параметрам записи георадиолокационных профилей нет.

Описание файлов данных демоверсии

Описания файлов данных демоверсии содержатся в соответствующих разделах, каждому разделу присвоено имя, которое состоит из значения центральной частоты зондирующих импульсов георадара в МГц и краткой характеристики объекта исследования. Например, название **GPR 100 МНz, Sand Layer On Loam** означает, что георадиолокационный профиль был записан георадаром 100 МГц в ходе исследования песчано-суглинистого грунта.

Каждый раздел содержит информацию о цели исследования, изображение георадиолокационного профиля, записанного в ходе этого исследования, а также изображение разреза атрибута, созданного по результатам автоматизированного анализа поля обратного рассеяния.

На изображении георадиолокационного профиля слева находится шкала времени двойного пробега волны **Time, ns**, которая градуирована в наносекундах. Справа находится шкала глубин **Depth,m**, которая градуирована в метрах. Рядом со шкалой глубин отображается значение действительной части комплексной диэлектрической проницаемости ε', на основе которой рассчитана шкала глубин. Горизонтальные шкалы показывают расстояние от начала георадиолокационного профиля в метрах.

Над изображением разреза атрибута находится название георадиолокационного профиля, по результатам автоматизированного анализа BSEF которого создан этот разрез, и наименование атрибута разреза. Слева от изображения разреза размещена цветовая шкала разреза, показывающая соответствие цвета на разрезе значениям атрибута разреза. Справа находится шкала глубин **Depth,m**, которая градуирована в метрах. Рядом со шкалой глубин отображается значение действительной части комплексной диэлектрической проницаемости **є**', на основе которой рассчитана шкала глубин.

Под изображением разреза размещается справочная информация, которая состоит из следующих пунктов:

- Unit of measurement размерность атрибута. Когда атрибут не имеет размерности, об этом информирует надпись Dimensionless quantity (безразмерная величина);
- Minimum value минимальное значение атрибута разреза;
- Maximum value максимальное значение атрибута разреза;
- Average value среднее арифметическое значение атрибута разреза;
- Number of measuring points количество опорных точек разреза;
- Average distance, m среднее расстояние между опорными точками разреза в метрах;
- Density, points per sq m среднее количество опорных точек на квадратный метр разреза.

Для получения информации о терминах, используемых в описании автоматизированного анализа поля обратного рассеяния BSEF, нужно обратиться к руководству пользователя. Вся необходимая информация содержится в разделе **Автоматизированный анализ поля обратного рассеяния**.

Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ



GPR 25 MHz, Granite Under Sediment

Георадиолокационный профиль записан георадаром 25 МГц с целью уточнения строения разреза и определения глубины залегания кровли гранита. На разрезе атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление) выявлено наличие воронкообразной структуры с признаками палеоруслового объекта, которая визуально не была обнаружена на георадиолокационном профиле. Значения удельного сопротивления данной структуры лежат в пределах от 760 до 2000 ом*м, на разрезе она отображается синим цветом. Кровля гранита на разрезе зафиксирована на глубине около 200 м.

Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 25 MHz, Granite Under Sediment Resistivity.geprm**.



ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 50 MHz, Flooded Quarry



Георадиолокационный профиль записан георадаром 50 МГц в ходе обследования переувлажнённого песчаного карьера с целью выявления глинистых слоёв и уточнения глубины залегания подошвы слоя песка.

Из-за высокого затухания электромагнитных волн во влажной среде, амплитуды отражений от подповерхностных объектов на радарограмме становятся

сопоставимыми с уровнем шума уже на небольшой глубине. В результате, визуальный анализ данного георадиолокационного профиля, не приводит к обнаружению отражений от границ слоёв. Применение автоматизированного анализа поля обратного рассеяния повышает информативность георадиолокационного исследования сложно построенных подповерхностных сред с высоким затуханием, что верно и для рассматриваемого примера.

