



# **ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ.**

**В.П. Мурыгина<sup>1</sup>, С.Н. Гайдамака<sup>1</sup>,  
М.А. Гладченко<sup>1</sup>, А.А. Зубайдуллин<sup>2</sup>**

**1. Московский Государственный университет, Химический факультет,  
119992, Москва, Россия, Факс: +7 (495) 939-5417**

**e-mail: [vp\\_murygina@mail.ru](mailto:vp_murygina@mail.ru)**

**2. ЗАО Сибирский научно-исследовательский и проектный институт  
рационального природопользования ("СибНИПИРП")**

# Общий вид и схема загрязнённого нефтью верхового болота (площадь 0,8 га) и точки отбора проб, Суторминское нефтегазовое месторождение ОАО «Газпромнефть», 2011 г



Общий вид части верхового болота, 2011 г

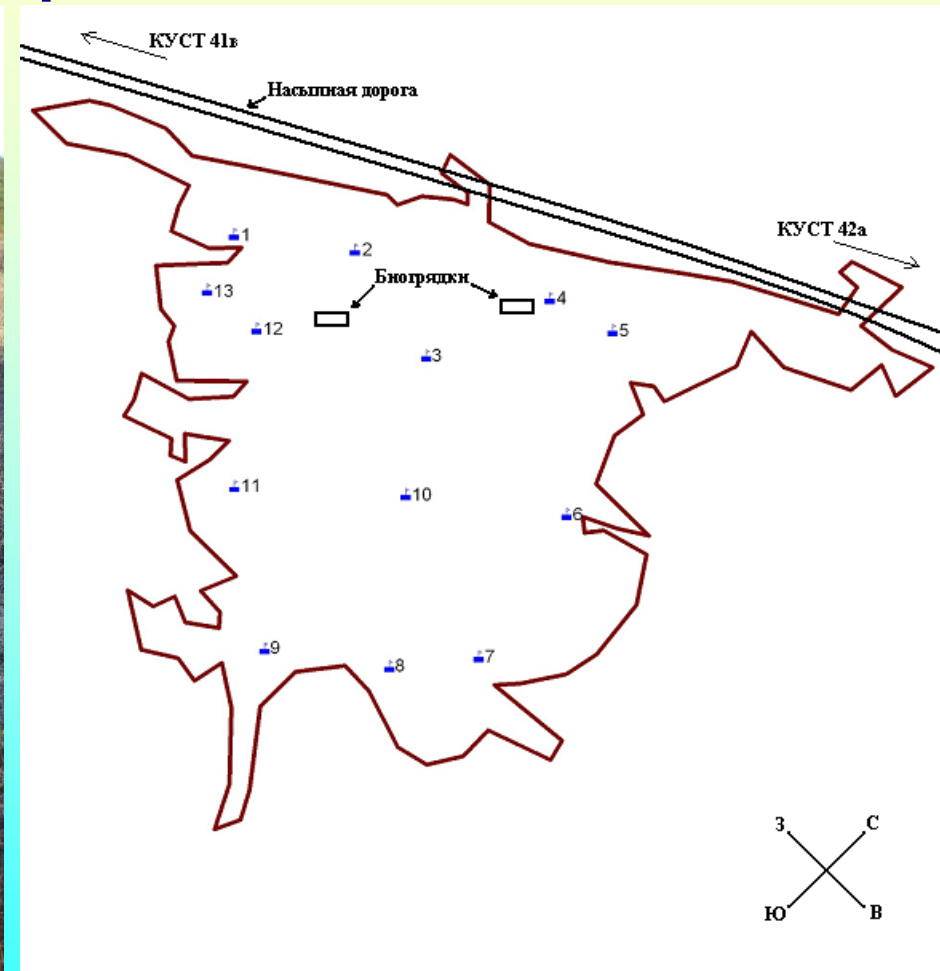


Схема загрязненного нефтью участка верхового болота, 2011 г

# Материал и методы

27 проб мха, отбор с помощью GPS навигатора. Глубина отбора 0-10, 0-15 см, 10-25 см, 10-35-40 см

Пробы отбирали до и после трехкратной обработки болота рабочим раствором препарата Родер

30 кг концентрата препарата Родер, растворяли в 18 тоннах воды (3 пожарные машины) и наносили на загрязненный нефтью объект методом дождевания

Всего за 3 обработки было внесено 480 кг препарата Родер с интервалом 3 недели

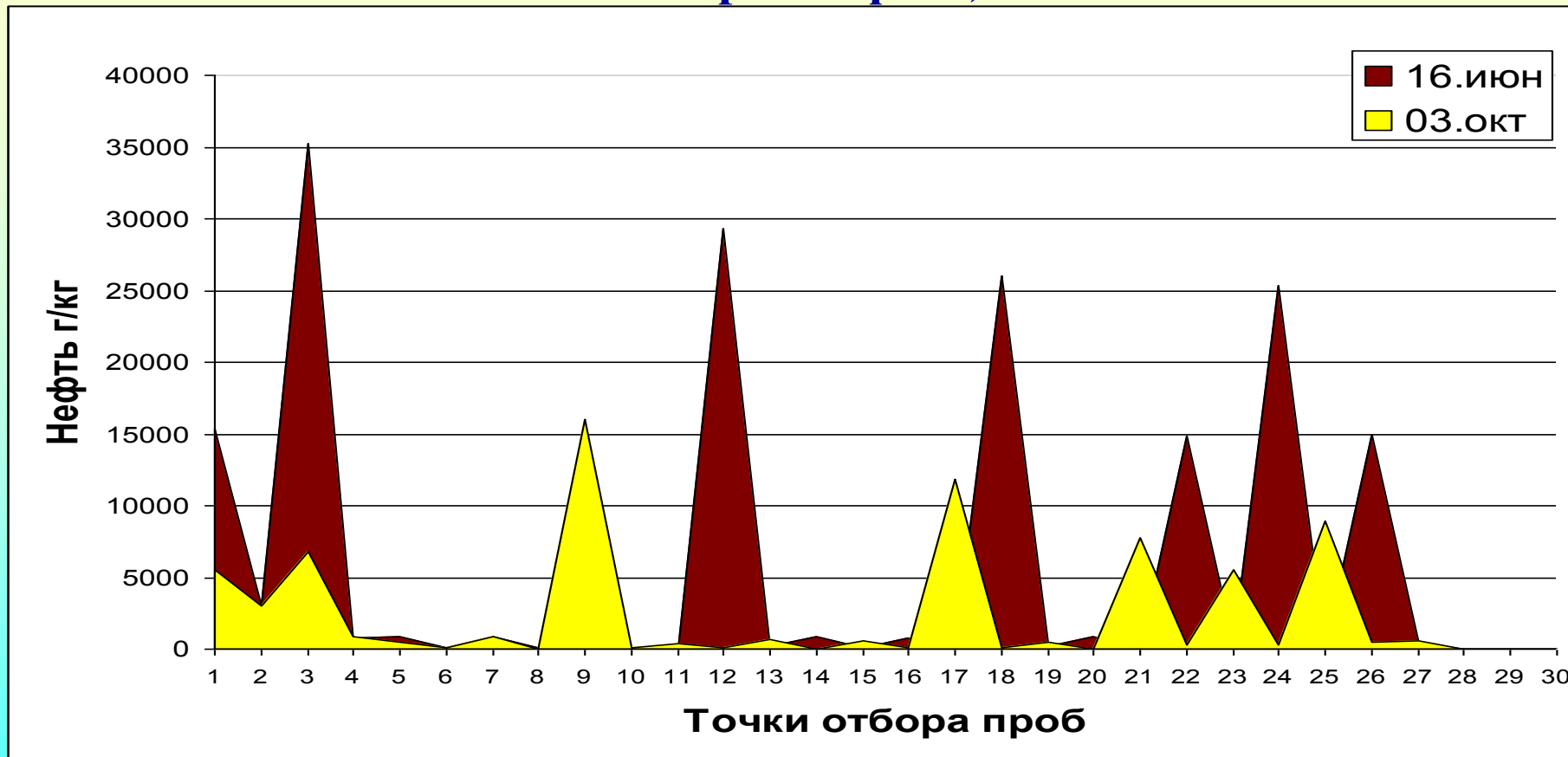
В процессе работы использовали для химических анализов методы гравиметрии, газовой хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии. Анализировали содержание в почве азота и фосфора, влажность почвы, pH, общую численность микроорганизмов и численность УВ окисляющих микроорганизмов.

