

Анализ корреляционных зависимостей между данными геофизических исследований и результатами лабораторного опробования грунта для участков, длительное время загрязненных нефтепродуктами



Мингалева Татьяна Андреевна¹, Кузнецов Максим Андреевич²

¹АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», г. Санкт-Петербург

²МГРИ имени Серго Орджоникидзе, г. Москва

ЧТО?



Легкие нефтепродукты
(Light non-aqueous phase liquid - LNAPL)
(керосин, бензин,
дизельное топливо)



ГДЕ?



Схема технологического цикла нефтяной отрасли



**Нефтебаза в
Ярославской области**

КОГДА?

Нефтебаза была создана в 19 веке.
За время существования нефтебазы разливы
нефтепродуктов происходили неоднократно!

Актуальность работы

Экологический фактор

Интенсивное загрязнение грунтов нефтепродуктами, которое оказывает негативное влияние на экосистему: качество воды, жизнедеятельность растений и животных в данном районе и др.



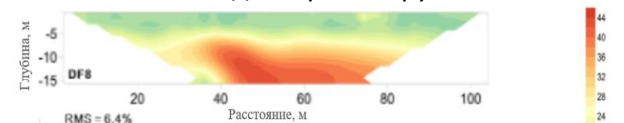
Экономический фактор

Высокая стоимость бурения и в дальнейшем рекультивации загрязненных территорий

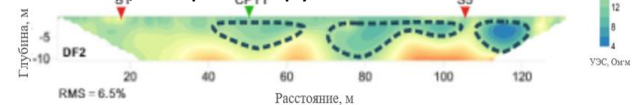
Технологический фактор

Неоднозначность результатов геофизических исследований в ходе диагностики нефтепродуктового загрязнения, распространяющегося в грунтах со сложным литологическим строением

Фоновые мелкодисперсные грунты



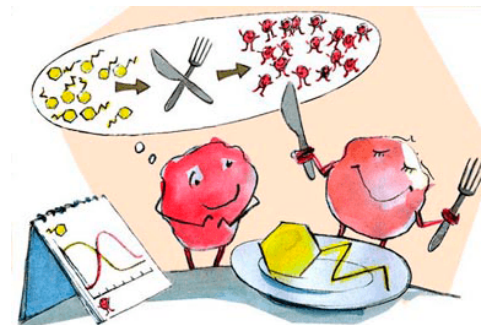
Мелкодисперсные грунты с НП



- Участки, загрязненные нефтепродуктами

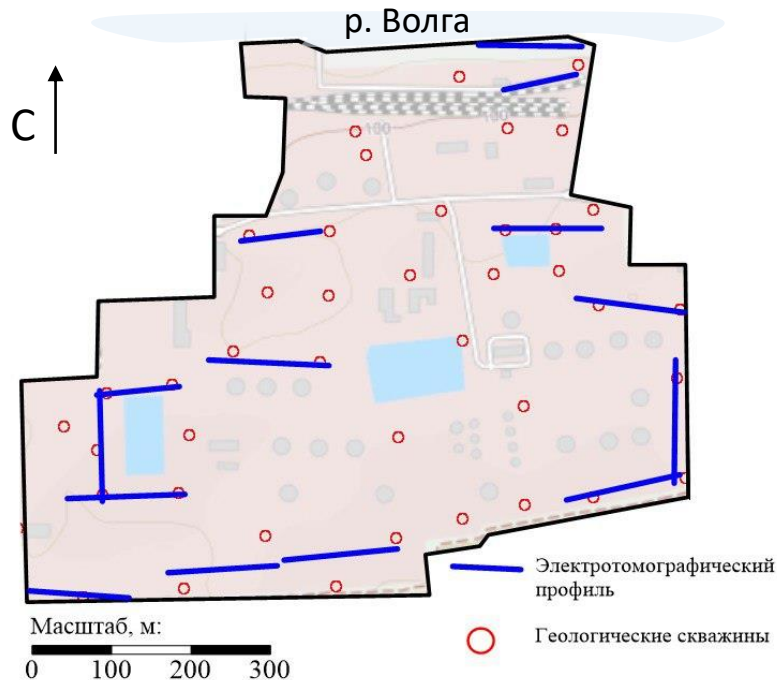
Факторы, влияющие на результаты геофизических исследований
грунтов, загрязненных нефтепродуктами:

