



# ГЛУБИННЫЕ ГЕОРАДАРЫ: ПРАВДА И МИФЫ И КАК СЭКОНОМИТЬ НА ИЗЫСКАНИЯХ

## АННОТАЦИЯ

Пожалуй, нет более противоречивых, спорных и вызывающих бесконечные дискуссии видов исследований, чем геофизические. А особняком среди них стоят работы, выполняемые с помощью георадаров. Кто-то проводит их повсеместно, а кто-то считает «шаманством» в чистом виде.

Мы предприняли очередную попытку разобраться в связанных с этим вопросах с помощью специалистов. Генеральный директор ООО «Интерраскан» Нурбулат Амангельдиевич Дуйсиналиев и его заместитель Георгий Васильевич Бычков рассказали редакции журнала «ГеоИнфо» о том, как сориентироваться на российском рынке георадаров, какие возможности предоставляют эти приборы, как они облегчают труд изыскателя и когда на них можно или нельзя полагаться.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные изыскания; геофизические технологии; георадиолокация; георадары; глубинные георадары; радиоимпульсы; отражающие границы раздела сред; радарограмма; бурение.

# DEEP GROUND PENETRATING RADARS: TRUTH AND MYTHS AND HOW TO SAVE ON ENGINEERING SURVEYS

## ABSTRACT

Perhaps, there are not more controversial, debatable and endlessly debated types of research than geophysical ones. And the work performed with the help of ground penetrating radars (GPR) stands apart among them. Someone conducts them everywhere, and someone considers them pure "shamanism". We have made one more attempt to understand the corresponding issues with the help of specialists. Nurbulat Amangel'diyevich Duysinaliyev, the general director of "Interrascan" LLC, and his deputy Georgiy Vasil'yevich Bychkov told the editorial staff of the "GeoInfo" journal how to orientate oneself in the Russian market of GPRs, what opportunities these devices provide, how they facilitate the work of engineering surveyors and when they can or cannot be relied upon.

## KEYWORDS:

engineering surveys; geophysical technologies; georadiolocation; ground penetrating radars (GPR); deep GPR; radio pulses; reflecting media interfaces; radargram; drilling.

**Ред.:** *Нурбулат Амангельдиевич, некоторые инженеры рассказывают о георадаре как о чудо-приборе, который видит земную толщу на сотни метров в глубину. Способствует ли это продажам и заказам?*

**Н.Д.:** Человеку свойственно ожидание чуда, но инженер, который разбирается в возможностях и ограничениях технологий исследований подповерхностного пространства, не будет опираться на слухи.

В определенных геологических условиях инновационные глубинные георадары, с которыми работает наша компания, действительно могут фиксировать отражения мощных радиопулсов от границ раздела сред с глубин в несколько сотен метров. Достоверность картины распространения грунтов под землей и точность локализации аномалий во многом зависят от квалификации интерпретатора георадарных данных и от геологической информации по реперным скважинам. –

Необходимо учитывать, что с увеличением глубинности исследований снижаются их точность и разрешение. Также не нужно забывать, что в отличие от изысканий с помощью бурения георадиолокация, как и все другие геофизические технологии, – косвенный метод исследований подповерхностного пространства.

На основании только георадарных исследований может быть получен до-

статочно точный ответ на вопрос «где именно», а ответ на вопрос «что именно» зависит от поставленной задачи инженерных изысканий.

Бытующее у некоторой части инженеров мнение о георадаре как о некоем чудесном «всевидающем подземном оке» нам вредит. Когда такие экстремальные ожидания не оправдываются, наступает разочарование, формируется негативное отношение к георадарным методам.

**Ред.:** *Георгий Васильевич, в чем преимущества георадара перед другими методами исследований грунтов? Когда и какой способ или совмещение способов лучше?*

**Г.Б.:** Все методы исследований подповерхностного пространства можно разделить на две основные категории: прямые (бурение) и все остальные (косвенные, к которым относятся и геофизические работы, в том числе георадиолокация).

Инженерные изыскания только с помощью бурения дают неполную картину. В межскважинном пространстве может притаиться карстовые формы, обводненные зоны и другие аномалии, локально снижающие несущую способность грунтов. Также между скважинами к дневной поверхности может выходить скальный грунт или валуны, что потребует при земляных работах при-

менения спецтехники и дополнительных расходов.