- В 7 пробах (0-10-15 см) была практически живая нефть в средней концентрации  $22,7 \pm 8,2$  кг/кг а.с.м., процент содержания нефтепродуктов составляет  $62,5 \pm 1,7$  %, ароматических УВ -  $19,3 \pm 1,4$  %, смолисто-асфальтеновых веществ –  $11,8 \pm 0,8$  % (нефть высокого качества).
- В 5 пробах (15-35 см) нефть составляла в среднем  $251,4 \pm 146,3$  г/кг а.с.м. с содержанием нефтепродуктов  $49,4 \pm 11,2$ %, ароматических углеводородов –  $19,6 \pm 2,3$  %, смолисто-асфальтеновых веществ  $13,4 \pm 5,2$  % (начался процесс биodeградации нефти).
- pH почвы варьировал от 4,9 до 5,2. Азот – 5 - 11 мг/кг, фосфор 16-33 мг/кг. Численность ГТ варьировала от  $1,1 \cdot 10^7$  до  $6,1 \cdot 10^8$  КОЕ/г почвы. В этих точках уровень нефтяного загрязнения колеблется от 60,3 до 903,6 г/кг а.с.м. Численность УВО в этих же точках варьировала от  $1,2 \cdot 10^6$  кл/г до  $1,1 \cdot 10^8$  кл/г почвы.

# Обработка загрязненного нефтью участка рабочим раствором препарата Родер



**Верховое болото, загрязнённое нефтью (площадь 0,8 га). Кустовая площадка 42а), месторождение Суторминское, 2011 г (ОАО «Газпромнефть»)**



**Коричневый цвет – ДО применения, желтый цвет - ПОСЛЕ трехкратного применения препарата Родер**

**В результате уровень нефтяного загрязнения снизился на 32%-98% в зависимости от начальной концентрации углеводородов и глубины проникновения нефти в почву.**

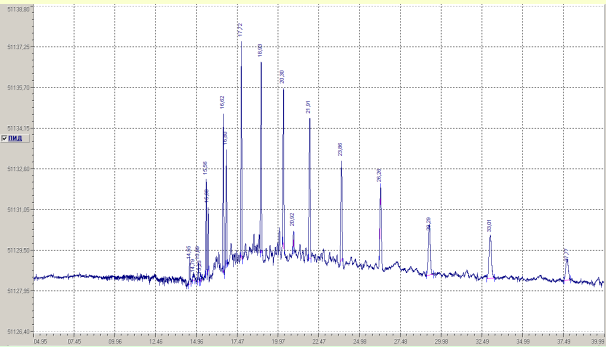
**Загрязнённое нефтью верховое болото до и после проведения биоремедиации препаратом Родер. Суторминское месторождение, 2011 г (ОАО «Газпромнефть»)**



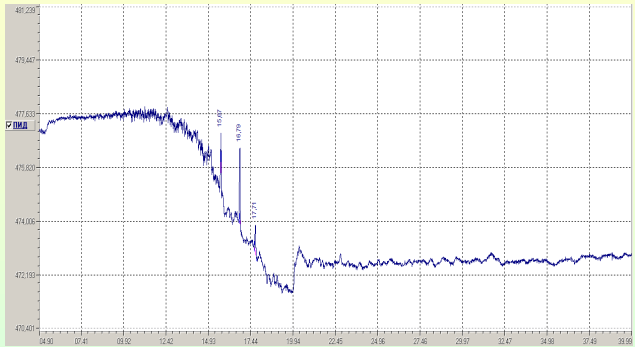
# ГХ анализ нефтепродуктов в почве верхового болота, загрязнённого нефтью, до и после биоремедиации препаратом-нефтедеструктором Родер, Суторминское месторождение, 2011 г (ОАО «Газпромнефть»)



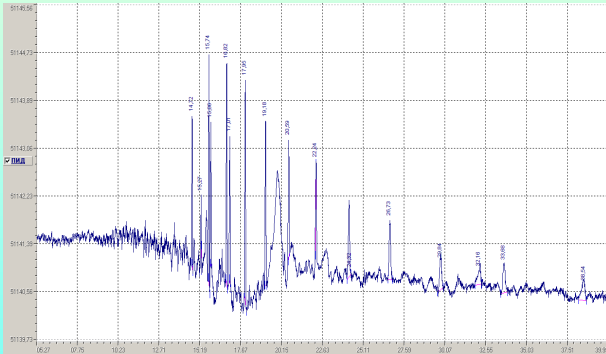
**Свидетели: ундекан, додекан, тетрадекан, гексадекан и сквалан**