- 1) тип источника нефтепродуктов;
- 2) **деятельность микроорганизмов**, в том числе:
 - 2.1) изменение структуры минералов;
 - 2.2) изменение ионного состава грунтовых вод и поровых флюидов;
- 3) изменчивость приповерхностных условий;
- 4) **окислительно-восстановительные реакции в грунтах и сопутствующие процессы**;
- 5) температура;
- 6) **геологические и гидрогеологические особенности загрязненных территорий**;
- 7) **концентрация нефтепродуктов в грунтах**;
- 8) соотношение УВ и воздуха в зоне аэрации, воды и УВ в зоне насыщения;
- 9) влажность и литологический состав грунтов в зоне аэрации;
- 10) колебания уровня грунтовых вод;
- 11) **время нахождения нефтепродуктов в грунтах.**



Методика проведения работ

Схема расположения геофизических профилей
и геологических скважин



Геофизические исследования

-оборудование: станция СКАЛА-48к12
-шаг между электродами: 3 м
-установка: Шлюмберже

*ИТОГ: геоэлектрические разрезы,
распределение удельных
электрических сопротивлений по
глубине*

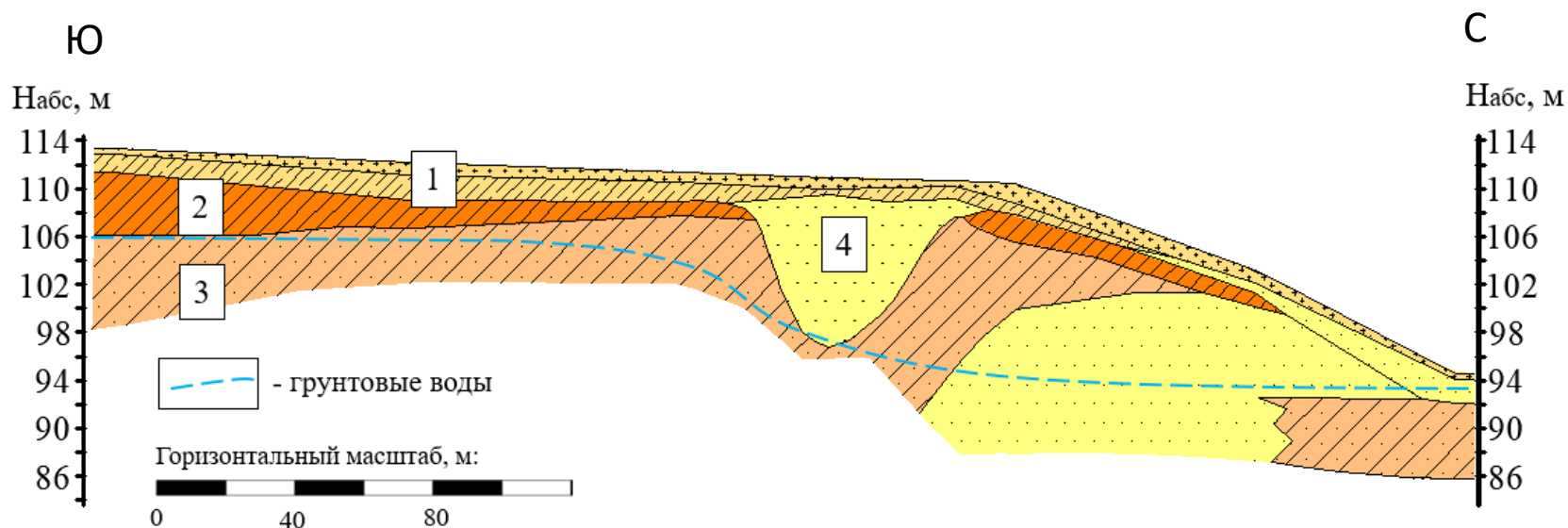
Экологические изыскания/бурение:

