

## **ОТЗЫВ официального оппонента**

**о диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Тарасовой Марии Александровны на тему: «Разработка методики интерпретации георадарных данных с использованием параметрических и лабораторных измерений физических свойств песчано-глинистых отложений» по специальности 1.6.9. Геофизика**

Изучение верхней части разреза осадочных отложений крайне необходимо для решения задач археологии, геоморфологии, седиментологии, почвоведения, геокриологии, сейсмогеологии и инженерной геологии. Георадиолокация является здесь ведущим геофизическим методом, на основании которого при минимальном или даже единичном количестве скважин/шурфов/каналов можно сравнительно быстро и точно получить представление о геолого-геофизическом строении разреза. В то же время привязка георадарных отражений к границам геологических слоев может быть не всегда однозначной, что влияет на корректность интерпретации георадарных данных и в итоге на все последующие результаты. В связи с этим не вызывает сомнений **высокая степень актуальности** исследований, проведенных Марией Александровной Тарасовой.

**Фактической основой** диссертации послужили данные, собранные соискателем в экспедициях с коллегами из Института Географии РАН и Почвенного института имени В.В. Докучаева, а также в ходе проведения экспериментальных исследований в лаборатории. М.А. Тарасова лично выполняла георадарное профилирование и площадную съемку, отбор и описание образцов, измерение их петрофизических и электромагнитных свойств, интерпретацию георадарных данных. В результате была получена уникальная база данных диэлектрической проницаемости для песков, суглинков и супесей, характеризующихся различной влажностью и содержанием частиц. Именно эта база данных, а также приведенные из литературных источников сведения, послужили основой для построения частотно-зависимых кривых, которые позволяют воспроизводить значения

петрофизических параметров, необходимых для количественной оценки особенностей состава и водонасыщенности рыхлых осадочных отложений. Приведенные в базе данных сведения являются как отправной точкой, так и одним из главных результатов проведенных исследований.

В этом **заключается и научная новизна работы** М.А. Тарасовой. Впервые для песчано-глинистых отложений различной весовой влажности и гранулометрического состава получен большой ряд измерений диэлектрической проницаемости для частот 100, 250 и 500-1000 МГц с указанием геоморфологической позиции точек наблюдений. Новыми являются соответствующие частотно-зависимые калибровочные кривые для лабораторного метода измерений. Впервые в результате сравнительного анализа установлены количественные расхождения между полевым и лабораторным методами определения электромагнитных свойств и выявлены условия взаимозаменяемости данных. Существенным уточнением является диапазон частот с минимальной дисперсией диэлектрической проницаемости, который для песчано-глинистых отложений составляет 500 – 3000 МГц. Любой специалист понимает огромную **практическую значимость** этих результатов для интерпретации георадарных данных с целью получения точного строения геолого-геофизического разреза и определения физической природы отражений, связанных с изменением влажности, размером и содержанием частиц вещества.

**Степень апробации диссертации** достаточно высокая. Соискателем опубликовано 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук. Доклады представлялись на различных научно-практических конференциях и семинарах в Москве и Санкт-Петербурге.

Диссертация состоит из пяти глав, введения и заключения. Список использованной литературы составляет 168 наименований. В конце каждой главы приведены результирующие разделы с конкретными выводами.

В главе 1 представлен обстоятельный обзор методов и подходов к интерпретации георадарных данных в геологических приложениях. Сделан исторический экскурс в становление и развитие метода георадиолокации с особым акцентом на особенностях его использования в геоархеологии, геоморфологии и седиментологии. Приведены примеры решаемых задач и неоднозначной интерпретации данных. Показано, что в настоящее время появились методы, позволяющие преодолеть эти трудности. Таким образом была определена проблематика исследования.

В главе 2 рассмотрены петрофизические и электромагнитные свойства песчано-глинистых отложений. Великолепный обзор, как и в первой главе, можно использовать в виде справочной информации. Освящены гранулометрический и минералогический состав, строение порового пространства, распределение жидкой фазы, плотностные параметры и гидродинамические свойства, влияющие на электромагнитные измерения. В этой главе представлена уже упомянутая здесь основополагающая база данных, включающая 160 образцов пород, а также приведены полученные соискателем частотно-зависимые калибровочные кривые для определения весовой влажности грунтов. В конце сделан вывод о том, что проводимость необходимо учитывать в расчетах коэффициента отражения. Материалы данной главы обосновывают первое защищаемое положение.