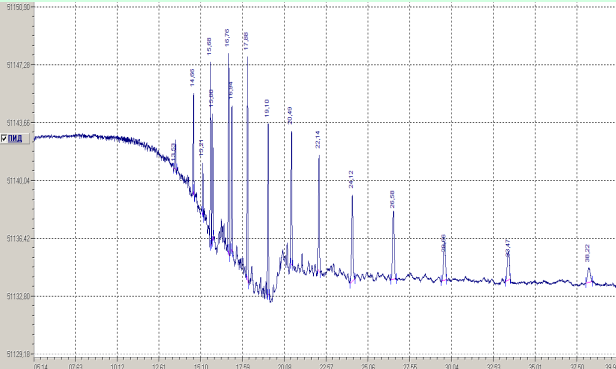
**Точка 3 (0-10 см) ДО ВЕРХ**



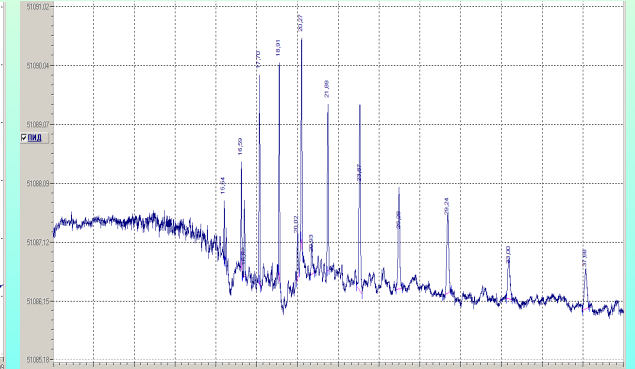
**Точка 3 (0-10 см) ПОСЛЕ**



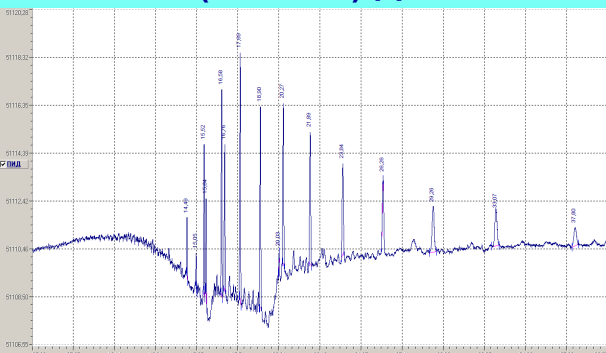
**Точка 3 (10-25 см) ДО**



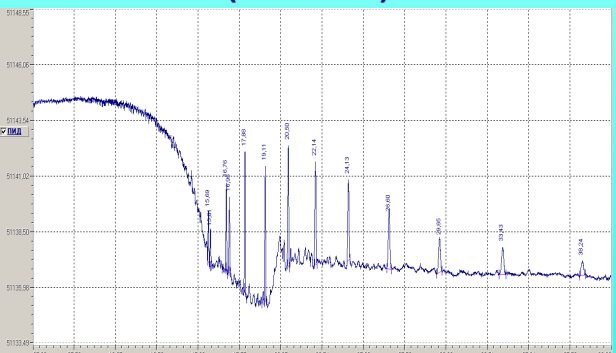
**НИЗ Точка 3 (10-25 см) ПОСЛЕ**



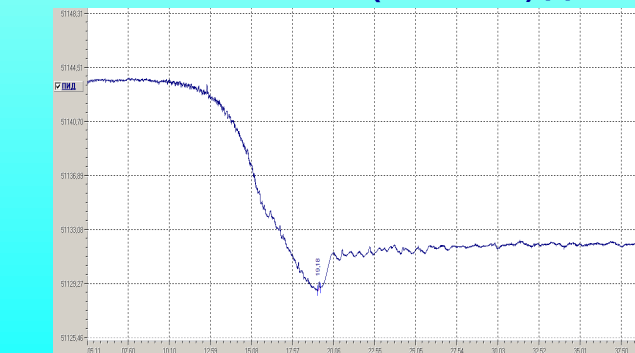
**НИЗ Точка 9 (10-25 см) ДО**



**Точка 10 (0-10) ДО**

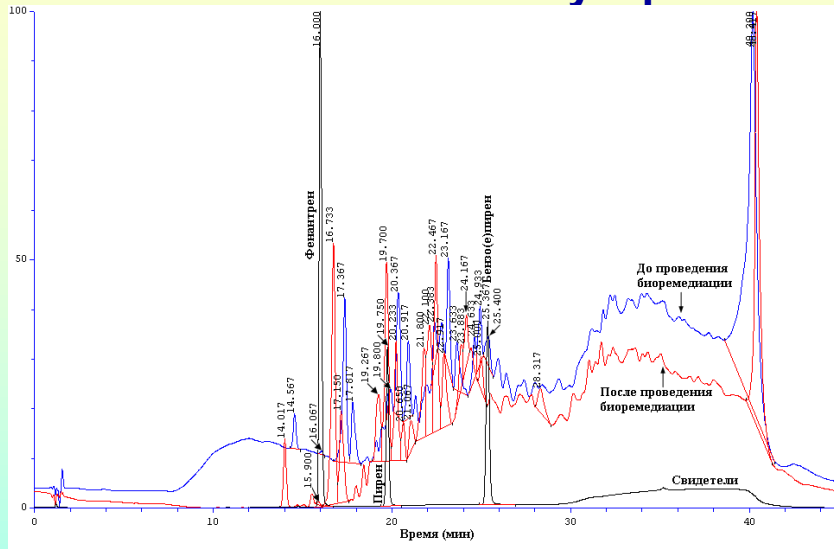


**ВЕРХ Точка 10 (0-10) ПОСЛЕ**

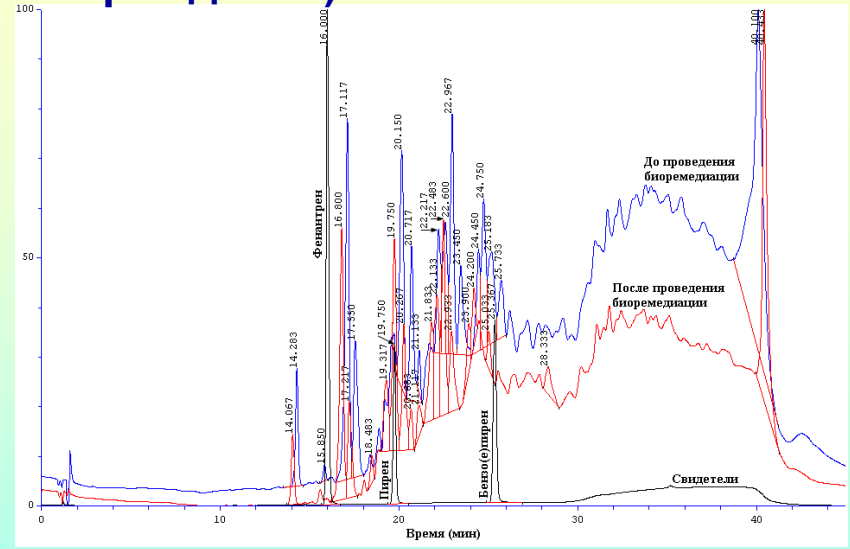


**НИЗ Точка 9 (10-25 см) ПОСЛЕ**

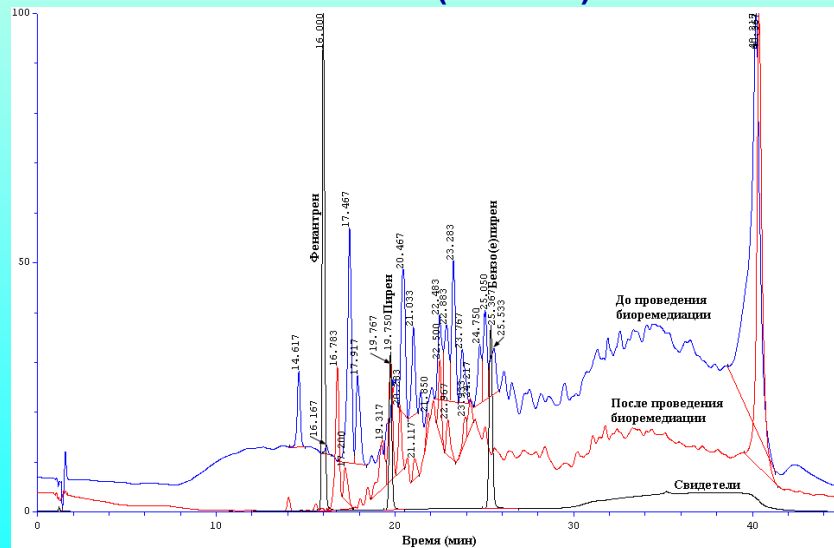
# ВЭЖХ анализ ПАУ в почве верхового болота, загрязнённого нефтью до (синий цвет) и после (красный цвет) биоремедиации препаратом-нефтедеструктором Родер, 2011 г, Свидетели черный цвет: фенантрен, пирен, бензо(е)пирен Суторминское месторождение)



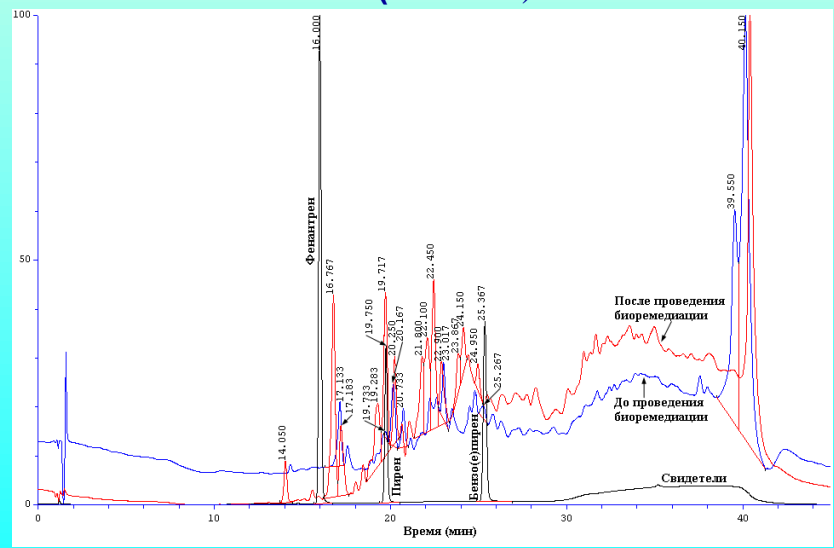
Точка 3 (0-10 см)



Точка 9 (0-10 см)



Точка 13 (10-25 см)



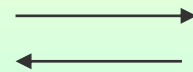
Точка 11 (25-40 см)



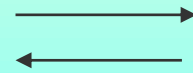
# ***Выводы***

- ◆ Биопрепарат-нефтедеструктор Родер способен работать при сверхвысоком уровне нефтяного загрязнения без необходимых агротехнических мероприятий, облегчающих процесс ремедиации, и при неблагоприятных погодных условиях.
- ◆ Уровень нефтяного загрязнения в почве снизился на 32%-98% в зависимости от начальной концентрации углеводородов и глубины проникновения загрязнения в почву.