На разрезе атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление), в диапазоне глубин от 1 до 3 метров, наблюдаются области малых удельных сопротивлений 8 - 40 ом*м, значения которых позволяют идентифицировать эти области как слои влажной глины. На разрезе эти слои отображаются синим цветом. Подошва песчаного слоя прослеживается в диапазоне глубин 5 - 7 метров.

Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 50 MHz, Flooded Quarry Resistivity.geprm**.



ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 50 MHz, Paleo-Riverbed



Георадиолокационный профиль записан георадаром 50 МГц на влажных суглинках. Разрез атрибута **Signal bandwidth** (ширина спектра отражённого сигнала) содержит характерную область пониженных значений атрибута, лежащих в диапазоне от 10 до 35 МГц. Форма и размер данной области, а также априорная информация об исследуемой среде, позволили идентифицировать эту область как погребённое палеорусло. На разрезе оно отображается синим цветом.

Настройки создания разреза атрибута Signal bandwidth для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле GPR 50 MHz, Paleo-Riverbed Signal bandwidth.geprm.



ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 100 MHz, Sand Layer On Loam



Георадиолокационный профиль записан георадаром 100 МГц на песчано-суглинистых грунтах. Визуальный анализ данного профиля не даёт информации о строении исследуемой среды, однако разрез атрибута **Real part of complex relative permittivity** (действительная часть комплексной относительной диэлектрической проницаемости), рассчитанный по результатам автоматизированного анализа поля обратного рассеяния, решает эту проблему.

Разрез показывает, что верхний слой грунта толщиной 2 метра состоит из маловлажного песка. Ниже залегают два слоя суглинка, отличающиеся между собой составом и влажностью. Граница между суглинками в начале профиля наблюдается на глубине около 4.5 м и достигает глубины 6 м в конце профиля. Настройки создания разреза атрибута **Real part of complex relative permittivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 100 MHz, Sand Layer On Loam Re(permittivity).geprm**.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ



GPR 150 MHz, Concrete Slabs Road On Peat

Результат обследования 150 георадаром МΓц автомобильной дороги, сооружённой на торфянистых грунтах. Дорожная конструкция состоит ИЗ железобетонных плит толщиной около 20 см, уложенных на песчаногравийное основание. Металлическая арматура плит дорожного покрытия порождает интенсивные помехи, которые маскируют отражения от

слоёв дорожной конструкции и подстилающего грунта.

На разрезе Real part of complex relative permittivity (действительная часть комплексной относительной диэлектрической проницаемости) оттенками жёлтого и красного цветов представлен слой плит дорожного покрытия и песчано-гравийной смеси. Ниже залегает торфянистый грунт, с глубин ниже 3 м сильно влажный. Сильно влажные грунты на разрезе показаны тёмно-синим цветом. На участке дороги 820 – 860 м наблюдается локальный подъём области повышенной влажности, а в районе отметки 820 м наблюдаются пониженные значения диэлектрической проницаемости в слое дорожного покрытия. Причиной этому является просачивание поверхностной влаги в толщу дорожной конструкции вследствие нарушения герметизации швов между плитами. Указанный участок дорожного покрытия требует ремонта. Настройки создания разреза атрибута Real part of complex relative permittivity для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле GPR 150 MHz, Concrete Slabs Road On Peat Re(permittivity).geprm.



ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 150 MHz, Ground Subsidence



Георадиолокационный профиль записан георадаром 150 МГц поперёк берегового склона. На участке 0 - 50 м разреза **Central frequency** (центральная частота спектра отражённых сигналов) выделяется область просадочного грунта, которая обладает характерной воронкообразной формой и скачком значений атрибута в слоях.

Настройки создания разреза атрибута **Central frequency** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 150 MHz, Ground Subsidence Central frequency.geprm**.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 150 MHz, Karst



Георадиолокационный профиль записан георадаром 150 МГц в рамках мероприятий по мониторингу карстовых процессов. На разрезе **Real part of complex relative permittivity** (действительная часть комплексной относительной диэлектрической проницаемости) выявляются две карстовые структуры на глубинах ниже 1 м. На разрезе эти структуры отображаются красным цветом. Структура, расположенная ближе к началу профиля, показывает, что карстовые процессы в этом месте уже сформировали характерную просадочную воронку. Структура, расположенная ближе к концу профиля, находится на более ранней стадии процесса разрушения целостности грунта, так как просадочная воронка здесь ещё полностью не сформирована.