послойное опробование грунтов и
подземных вод из геологических
скважин с интервалом 0.5–1.0 м

*ИТОГ: валовое содержание
нефтепродуктов (НФП) и железа (Fe)
в мг/кг*



Схематический разрез грунтов основания нефтебазы Ярославской области



1 – насыпные грунты, пески и супеси

2 – суглинки легкие

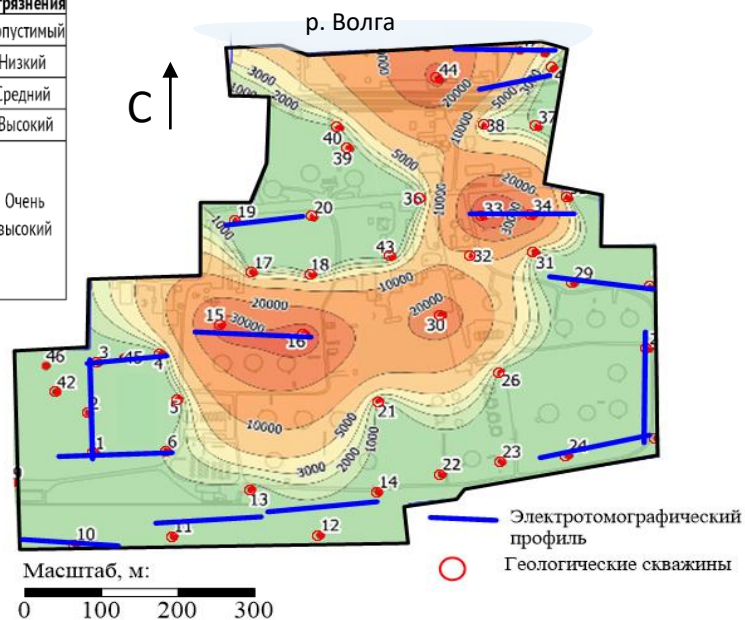
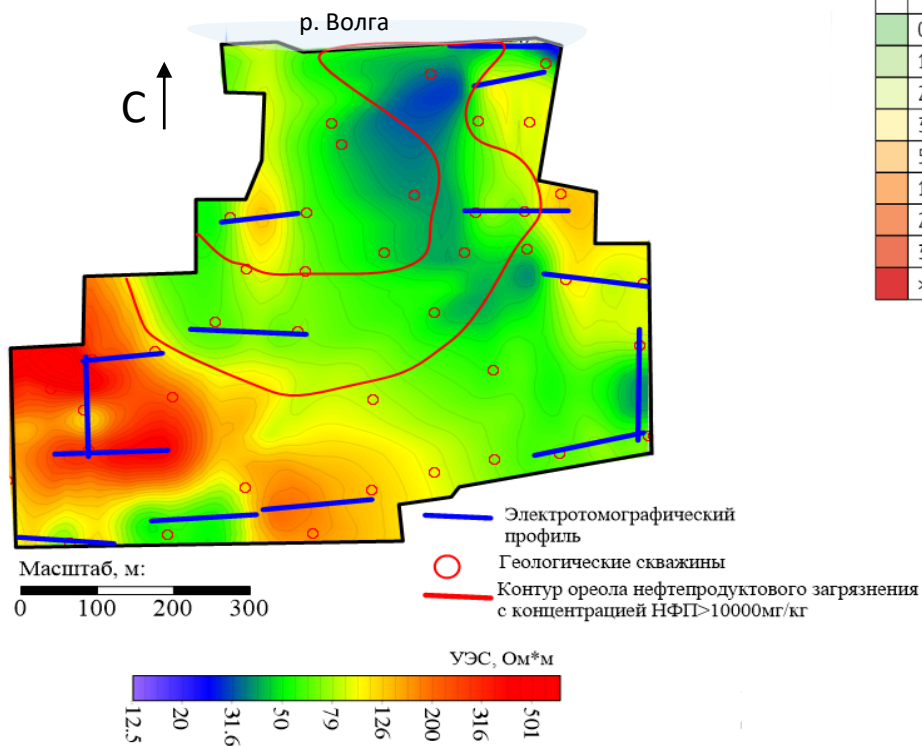
3 – суглинками легкими песчанистыми с гравием,
галькой до 5%