# Лабораторная установка для разработки метода аэробно-анаэробной биоремедиации топких болот, загрязненных нефтью (2011-2012 гг).



Отбор проб  
Внесение реагентов.



Отбор проб  
Внесение реагентов.



Отбор проб

# Лабораторный эксперимент по разработке аэробно-анаэробного метода биоремедиации верховых болот, загрязненных нефтью

## Схема постановки эксперимента

- 1. Модель** – негативный контроль.
- 2. Модель** – активизация аборигенной микрофлоры + р-р минеральных удобрений (0-10 см), введение в модель газообразного акцептора электронов на глубине 40 см.
- 3. Модель** – препарат Родер+ р-р минеральных удобрений (0-10 см), введение в модель газообразного акцептора электронов на глубине 40 см.
- 4. Модель** - препарат Родер + р-р минеральных удобрений (0-10 см), введение в модель жидкого акцептора электронов в верхний слой почвы.
- 5. Модель** - препарат Родер + р-р минеральных удобрений (0-10см), введение в модель жидкого акцептора электронов на глубине 40 см.

### ДО БИОРЕМЕДИАЦИИ

**0-10 см** ОЧМ ГТ варьировала от  $6,0 \cdot 10^7$  до  $1,1 \cdot 10^8$  кое/г почвы, а УВО от  $9,1 \cdot 10^5$  о  $9,4 \cdot 10^6$  кл/г почвы.

**40 см** (середина моделей), соответственно ГТ от  $8,1 \cdot 10^5$  до  $3,7 \cdot 10^7$  кое/г почвы, УВО – от  $8,2 \cdot 10^2$  до  $9,8 \cdot 10^4$  кл/г почвы. Обнаружены анаэробные микроорганизмы (СВБ) (модели №№ 3 и 4) в численности  $1,0 \cdot 10^2$  кл/мл.