Настройки создания разреза атрибута **Real part of complex relative permittivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 150 MHz, Karst Re(permittivity).geprm**.

Licensee: georadar-expert.ru

GPR 200 MHz, Emergency Permafrost Thaw



Георадиолокационный профиль записан георадаром 200 МГц зимой, на вечной мерзлоте, в условиях городской застройки. Цель исследования определение зоны растепления грунта, которое произошло из-за разгерметизации ёмкости канализационного септика С последующим выносом тёплых сточных вод в мёрзлый грунт. Такая авария целостности может угрожать близлежащих зданий, так как оттаивание многолетнемерзлого грунта может привести к нестабильности

фундаментов этих зданий. Профиль пересекает ёмкость аварийного септика на участке профиля 25 — 30 м.

На разрезе **Real part of complex relative permittivity** (действительная часть комплексной относительной диэлектрической проницаемости) зона оттаявшего грунта показана оттенками жёлтого и красного цветов, где жёлтый цвет соответствует наибольшей степени оттаивания.

Настройки создания разреза атрибута Real part of complex relative permittivity для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле GPR 200 MHz, Emergency Permafrost Thaw Re(permittivity).geprm.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 200 MHz, In Direction From Shore



Георадиолокационный профиль записан георадаром 200 МГц на морском пляже. В процессе профилирования георадар удаляется от береговой линии в перпендикулярном ей направлении. Особенность данного исследования состоит в том, что зондируется засоленный грунт, который обладает высокой проводимостью. По этой причине импульсы георадара быстро затухают, и уже на небольшой глубине интенсивность отражений от границ слоёв становится сопоставимой с уровнем шумов на георадиолокационном профиле. В этом случае, замаскированные шумами полезные отражения может обнаружить автоматизированный анализ поля обратного рассеяния.

В отличие от георадиолокационного профиля, разрез атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление) даёт представление о строении подповерхностной среды. По разрезу видно, как по мере удаления от береговой линии, меняется мощность слоёв прибрежного грунта и удельное электрическое сопротивление внутри этих слоёв. Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 200 MHz, In Direction From Shore Resistivity.geprm**.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 250 MHz, Across Dry Creek



Георадиолокационный профиль записан георадаром 250 МГц. Профиль пересекает сухое русло сезонного ручья, тальвег которого находится отметке 25 м от начала профиля. Электрофизические грунтов характеристики по данному профилю изменяются с глубиной плавно, без резких скачков, формирующих отражения на георадиолокационном профиле. По этой причине, данный

профиль не содержит характерных протяжённых осей синфазности сигналов, которые интерпретируются как отражения от границ слоёв. В таком случае получить информацию о строении исследуемой среды можно с помощью автоматизированного анализа поля обратного рассеяния.

Разрез атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление) показывает положение и форму отложений русловых потоков, а также распределение удельных сопротивлений внутри этих отложений. Разрез показывает, что граница между плотным грунтом и рыхлыми отложениями имеет вогнутую форму и достигает максимальной глубины 5.5 метров в области тальвега ручья. Пониженные значения атрибута разреза свидетельствуют о том, что ручей пересох не полностью, и наименьшее удельное сопротивление, указывающее на наибольшую влажность, находится в области тальвега ручья, на глубинах ниже 1 метра.



Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 200 MHz, In Direction From Shore Resistivity.geprm**.



GPR 250 MHz, Ground Water Level In Noisy Data

Георадиолокационный профиль записан георадаром 250 МГц на сильно поглощающих влажных грунтах с целью определения уровня грунтовых вод. Профиль зашумлён, видимые отражения от границ слоёв ниже 50 нс отсутствуют. По результатам автоматизированного анализа поля обратного рассеяния получен разрез атрибута **Q-factor** (отношение центральной частоты к ширине спектра отражённых сигналов), который показывает, что уровень грунтовых вод варьируется в пределах от 3.4 до 6 метров по шкале глубин разреза.

