


Мониторинг экологических последствий ракетно-космической деятельности



Основная задача:

- оценка воздействия запусков ракет на компоненты природной среды в местах базирования стартовых комплексов и в местах падения отделяющихся частей ракет.





при штатной эксплуатации процедуры старта ракеты воздействие на окружающую среду можно подразделить на три периода:

- при наземной подготовке составных частей ракетно-космических комплексов на космодроме,
- при старте и полете ракеты космического назначения,
- при падении отделяющихся частей (ОЧ) в отведенные районы падения.

Наземная подготовка



Основными видами воздействия ракетно-космических комплексов на космодроме при наземной подготовке являются:

- химическое загрязнение атмосферного воздуха,
- химическое загрязнение почво-грунтов,
- химическое загрязнение почво-грунтов отходами,
- акустическое воздействие на окружающую среду.



Химическое загрязнение атмосферы

- 1. Выбросы от агрегатов нейтрализации паров и промстоков компонентов ракетного топлива на **заправочно-нейтрализационной станции**
- В атмосферный воздух поступают: сажа, сернистый ангидрид, оксиды углерода и азота, формальдегид, несимметричный диметилгидразин (1.1-диметилгидразин, НДМГ, гептил).



- Заправочно-нейтрализационная станция предназначена для приема, хранения, подготовки компонентов ракетного топлива, заправки космических аппаратов, сбора промышленных стоков, нейтрализации заправочного оборудования, паров и промстоков.

- 2. работа источников гарантированного питания, в основном дизельных электростанций, **на универсальном стартовом комплексе**
- 3. дренаж паров топлива при заправке ракетоносителя на УСК
- 4. выбросы от двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств
 - При работе источников выбросов **на универсальном стартовом комплексе** в атмосферу поступают: сажа, сернистый ангидрид, оксиды углерода и азота, формальдегид, несимметричный диметилгидразин, акролеин и углеводороды.

- Стартовый комплекс проект «АНГАРА» 1 ГИК МО РФ (1-й Государственный испытательный космодром Министерства обороны РФ) г. Мирный, Архангельской обл.




Ракету «Ангара» установили на космодроме Плесецк (2014)





Химическое загрязнение почвогрунтов

- загрязняющие вещества от источников выбросов поступают в атмосферу и далее в почву из атмосферных осадков.
- Могут депонироваться почвой, образуя в верхнем гумусовом горизонте локальные очаги загрязнения.
- Часть химически активных соединений из атмосферы может поступать на наземную часть растений.




Механическое воздействие на почвогрунты


- связано с образованием бытовых и промышленных отходов и размещением этих отходов на территории промышленной и жилой зоны.

Акустическое воздействие



- возникает при работе транспортных средств, дизельных электростанций, агрегатов нейтрализации КРТ
- создают эквивалентный уровень звука не более 90 дБА.

- 
- Разговорная речь колеблется от 45 децибел (дБ) до 60 децибел (дБ), в зависимости от громкости голоса;
 - Автомобильный гудок достигает 120 децибел (дБ);
 - Шум интенсивного уличного движения – до 80 децибел (дБ);
 - Детский плач – 80 децибел (дБ);
 - Шум работы разнообразного офисного оборудования, пылесоса – 80 децибел (дБ);
 - Шум работающего мотоцикла, поезда — 90 децибел (дБ);
 - Звук танцевальной музыки в ночном клубе — 110 децибел (дБ);
 - Шум пролетающего самолета – 140 децибел (дБ);
 - Шум ремонтных работ – до 100 децибел (дБ);
 - Приготовление пищи на плите – 40 децибел (дБ);
 - Шум леса от 10 до 24 децибел (дБ);
 - Смертельный для человека уровень шума, звук взрыва — 200 децибел (дБ).

- 
- Если уровень шума достигает 70-90 децибел (дБ) и продолжается довольно длительное время, то такой шум при длительном воздействии может привести к заболеваниям центральной нервной системы.
 - А длительное воздействие шума уровнем более 100 децибел (дБ) может приводить к существенному снижению слуха вплоть до полной глухоты.

Старт и полет ракеты-носителя





Можно выделить следующие виды воздействия на окружающую среду:

- химическое загрязнение атмосферного воздуха,
- акустическое воздействие,
- электромагнитное воздействие,
- воздействие на озоновый слой атмосферы,
- воздействие на околоземное космическое пространство.