4 – пески разнотернистые

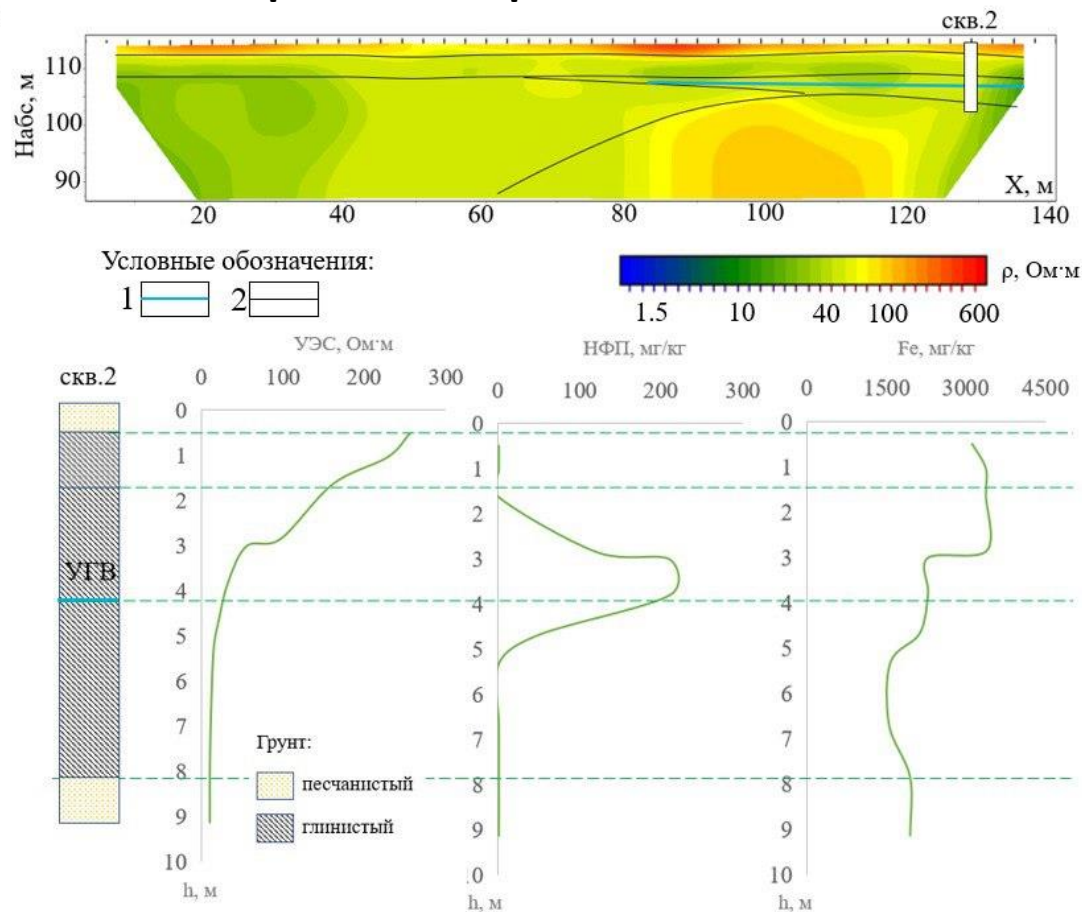
Пример результатов электроразведки и концентраций нефтепродуктов

Зона аэрации
Глубина 2-3 м

Диапазон мг/кг	Категория загрязнения
0-1000	Допустимый
1000-2000	Низкий
2000-3000	Средний
3000-5000	Высокий
5000-10000	Очень высокий
10000-20000	
20000-30000	
30000-50000	
>50000	