Настройки создания разреза атрибута **Q-factor** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 250 MHz, Ground Water Level In Noisy Data Q-factor.geprm**.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 400 MHz, Clay Layer



Георадиолокационный профиль записан георадаром 400 МГц на влажном грунте с целью определения глубины залегания и мощности слоя глины. Визуальный анализ георадиолокационного профиля не позволяет решить эту задачу. Удаление помех при помощи полосовой фильтрации и вычитания среднего также не приводят к положительному результату.

Данная задача решается с помощью автоматизированного анализа поля обратного рассеяния, по данным которого рассчитан разрез атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление), на котором слой глины отображается синим цветом.

Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 400 MHz, Clay Layer Resistivity.geprm**.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 400 MHz, Railway



Георадиолокационный профиль записан георадаром 400 МГц в рамках мониторинга уровня загрязнения балластной призмы железнодорожного пути. Загрязнение щебня балластной призмы оценивается с помощью анализа значений её удельного сопротивления чем ниже сопротивление, тем выше Это степень загрязнения. связано С тем. что на загрязнённых участках ухудшается отведение воды от

балластной призмы, что приводит к увеличению влажности слоя щебня и понижению его удельного сопротивления.

На разрезе атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление) слой щебёночного балласта, мощностью около 0.2 м, отображается преимущественно красным цветом, который соответствует значениям удельного сопротивления выше 1000 ом*м. На этих участках загрязнение щебёночного балласта минимально. На участке разреза 8 – 15 м значения сопротивления находятся в пределах 700 – 1000 ом*м, что указывает на умеренное загрязнение щебня. На участке разреза 50 – 80 м сопротивление балластной призмы ниже 700 ом*м. Степень загрязнения щебня на этом участке можно считать значительной, причём между 56 – 59 м разрез показывает наибольшую степень загрязнения. Удельное сопротивление здесь ниже 400 ом*м.



Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 400 MHz, Railway Resistivity.geprm**.

Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ



Георадиолокационный профиль записан георадаром 1500 МГц с целью определения состояния проезжей части железобетонной эстакады. Толщина дорожного покрытия эстакады составляет 0.15 м, покрытие уложено на бетонное основание в три слоя по 0.05 м.

Красным цветом на разрезе атрибута **Robust Q-factor** (отношение центральной частоты к ширине спектра отражённых сигналов после робастной оптимизации) показаны области высоких значений атрибута **Robust Q-factor**, которые соответствуют зонам пониженной прочности дорожного покрытия. Ниже 0.15 м находится бетонное основание дорожного покрытия. Наименьшие значения атрибута разреза соответствуют наибольшей плотности бетона.



Настройки создания разреза атрибута **Robust Q-factor** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 1500 MHz, Concrete Overpass Robust Q-factor.geprm**.



Licensee: georadar-expert.ru

Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 1700 MHz, Archangel Cathedral



Георадиолокационный профиль записан георадаром 1700 МГц в Архангельском соборе Московского Кремля. Георадар перемещался по поверхности пола собора, вдоль алтаря.

Разрез атрибута **Resistivity** (удельное электрическое сопротивление) показывает, что на глубине около 0.5 м находится поверхность ещё одного пола, который когда-то был засыпан, и на эту засыпку уложены плиты существующего пола. На участке разреза 1 – 8 м, на глубине от 1 до 1.1 м присутствуют признаки ещё одной поверхности, которая также может быть поверхностью пола. Она имеет небольшой уклон к середине профиля. На участке 9 – 16 м, на глубинах от 0.8 до 1.2 наблюдается скопление локальных объектов, которые хорошо видны и на разрезе атрибута и на георадиолокационном профиле. Возможно, это остатки строительных конструкций более раннего возраста. Настройки создания разреза атрибута **Resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 1700 MHz, Archangel Cathedral Resistivity.geprm**.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ



Георадиолокационный профиль записан георадаром 1700 МГц в ходе исследования канализационной трубы из железобетона. Георадар перемещался по внутренней поверхности трубы в продольном направлении. Толщина стенки трубы составляет 0.1 м.