Так как георадиолокационные исследования ведутся по непрерывным профилям, с их помощью решается задача получения детальной информации о подповерхностных структурах между скважинами. Поэтому с применением георадиолокационных исследований объемы бурения скважин могут быть сокращены до допустимого минимума.

Георадиолокационные исследования не требуют использования тяжелой техники и громоздкого оборудования. Работа выполняется оперативно, практически с любой поверхности и в любой сезон. Для георадиолокации оптимальным является соотношение информативности, точности результатов и стоимости изысканий. Сочетание бурения с георадиолокацией и другими геофизическими технологиями позволяет получать наиболее полные и достоверные результаты.

**Ред.:** *Какие георадары представлены на отечественном рынке?*

**Н.Д.:** На российском рынке представлены все виды георадаров – от высокочастотных, малой мощности, порядка сотни ватт, до низкочастотных глубинных приборов, мощностью до нескольких десятков мегаватт. К первым относятся массовые георадары «Око»,

Показатели и характеристики	Конструкции				
	ГЕОРАДИОЛОКАТОР («ИНТЕРРАСКАН»)	КЛАССИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА	СЕЙСМОРАЗВЕДКА (АКУСТИЧЕСКИЕ, УПРУГИЕ ВОЛНЫ)	ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕОРАДАРЫ («ЛОЗА», «ГРОТ»)	КЛАССИЧЕСКИЕ ГЕОРАДАРЫ
Глубинность исследований до 400 м	+	+	+	+	-
Высокая скорость исследований	+	-	-	+	+
Высококонтрастное разделение границ сред	+	+	-	+	+
Высокое разрешение по высоте и глубине	+	-	-	+	-
Бесконтактный метод	+	+	-	+	+
Работа в любой сезон с любых поверхностей	+	-	-	+	-
Применение машинного обучения	+	+	-	-	-
Интеграция с системами САПР	+	-	-	-	-

Рис. 1. Сопоставление возможностей некоторых геофизических методов

«Питон», «Зонд», ко вторым – георада-ры «Интерраскан», «Лоза», «Грот».

Используются и приборы иностранного производства: Mala (Швеция), LMX (США), SIR (США) и другие. Однако из-за санкций становится все сложнее обслуживать и ремонтировать импортные устройства, а также обновлять их программное обеспечение.

Специфических требований к сертификации и метрологии георадаров нет, поэтому поставщики ограничиваются получением сертификатов соответствия Таможенного союза и добровольными системами сертификации ISO.

**Ред.:** Когда и зачем бывают нужны георадары, установленные на машине, на дроне, в руках человека?

**Г.Б.:** Все зависит от задач. Комплексы аппаратуры на автомобилях, оснащенные высокочастотными георадарами, используются для обследований дорожных одежд и их оснований. При этом исследования могут выполняться на скорости до 80 км/ч, но их глубина при этом не превышает одного-двух метров.

Другие инженерно-геологические задачи решаются с помощью низкочастотных георадаров, антенны которых перемещаются по обследуемой поверхности пешим оператором вручную или с помощью спецтехники на низкой скорости. Глубина работ – от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Такие исследования востребованы в инженерной геологии, геологоразведке.



Рис. 2. Примеры георадиолокационных исследований

Изыскания с воздуха – новая ступень развития георадиолокационных технологий. Георадар на БПЛА [беспилотном летательном аппарате] может выполнять исследования подповерхностного пространства, по дневной поверхности которого пеший оператор не может пройти (там где имеются курумы, крутой склон, тонкий лед, кровля горных выработок с опасностью их обвала).