Сопоставление результатов профильных геофизических исследований и лабораторных анализов «фоновых» грунтов участка в районе нефтебазы в Ярославской области

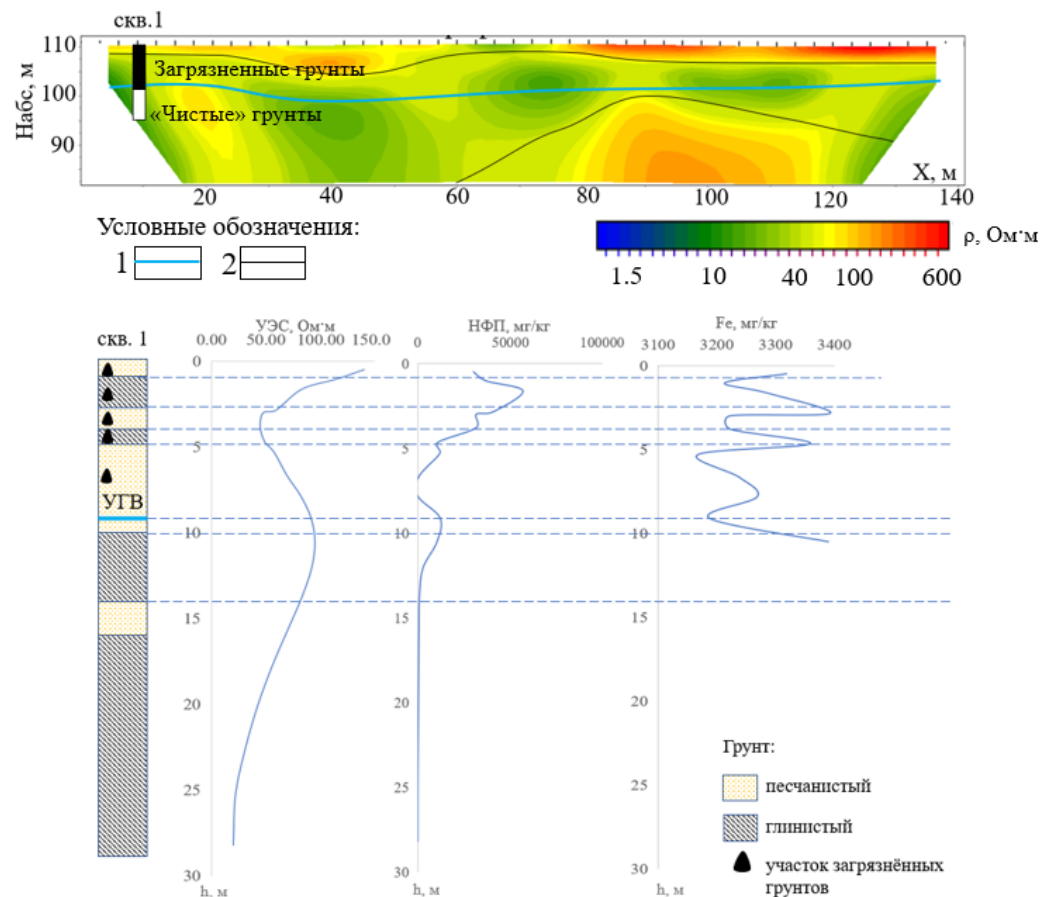


- преобладают суглинистые горизонты по всему разрезу;
- содержание нефтепродуктов минимально и не превышает предельно допустимых концентраций (<1000 мг/кг);
- уровень железа стабилен (~3000 мг/кг);
- однородное распределение всех регистрируемых параметров.