Разрез атрибута **Concrete moisture content** (влажность бетона) показывает распределение влажности толще бетонной стенки. Влажность находится в пределах 74 – 88%. Наиболее сухие области бетона на разрезе показаны фиолетовым цветом. Серым цветом на разрезе отображается прилегающей к трубе грунт. Значения атрибута **Concrete moisture content** для слоя грунта некорректны, так как формула расчёта данного атрибута верна только для бетона (формула представлена в публикации Jin X, Ali M. Simple empirical formulas to estimate the dielectric constant and conductivity of concrete. Mierow Opt Technol Lett. 2019;61:386-390).

Настройки создания разреза атрибута Concrete moisture content для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле GPR 1700 MHz, Concrete Sewer Pipe Concrete moisture content.geprm.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ

GPR 1700 MHz, Concrete Slab Resisivity



Георадиолокационный профиль записан георадаром 1700 МГц по поверхности железобетонного монолита толщиной 0.35 м, лежащего на грунте под открытым небом.

Разрез атрибута **Concrete resistivity** (удельное электрическое сопротивление бетона) показывает распределение значений данного атрибута в толще бетонного монолита. Сопротивление внутри слоя бетона находится в пределах 7 – 15 ом*м. Значения атрибута **Concrete resistivity** для слоя грунта некорректны, так как формула расчёта данного атрибута верна только для бетона (формула представлена в публикации Jin X, Ali M. Simple empirical formulas to estimate the dielectric constant and conductivity of concrete. Mierow Opt Technol Lett. 2019;61:386-390).



Настройки создания разреза атрибута **Concrete resistivity** для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле **GPR 1700 MHz, Concrete Slab Resisivity Concrete resistivity.geprm**.

GPR 2000 MHz, Concrete Block



Георадиолокационный профиль записан георадаром 2000 МГц в ходе исследования железобетонного строительного блока толщиной 0.4 м.

Разрез атрибута **Concrete moisture content** (влажность бетона) показывает распределение влажности внутри бетонного блока. Влажность находится в пределах 3.2 – 15.4%.

Настройки создания разреза атрибута Concrete moisture content для данного георадиолокационного профиля содержатся в файле GPR 2000 MHz, Concrete Block Concrete moisture content.geprm.



3D Assembly

Трёхмерная сборка разрезов атрибута **Q-factor** (отношение центральной частоты к ширине спектра отражённых сигналов) получена в результате обработки данных георадиолокационного исследования площадки под строительство объекта нефтегазового комплекса. Исследования проводились георадаром 50 МГц. На площадке исследования обнаружены зоны рыхлых отложений, которые характеризуются повышенными значениями атрибута **Q-factor**. Данные области отображаются в массиве 3D сборки красным цветом.



На рисунках ниже показаны сечения объёма 3D сборки, содержащие изоповерхности, проходящие через значения атрибута **Q-factor** 3.5, 3.8 и 4. Эти значения соответствуют наиболее рыхлым участкам грунта.



Программный комплекс автоматизированной обработки георадиолокационных данных

ДЕМОВЕРСИЯ - УСТАНОВКА И НАЧАЛО РАБОТЫ



Полезные ссылки

Сайт программного комплекса ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ: <u>https://www.georadar-expert.ru/</u>

Загрузка информационного буклета: https://www.georadar-expert.ru/download/ge_brochure_rus.pdf

Загрузка краткого обзора ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ: <u>https://www.georadar-expert.ru/download/ge_software_review.pdf</u>

Загрузка руководствапользователя: https://www.georadar-expert.ru/download/georadar_expert_manual_rus.pdf

Страница видео уроков: https://www.georadar-expert.ru/Video.html

Электронная почта технической поддержки: georadar@mail.ru