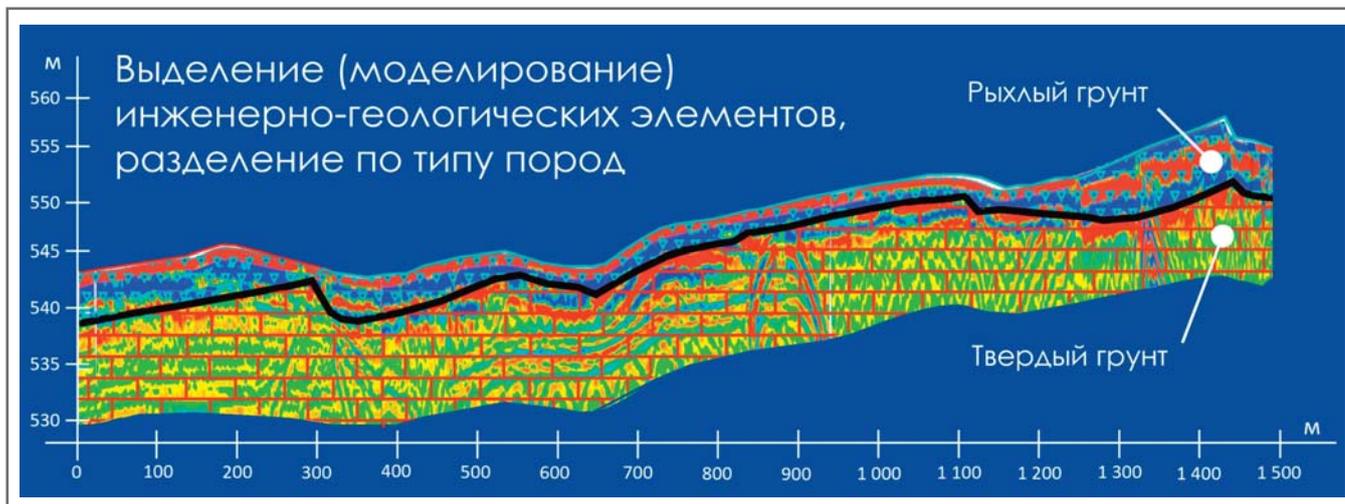
При полете БПЛА с георадаром на высоте 20–25 м глубина исследований достигает 10–12 м. Полевая часть изысканий с воздуха выполняется быстрее, если сравнивать с другими способами георадиолокации.

**Ред.:** Почему о георадарах, используемых при изысканиях, иногда говорится как о чем-то новом? Ведь радары используются давно.

**Н.Д.:** Георадиолокационная технология действительно не нова, ей уже 55 лет. В 1969 году советский инженер Моисей Ионович Финкельштейн предложил основополагающий принцип исследований подповерхностного пространства с помощью синтезируемых импульсных радиолокационных сигналов. Именно этот принцип используется для исследований с помощью глубинных георадаров до сих пор.

Эти приборы совершенствуются. Появились новые мощные передатчики, генерирующие зондирующие импульсы продолжительностью в несколько наносекунд, что повысило точность исследований.

В приемниках георадаров начали применяться новые принципы регистрации и оцифровки отражений зондирующих сигналов, а также более совершенные алгоритмы обработки данных.



**Рис. 3.** Пример выделения (моделирования) инженерно-геологических элементов, разделение разреза по типам пород на основе георадиолокационных данных

шенная элементная база. Для расшифровки георадарных данных разработано мощное программное обеспечение.

Результат всех этих качественных изменений – создание и развитие в нашей стране технологии глубинной георадиолокации, которая отличается большей глубиной исследований, более высокими разрешением и точностью, чем на предыдущем технологическом этапе нашей наукоемкой отрасли.

**Ред.:** В чем сложности интерпретации данных? Почему об этом дискутируют на инженерных форумах?

**Г.Б.:** Как бы ни совершенствовалось программное обеспечение, используемое для обработки результатов георадарных измерений, человека оно пока не заменяет. Именно специалист, опираясь на свой экспертный опыт и профессиональную интуицию, может различить на радарограмме аномалию, подобрать оптимальные фильтры для выявления локализованной сложной подповерхностной структуры или объекта, а затем объективно интерпретировать полученный результат. Опыт расшифровки и интерпретации радарограмм накапливается с годами.

К сожалению, некоторые промышленные заказчики недооценивают участие квалифицированных экспертов в расшифровке данных и полагают, что прибор все сделает сам. Они покупают георадары для самостоятельного использования, но силами своих специалистов выполнить качественную интерпретацию собранных данных не могут. В результате убирают в дальний угол склада приобретенное дорогостоящее оборудование и навешивают на технологию ярлык «шаманство».

**Ред.:** Расскажите истории из вашей практики. Как использовались радары для обследований зданий, дорог, других объектов?

**Н.Д.:** Одна из наших экспедиций была на Ямале. Мы участвовали в предпроектных изысканиях на месте строительства международной арктической станции «Снежинка». Заказчиком выступал Институт арктических технологий МФТИ. Мы выявили, что скальное твердое основание на двух третях площадки перекрыто 18–20 метрами трещиноватых пород. Но если пятно застройки сдвинуть на несколько десятков метров от первоначального плана, то оно окажется в зоне с выходом скального грунта на глубину около трех-четырех метров. Заказчик принял наше предложение – ведь оно позволяло снизить издержки на создание несущих оснований станции «Снежинка».