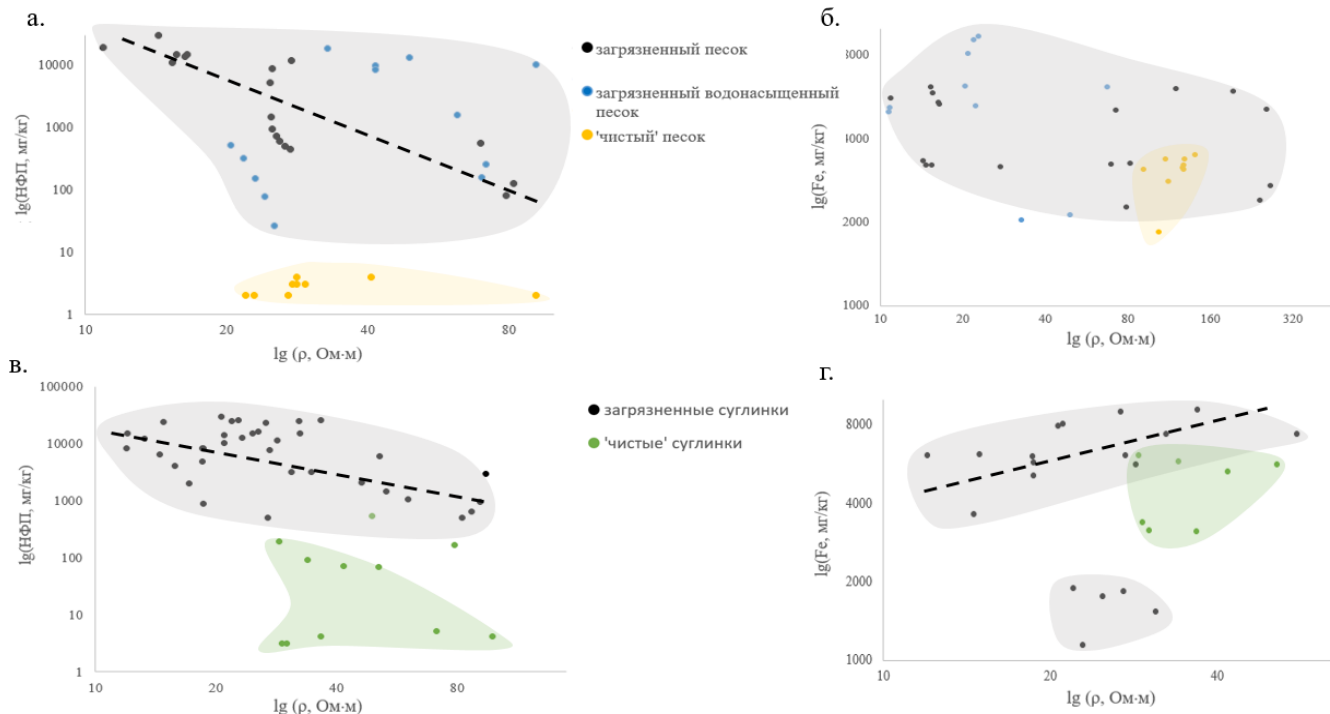
Сопоставление результатов профильных геофизических исследований и лабораторных анализов грунтов загрязненного нефтепродуктами участка в районе нефтебазы в Ярославской области



- в зоне аэрации наблюдается **максимальное** содержание нефтепродуктов.
- в интервале 1–3 метра, где преобладают **суглинки**, отмечается **пик концентрации углеводородов**, **рост содержания железа** и **снижение УЭС**, что объясняется сорбционной способностью глинистых частиц и длительным биоразложением нефтепродуктов.
- в диапазоне 3–9 метров значения УЭС возрастают вследствие изменения крупности частиц, а содержание железа определяется как нестабильное.
- **ниже уровня грунтовых вод (>9 м)** фиксируется **повторный пик содержания нефтепродуктов** и **повышенная концентрация железа**, что связано с сезонными колебаниями УГВ и интенсивными процессами биоразложения.



Качественной оценки корреляционных взаимосвязей между геоэлектрическими параметрами и вещественными характеристиками грунтов изучаемого участка



пески

- слабая обратная корреляция между удельным электрическим сопротивлением (УЭС) и валовым содержанием нефтепродуктов
- "чистые" пески демонстрируют устойчивый диапазон значений УЭС (20–40 Ом·м), частично перекрываясь с областями загрязненных грунтов.
- при рассмотрении зависимости УЭС от содержания железа четкая корреляционная связь отсутствует.