**90 см** (низ моделей) ГТ (анаэробы или микроаэрофилы) от  $2,1 \cdot 10^6$  до  $4,9 \cdot 10^7$  кое/г почвы, УВО – от  $7,1 \cdot 10^3$  до  $1,0 \cdot 10^6$  кл/г почвы, а СВБ были (модели №№ 2, 3 и 5 ) от  $1,0 \cdot 10^2$  до  $1, \cdot 10^5$  кл/мл.

**Видовой состав:** представители родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, сульфатредуцирующим бактериям (СВБ), грибы рода *Aspergillus*.

Соотношение C:N:P составляло в среднем 100:10:1.

### ПОСЛЕ БИОРЕМЕДИАЦИИ

Численность микроорганизмов в моделях (ГТ и УВО) выросла на 1 – 2-3 порядка практически во всех моделях в верхних слоях почвы и снизилась на 1-2 порядка в средних и нижних слоях.

В то же время численность анаэробных микроорганизмов, в том числе и СВБ, во всех моделях существенно выросла в средних и нижних слоях почв, что может быть связано с формированием собственного биоценоза в каждой модели.

Концентрация биогенных элементов в верхних слоях опытных моделей выросла почти в 10 раз, т.к. трижды вносили удобрения в эти модели. В нижних и средних слоях моделей концентрация биогенных элементов снизилась, что может быть связано с активизацией жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов.

## ГХ анализ деградации нефти в лабораторном аэробно-анаэробной эксперименте на моделях

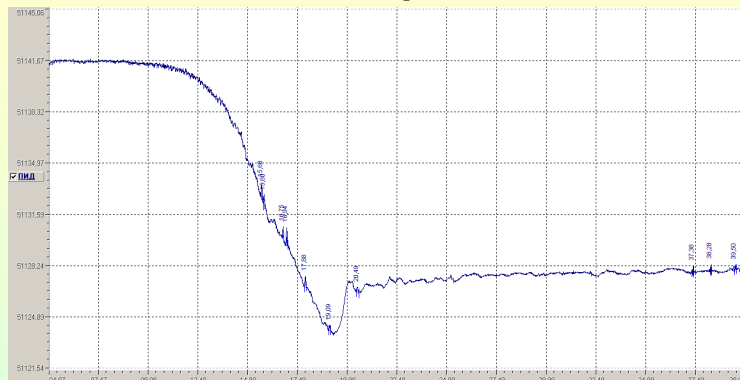
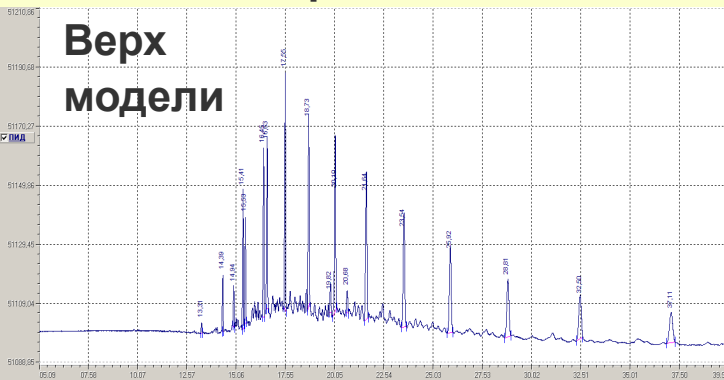
Номер модели	Точки отбора	До биоремедиации		После биоремедиации		Уменьш. площади пиков, %
		Кол-во пиков	∑ Площ. пиков, мв*мин	Кол-во пиков	∑ Площ. пиков, мв*мин	
1. К	0-10 см	18	6,3760	18	2,9228	54,2
	40 см	15	0,9121	14	1,3365	0
	90см	15	1,9066	16	2,9416	0
2. Аб.+г	0-10 см	18	0,9477	14	0,2457	74,0
	40 см	15	2,3902	14	1,8104	24,3
	90см	15	3,1786	15	3,0161	5,1
3. Р+г	0-10 см	14	1,9381	9	0,2163	88,8
	40 см	15	1,9089	16	2,1692	0
	90см	14	2,6101	13	0,8296	68,2
4. Р+жс В	0-10 см	15	3,5479	6	0,1429	95,9
	40 см	17	1,6536	17	2,1694	0
	90см	15	2,5519	15	1,8586	27,2
5. Р+ж	0-10 см	18	4,5116	10	0,1854	99,5
	40 см	19	7.857	19	2.8347	63.9

# Модель №5, ГХ анализ

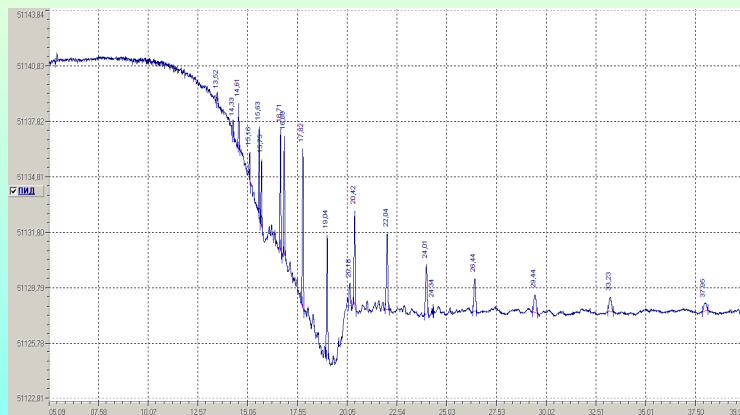
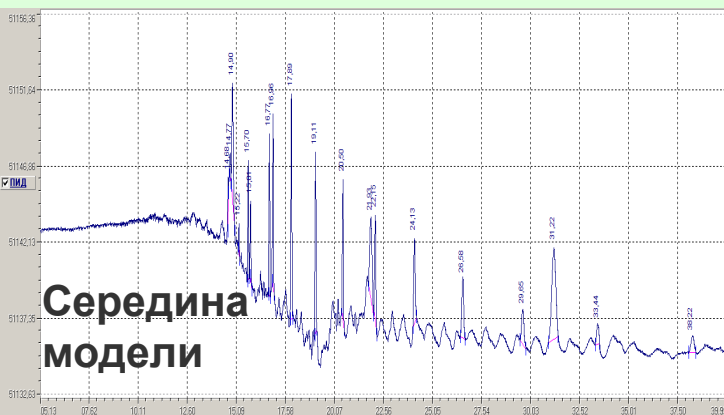
ДО биоремедиации