Химическое загрязнение атмосферы

- обусловлено выбросами продуктов сгорания компонентов ракетного топлива, используемых в ракете-носителе



ОМ ПЛЕСЕЦК

ТВУ



ЫТИЯ

- В плотные слои атмосферы до высоты 50 км выбрасывается около 77% всей массы продуктов сгорания

Ракетный парк космодрома «Плесецк»

До 2012 года

НДМГ +
АК



«Циклон-3»



«Космос-3М»



«Рокот»

Кислород +
керосин



«Союз-У»

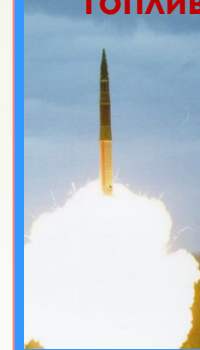


«Молния-М»

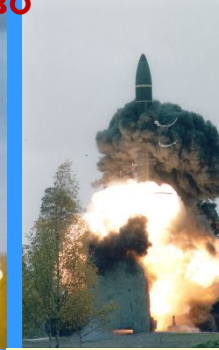


«Союз-2»

Твердое
топливо



«Тополь»



«Тополь-М»

После 2012 года

Кислород +
керосин



РН семейства «Ангара»



«Союз-2»

Твердое
топливо



«Тополь»



«Тополь-М»

Ракетный комплекс «Ангара»



- Основными токсичными продуктами при полете РН «Ангара» являются окись углерода и окись азота. Поэтому все изменения, которые будут происходить в приземном слое атмосферы, обуславливаются воздействием этих химических соединений.

Акустическое воздействие

- значительное акустическое воздействие, связанным с высокой скоростью истечения продуктов сгорания.
- максимальная величина эквивалентного уровня звука (для ракеты «Ангара А5») порядка 162 дБА в интервале частот 20 – 200 Гц.
- Максимальное расстояние от места старта, где уровень акустического давления выше 30 дБ, составляет не более 5 км (порядка 25 сек).