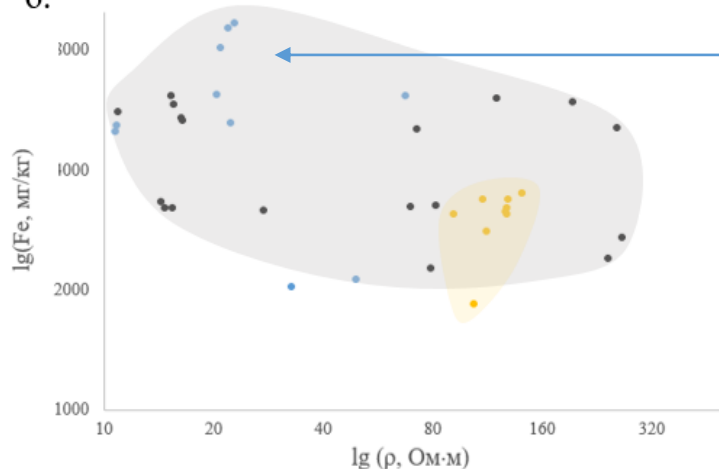
суглинки

- слабая обратная корреляция между УЭС и содержанием нефтепродуктов: "чистые" суглинки характеризуются более высокими значениями электрического сопротивления
- корреляция между УЭС в суглинках и валовым содержанием железа более проявлено, чем в песках

Дополнительные выводы по графикам...



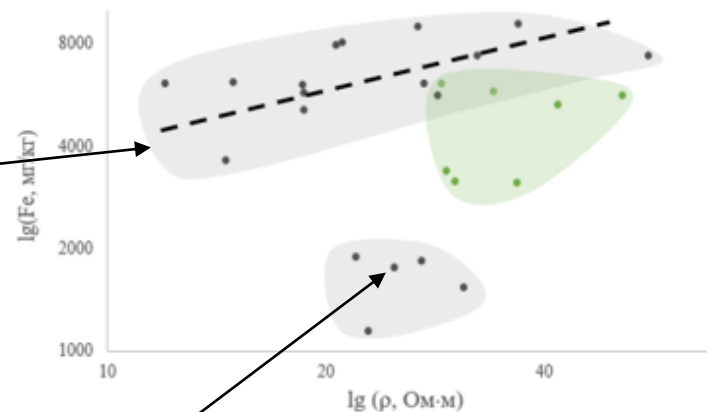
б.



В водонасыщенных песках выявлено максимальное содержание железа и минимальные значения удельного электрического сопротивления, что связано с накоплением вторичных продуктов биodeградации нефтепродуктов.

Для суглинков исследуемого участка характерна более выраженная зависимость между удельным электрическим сопротивлением и содержанием железа при его концентрации выше 4000 мг/кг, что в том числе объясняется сорбционной способностью глинистых частиц.

г.



Выявлена особенность распределения образцов с высокими концентрациями нефтепродуктов (>20000 мг/кг) и низким содержанием железа, указывающая на стадию раннего загрязнения.

Заключение

Выявленные корреляции:



1. Удельное электрическое сопротивление (УЭС) снижается с увеличением содержания нефтепродуктов и в песках и в суглинках.
2. В суглинках выявлена более выраженная зависимость УЭС от концентрации железа, особенно при его содержании выше 4000 мг/кг.
3. В водонасыщенных песках максимальная концентрация содержания железа привела к сильному снижению УЭС.



Влияние биоразложения:

Снижение УЭС связано с процессами биоразложения углеводородов, что приводит к образованию вторичных продуктов, включая железосодержащие соединения.



Методологические выводы:

Полученные результаты подчеркивают необходимость учета литологических особенностей и степени биоразложения при интерпретации геоэлектрических данных.



Практическая значимость:

Исследование способствует улучшению методологии мониторинга и оценки загрязненных территорий, что важно для экологического контроля и восстановления окружающей среды.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