ПОСЛЕ биоремедиации

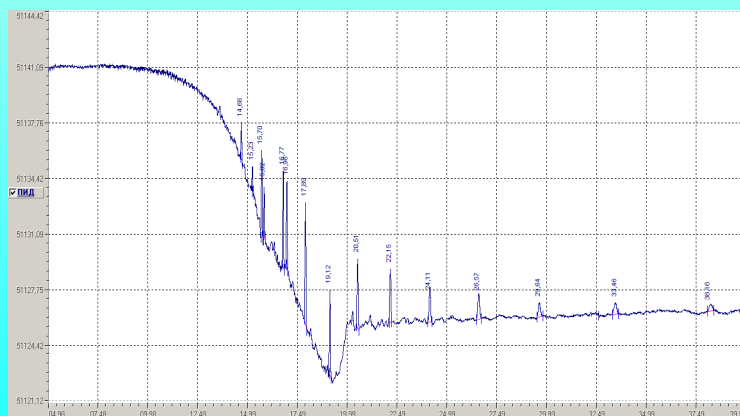
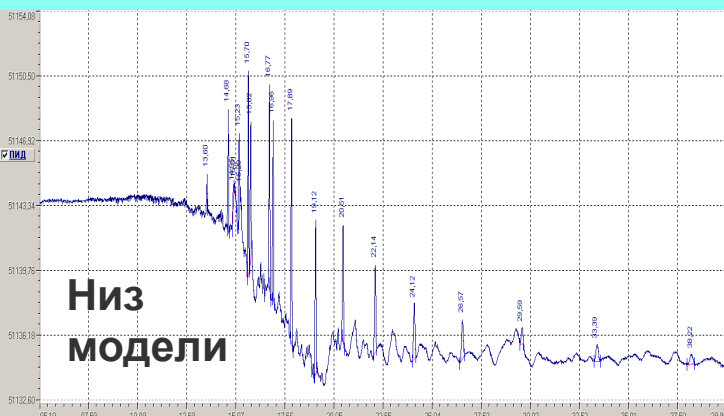
Уменьшение  
площади пиков,  
%



99,5



63,9



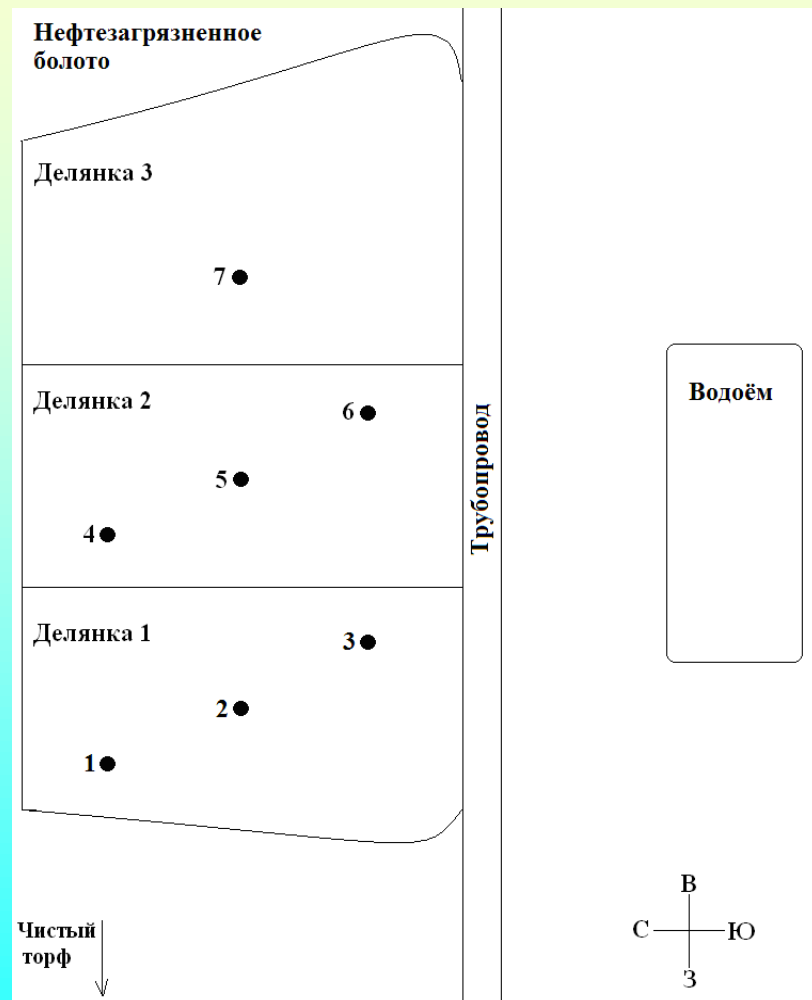
45,1

Внесение препарата Родер, с жидким акцептором электронов в середину модели

# Выводы

- Оба исследованных акцептора электронов (и газообразный, и жидкий) работают в анаэробной зоне.
- В аэробной зоне биопрепарат Родер работает более эффективно, чем активизированная аборигенная микрофлора.
- Нефтедеградирующий эффект биопрепарата хорошо сочетается с действием, жидкого акцептора электронов, который более технологичен в практическом применении.

# Пилотные испытания нового метода аэробно-анаэробной биоремедиации верхового болота, загрязненного нефтью более 20 лет назад. Ватинское месторождение ОАО «Славнефть - МНГ», 2013 г