В главе 3 описаны полевой и лабораторный методы измерения электромагнитных параметров, примененные на искусственно созданных песчано-глинистых отложениях. Прекрасно даны их теоретические аспекты, включающие физические принципы измерений, а также особенности применения при наличии скважины и шурфа. В данном разделе важным является вывод о сравнении двух методов измерений, свидетельствующий о том, что критичной является замена одного метода другим для случая однокомпонентных смесей за исключением сухих или полностью водонасыщенных. Необходимо отметить очень тщательный анализ результатов физического эксперимента, а также результаты изучения георадарного плато, которые привели к выбору диапазона частот с

минимальной дисперсией диэлектрической проницаемости песчано-глинистых отложений, равному 500 МГц-3 ГГц. Результаты главы 3 послужили основой для разработки новой методики интерпретации георадарных данных, которая представлена во втором защищаемом положении диссертации.

Сама методика в виде серии методических приемов и рекомендаций с определенными требованиями и допущениями изложена в главе 4. В разделах 4.4 – 4.7, включающих методику построения электрофизической модели разреза, лучевое и полноволновое моделирование, а так же финальный совместный анализ данных, настолько подробно описана технология, что она полностью воспроизводима специалистами. В этом заключается практическая ценность работы. Более того, удобным является то, что помимо детального описания соискатель привела в работе наглядный рисунок с пошаговой инструкцией по интерпретации георадарных данных применительно к песчано-глинистым отложениям, залегающим на глубинах первых метров. Материалы глав 3 и 4 уверенно обосновывают второе защищаемое положение.

Глава 5 логически завершает научный труд, демонстрируя применение разработанной методики на примере решения задач для почвенных и геoarхеологических исследований. Выполненные работы вместе с великолепно подготовленными иллюстрациями убедительно показывают работоспособность методических приемов и правильность изложенных выводов соискателя. Важным заключением является то, что наибольший коэффициент отражения ( $|K_{отр}|$  0.10 – 0.14) наблюдается на почвенных границах и соответственно проявляется в виде отражений на радарограмме. Это позволяет более уверенно проводить интерпретацию тогда, когда нет возможности прибегать к сверхдетальным исследованиям петрофизических и электромагнитных свойств. Тщательное сопоставление стратиграфических границ, выделенных при документации природных разрезов, с измеренными электромагнитными и петрофизическими параметрами доказывает третье защищаемое положение.

Анализ диссертации и автореферата М.А.Тарасовой показывает, что все три выдвинутые автором **основные защищаемые положения достоверно обоснованы представленным фактическим материалом и результатами измерений на сертифицированных измерительных приборах.**

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Работа написана грамотным языком, все иллюстрации уместны и необходимы по существу.

Замечания к диссертации сводятся к следующему:

1. В главе 1 есть выводы к разделу 1.1, но нет к разделам 1.2 и 1.3. Таким образом, нарушается форма изложения. Логичнее было бы оставить выводы только в конце главы.

2. В главе 2, на стр. 36 написано: «Основная масса минеральных зерен представлена силикатами: кварц, слюды, полевые шпаты, реже – плагиоклазы, пироксены, биотит». Однако биотит тоже является слюдой, а плагиоклаз – разновидность полевых шпатов, поэтому их нельзя противопоставлять.

3. В главе 2, стр. 68, на рис. 16 хотелось бы увидеть распределение точек на графике, по которым построены кривые, коэффициенты корреляции между переменными и стандартные отклонения. В работе они отсутствуют.

4. В главе 3, в конце подраздела «Оценка сходимости результатов полевого и лабораторного методов» следовало бы пояснить, почему был использован именно лабораторный метод для получения характеристик в результирующей базе данных, представленной в таблице 8.