В Забайкальском крае мы исследовали трассу будущего нефтепровода. Заказчик выполнил бурение пяти скважин по всей будущей трассе. Требовалось еще тринадцать. Прежде чем бурить дальше, решили провести межскважинные изыскания с помощью георадара. Была поставлена задача – уточнить глубину залегания твердого грунта вдоль обследуемой трассы. Если бы при прокладке траншеи под нефтепровод встретился твердый грунт, заказчику пришлось бы использовать более мощную технику и нести незапланированные траты. Мы выделили (создали модель) инженерно-геологических элементов по трассе нефтепровода, разделили грунты в подповерхностном пространстве по типам, определили границу между рыхлыми и твердыми грунтами. Заказчик получил объективные данные для даль-

нейшего планирования строительных работ и существенно сэкономил на предпроектных изысканиях, отказавшись от дополнительного изыскательского бурения.

**Ред.:** На одном из инженерных форумов участники говорили, что госэкспертиза может быть не пройдена, если уменьшит количество скважин и заменит бурение георадиолокацией. Можете это пояснить?

**Н.Д.:** Речь не идет о полной замене бурения георадиолокационными исследованиями, но вполне возможно сократить его объем до минимально допустимого, вписаться в нормативы проведения изысканий и дополнить их исследованиями с помощью георадара. Такой комплексный подход позволит снизить затраты на избыточное бурение и получить более полную и точную информацию о геологическом строении и подповерхностных аномалиях обследуемой зоны.

В СП 446.1325800.2019 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» (в таблице Г.3) георадиолокация включена как в основные, так и во вспомогательные геофизические методы, используемые для решения инженерно-геологических задач. Перечислю некоторые случаи, в которых рекомендовано применение георадаров как основного метода исследований: определение геологического строения массива; определение местоположений, глубин залегания и форм локальных неоднородностей, в том числе зон трещиноватости и тектонических нарушений, льдов и сильнольдистых грунтов, межмерзлотных вод и таликов; изучение инженерно-геологических процессов, в том чис-

ле оползневых, карстовых, геокриологических.

В общей сложности в этом документе применение георадара регламентировано для решения шестнадцати видов инженерно-геологических задач.

Мы ратуем за то, чтобы уже сейчас в полной мере использовать возможности, которые содержатся в существующих нормативно-правовых актах в отношении георадиолокационных методов.

**Ред.:** *Каковы особенности работы георадара в условиях многолетней мерзлоты?*

**Г.Б.:** Георадар хорошо идентифицирует аномалии многолетнемерзлых грунтов, такие как ледяные линзы, жильный лед, зоны пластичной мерзлоты, морозного пучения, таликов и оттайки, а также прочие аномалии, которые могут влиять на нарушение несущей способности

грунтов под сооружениями. Отражения электромагнитных зондирующих сигналов от границ этих сред в мерзлых грунтах формируют отчетливую картину локализации опасных подповерхностных структур в многолетней мерзлоте.–

Георадарное исследование – бережный способ инженерных изысканий, потому что многолетнемерзлые грунты не разрушаются, как во время бурения. Например, на одном из объектов в Салехарде мы столкнулись с оттайкой грунта вокруг изыскательской скважины, пробуренной за год до наших полевых работ. Диаметр оттаявшей зоны составлял около 5 м, а такие явления нежелательны в зоне многолетней мерзлоты.

**Ред.:** *Какие виды радаров могут в скором времени появиться? Какие есть проблемы и потребности?*

**Н.Д.:** Одна из проблем георадиоло-

кации – большое рассеивание и потеря энергии электромагнитных волн в некоторых типах грунтов, например в обводненных глинистых.

Еще одна проблема – неоднозначность решения обратной задачи, то есть достоверного восстановления по отраженным сигналам типов грунтов, видов аномалий. Ждет своего инновационного решения и задача снижения шумов и помех на радарограммах.

Ответами на такие вызовы могут стать: новые технические решения по типам и конструкциям антенн, усовершенствование методов обработки сигналов, комбинирование георадиолокации с другими геофизическими методами, внедрение автоматизированных систем обработки, анализа и интерпретации георадиолокационных данных с применением искусственного интеллекта и машинного обучения. **и**



Telegram-канал журнала

Независимый электронный журнал  
**ГеоИнфо**

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>