**Общий вид участка**

**Схема участка для тестирования метода аэробно-анаэробной биоремедиации**

# Тестирование нового метода аэробно-анаэробной биоремедиации Ватинское месторождение, 2013 г (ОАО «Славнефть - МНГ»)

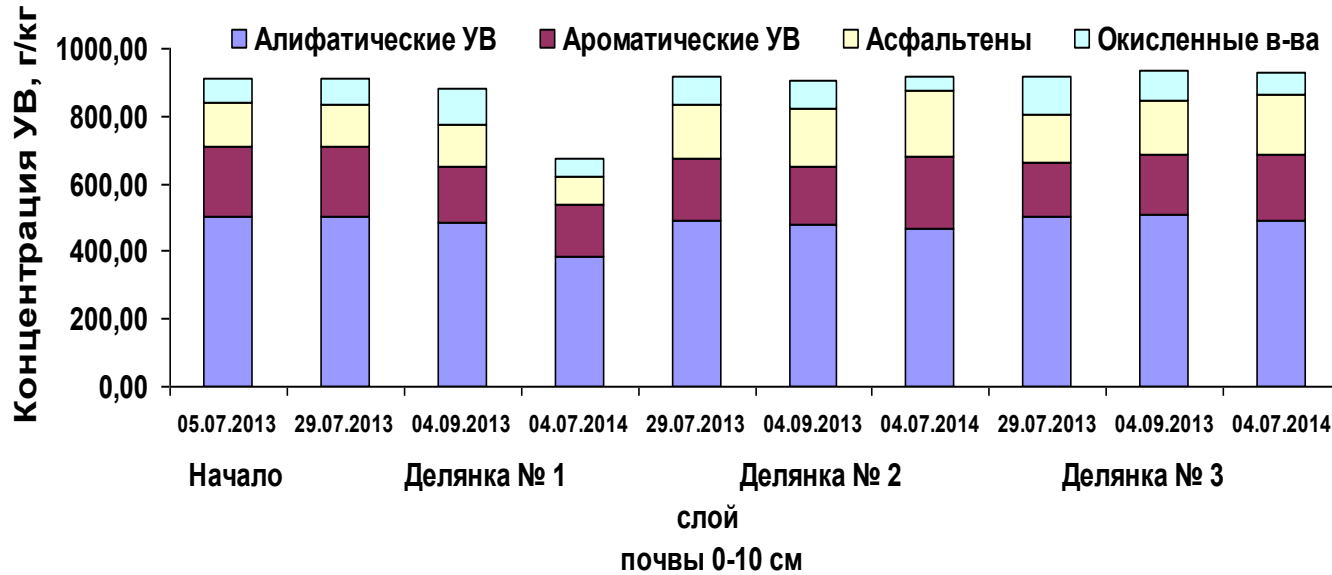


Вода для удобрений и р-ра препарата

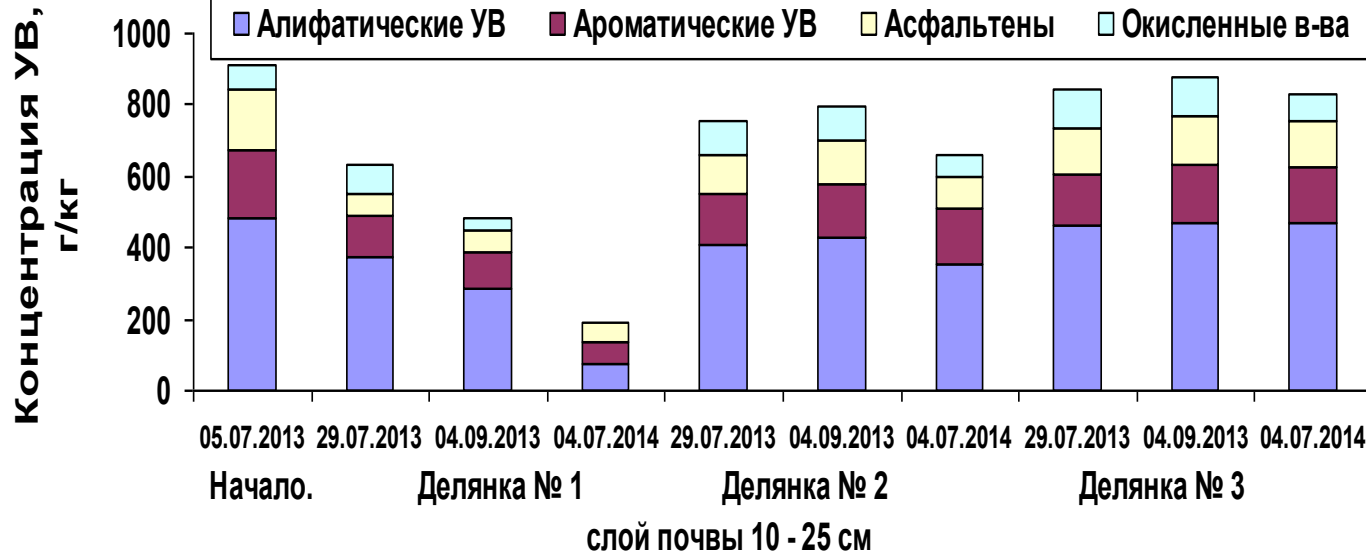
Введение акцептора с препаратом



# Результаты тестирования нового метода аэробно-анаэробной биоремедиации топкого верхового болота с 20-летним летним нефтяным загрязнением

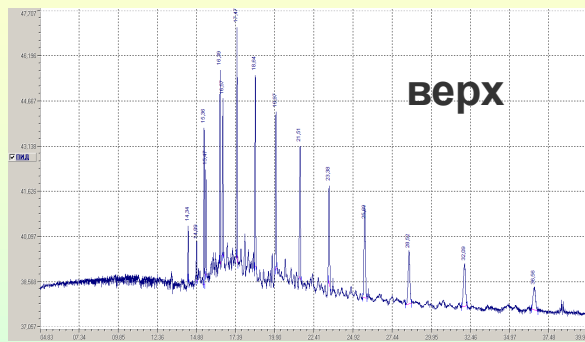


На делянке 1 в слое торфяной почвы 0-10 см концентрация насыщенных УВ была снижена на 23,0%, ароматических УВ на 28,0%, смолисто-асфальтеновых веществ на 34,4%.

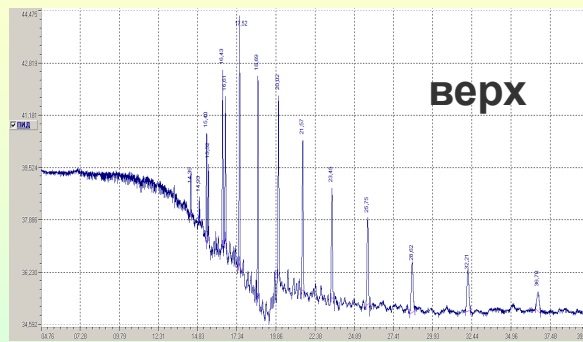


В слое почвы 10-25 см концентрация насыщенных УВ была снижена на 72,6%, ароматических УВ на 66,6%, а смолисто-асфальтеновых веществ на 57,2%.