5. В главе 3, стр. 77, на рис. 20 при подрисуночной подписи «Графики зависимости ДП от объемной влажности» по оси абсцисс должна быть указана объемная влажность, а не наоборот.

6. Георадиолокация позиционируется как очень мобильный и относительно простой в обработке метод, позволяющий достаточно быстро получать результаты о геолого-геофизическом строении разреза. Не считаете ли Вы, что выдвигаемые требования на стр. 81 (минимум одна точка независимого наблюдения на линии георадарного профиля; возможность

отбора образцов отложений; наличие оборудования для измерения петрофизических и электромагнитных свойств отложений) делают метод уже не столь быстрым и могут ограничить его применение? Как Вы считаете, где граница того, что необходимо применять полностью всю методику, а где достаточно ограничиться простым сопоставлением реального разреза в шурфе/скважине с волновой картиной радарограммы, даже если количество отражений больше, но основные из них совпадают со стратиграфическими границами?

7. В главе 4, на стр. 97, в подрисуночной подписи к рис. 24 можно было смело написать «Технология интерпретации...». Здесь замечание к излишней скромности автора.

8. В главе 5, на стр. 101 указано, что для перевода временного масштаба в глубинный выбрано значение скорости 9 см/нс, что соответствует эффективному значению диэлектрической проницаемости 11, но не пояснено, почему выбрано такое значение скорости.

9. В главе 5, на рис. 26 не указано соотношение горизонтального и вертикального масштаба.

10. Несмотря на очень детальный анализ в главе 5, имеется небольшая степень субъективизма в интерпретации. Так, на рис. 27 выделена граница 6 по оси синфазности (выделяется слабо), а при описании почв специалистами слой 5 описан как чередование суглинка и песка, что, вероятно, было достаточно для специалиста – почвовода. Если бы соискатель это учел, то сразу увидел бы, что выделенная им граница 6 совпадает с границей между суглинком и песком. Между тем в работе на стр. 102 отмечено, что ось синфазности 6 в слое 5 не отвечает никаким литологическим границам. Аналогичный вывод повторяется на стр. 111, что приводит соискателя к выводам о локальном изменении диэлектрической проницаемости.

11. Неясно, почему на рис. 28 почвенные границы на фото в некоторых местах не совпадают с границами, выделенными при полевом описании.

12. На стр. 105 не объяснено какой критерий был положен в выделение интервалов диэлектрической проницаемости, проводимости и их характеристик.

13. На стр. 105, рис. 29 представлены великолепные разрезы, но не карты, так как карта – это чертеж земной поверхности. Рисунок можно было бы назвать: распределение электромагнитных параметров по разрезу.

14. На стр. 111, строке 7 снизу, дважды повторяется горизонт IV, что является опечаткой.

15. Можно вновь подискутировать по поводу вывода на стр. 111 главы 5, где написано, что на электрофизической модели зафиксированы границы 8 и 9, а признаки смены почвенных горизонтов отсутствуют. Однако, если внимательно посмотреть на рис. 27, то внутри слоя 7 можно увидеть почвенные прослой, которые не были отмечены почвоведом в описании. Скорее всего, именно с ними связаны границы изменения электромагнитных свойств 8 и 9.

16. В выводах на стр. 117, удалена связующая фраза.

17. Рис. 38, А и С выполнен в слишком мелком масштабе.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования, выполненного на высоком профессиональном уровне. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9. Геофизика (по техническим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Тарасова Мария Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

**Официальный оппонент:**

доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории тектонофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

**ЛУНИНА Оксана Викторовна**

30.03.2026 г.

Контактные данные: тел.: , e-mail: [lounina@crust.irk.ru](mailto:lounina@crust.irk.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена

диссертация: 25.00.03. Геотектоника и геодинамика

Адрес места работы: 664033, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория тектонофизики

тел.: 8 (3952) 426900, e-mail: [scisecretary@crust.irk.ru](mailto:scisecretary@crust.irk.ru)

Подпись <i>Лунина ОВ</i>	заверяю
Кадрово-правовой отдел Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук	
<i>И.О. к.г.г. ШО</i>	И.О. к.г.г. ШО
« 30 » марта	20 26 г.