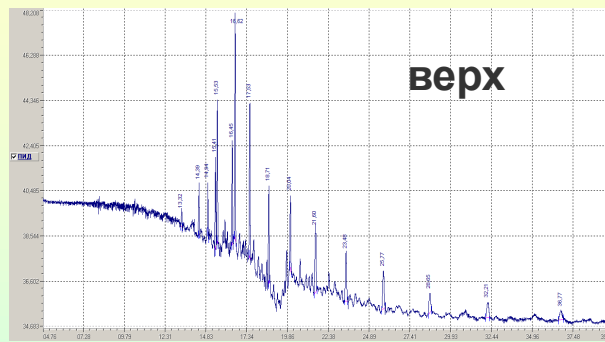
# Результаты ГХ анализа торфяной почвы до и после применения нового метода аэробно-анаэробной биоремедиации топкого верхового болота с 20-летним летним нефтяным загрязнением



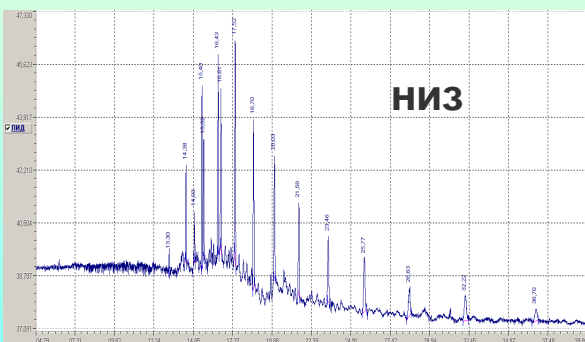
Исходная почва 0-10 см



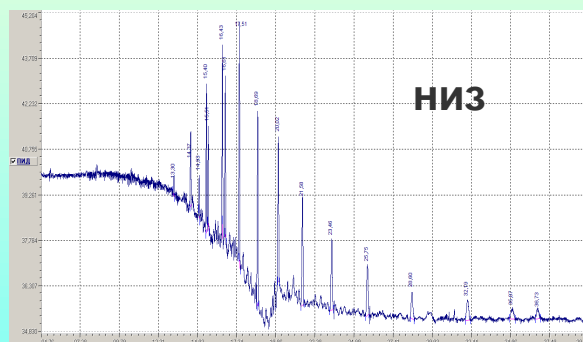
Негат. Контроль 0-10 см, конечн.



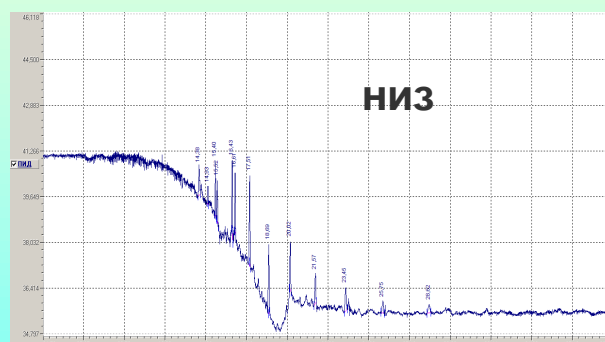
Аэроб-анаэроб.метод 0-10см, кон.



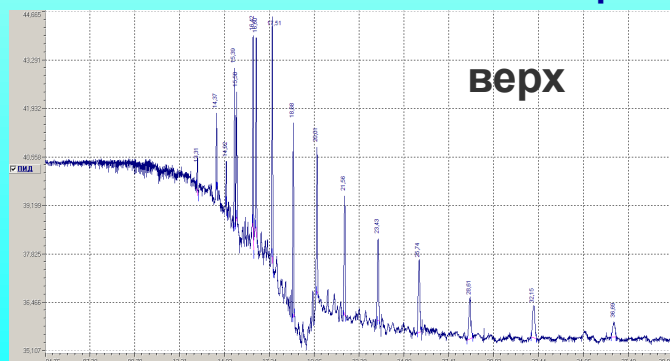
Исходная почва 10-25 см



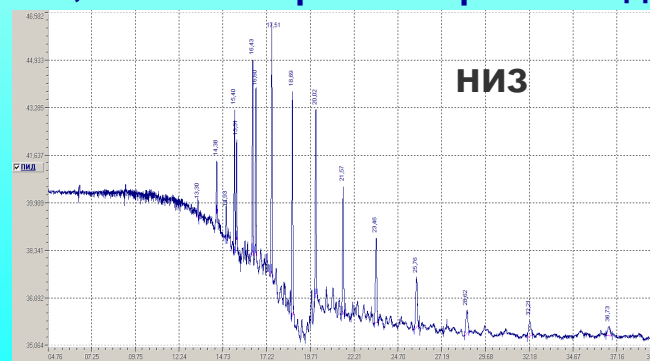
Негат. Контроль 10-25см, конечн.



Аэроб-анаэроб.метод 10-25см, кон.



Активизац.аборигенов 0-10см, конечн



Активизац.аборигенов 10-25см, конечн

# Выводы

- В слое торфа 0-10см препарат Родер при неоптимальном значении рН снизил концентрацию насыщенных углеводородов на 23,0%, ароматических УВ - на 28,0%, а смолисто-асфальтеновых веществ - на 34,4%.
- В слое торфа 10-25 см препарат Родер с акцептором электронов снизил концентрацию насыщенных углеводородов (УВ) на 72,6%, ароматических УВ на 66,5%, смолисто-асфальтеновых веществ на 57,2%.
- Аборигенные микроорганизмы практически не показали реального снижения концентрации нефтяного загрязнения сфагнового мха.
- Для эффективной работы препарата-нефтедеструктора Родер на поверхности верхового болота, загрязненного нефтью необходимо поднимать рН в верхнем слое торфа до нейтрального значения.

**Ориентировочная стоимость применения метода аэробно-анаэробной биорекультивации топкого сильно загрязнённого нефтью верхового болота площадью 1 га с концентрацией нефтепродуктов до 400г/кг в ценах 2013 г**

п/п	Позиции	Количество	Стоимость руб. за единицу	Общая стоимость, Тыс. руб.
1	Препарат «Родер»	360л/га	2000/л	720,00
2.	Акцептор электронов	1,6 т/га	60000/т	96,00
3.	Минеральные удобрения	1,8 т/га	20000/т	36,00
4.	Реагент для размягчения битуминозной корки	800кг/га	9000/т	7,20
<b>Итого:</b>				<b>859,20</b>

**От Заказчика потребуются в помощь Исполнителя:**

5.	Рабочие – 2 чел., водитель с машиной внедорожником	3 чел./12 дней
6.	Мотопомпа, емкости на 1 м <sup>3</sup>	4 дня*3 раза



*Пневмоход (например, Фантазия М-3 за 254000 руб.) приобретается Заказчиком*

**7. Если концентрация нефтепродуктов в почве превышает 700 г/кг, то расход препарата Пневмоход увеличивается в два раза**

**Благодарю  
за внимание!**