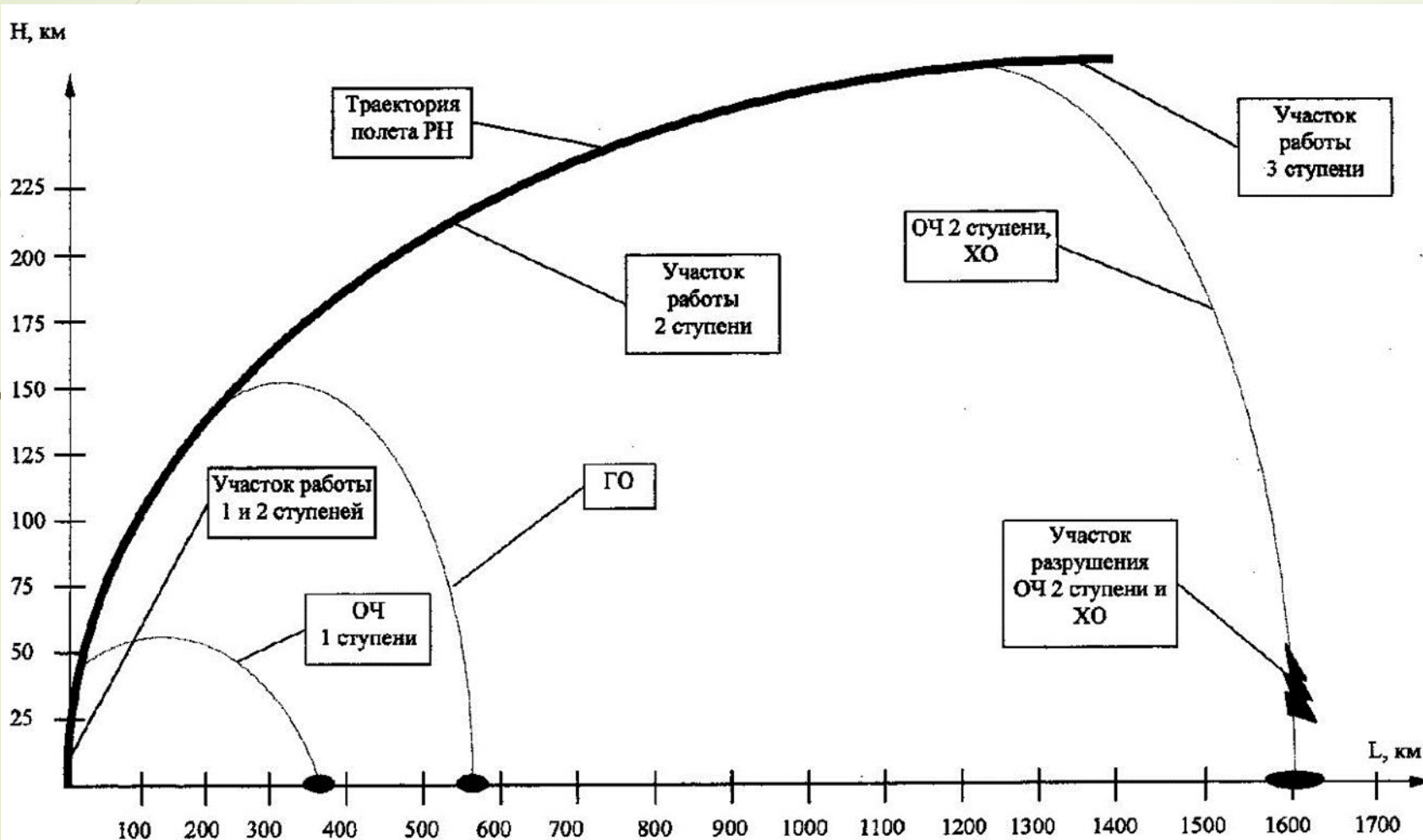
Электромагнитное воздействие




- обусловлено работой в СВЧ-диапазоне объектов комплекса средств измерений, сбора и обработки информации.

Воздействие полета ракеты на озоновый слой Земли


- при прохождении слоя максимального содержания озона 20 – 30 км



- 
- Основное воздействие оказывают окислы азота, образующиеся в результате догорания продуктов, составляющих компоненты ракетного топлива в высоко температурной струе.
 - Для РН «Ангара А5» в озоновом слое образуется порядка 180 кг окиси азота, из которых 75 кг приходится на слой с максимальным содержанием озона.
 - Максимальный радиус зоны с содержанием озона менее 90% от фонового значения составляет 250 метров.
 - Время восстановления концентрации до 90% фонового значения происходит в течение трех часов.



Падение отделяющихся частей ракет



В районах падения отделяющихся частей ракет имеют место следующие виды воздействия:

- химическое загрязнение объектов окружающей среды;
- механическое загрязнение территории фрагментами отделяющихся частей ракеты-носителя;
- сейсмическое воздействие на почвогрунты.

Механическое воздействие на почвы в районах падения

- обусловлено падением металлоконструкций
- Основным фактором является масса падающего на поверхность Земли фрагмента
- максимальное значение объема поврежденного грунта в случае падения одного разгонного блока может составлять до 23 кубических метров при глубине воронки до 0.5 метров.
- при падении головного обтекателя объем поврежденного грунта может составлять до 2.5 кубических метров, глубина воронки до 0.3 метров.

Сейсмическое воздействие

- Происходит в момент падения металлоконструкции на поверхность Земли, в грунте возникают и распространяются ударные волны, способные вызвать незначительные сейсмические колебания грунта.
- Масштабы воздействия от падения фрагментов разгонного блока могут быть эквивалентны взрыву в грунте 19 кг тротила, а от падения головного обтекателя – 0.5 – 2.0 кг тротила.
- Максимальное расстояние, на котором колебания грунта не обнаруживается, составляет 11 метров.

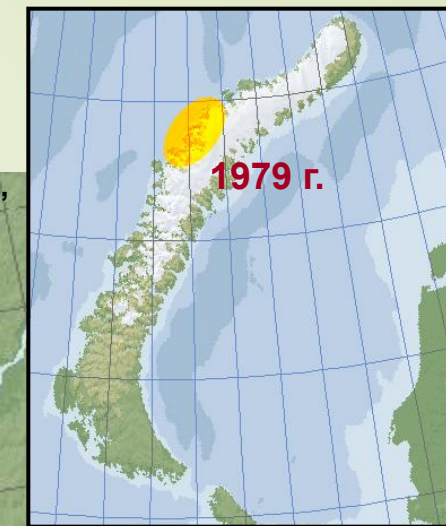
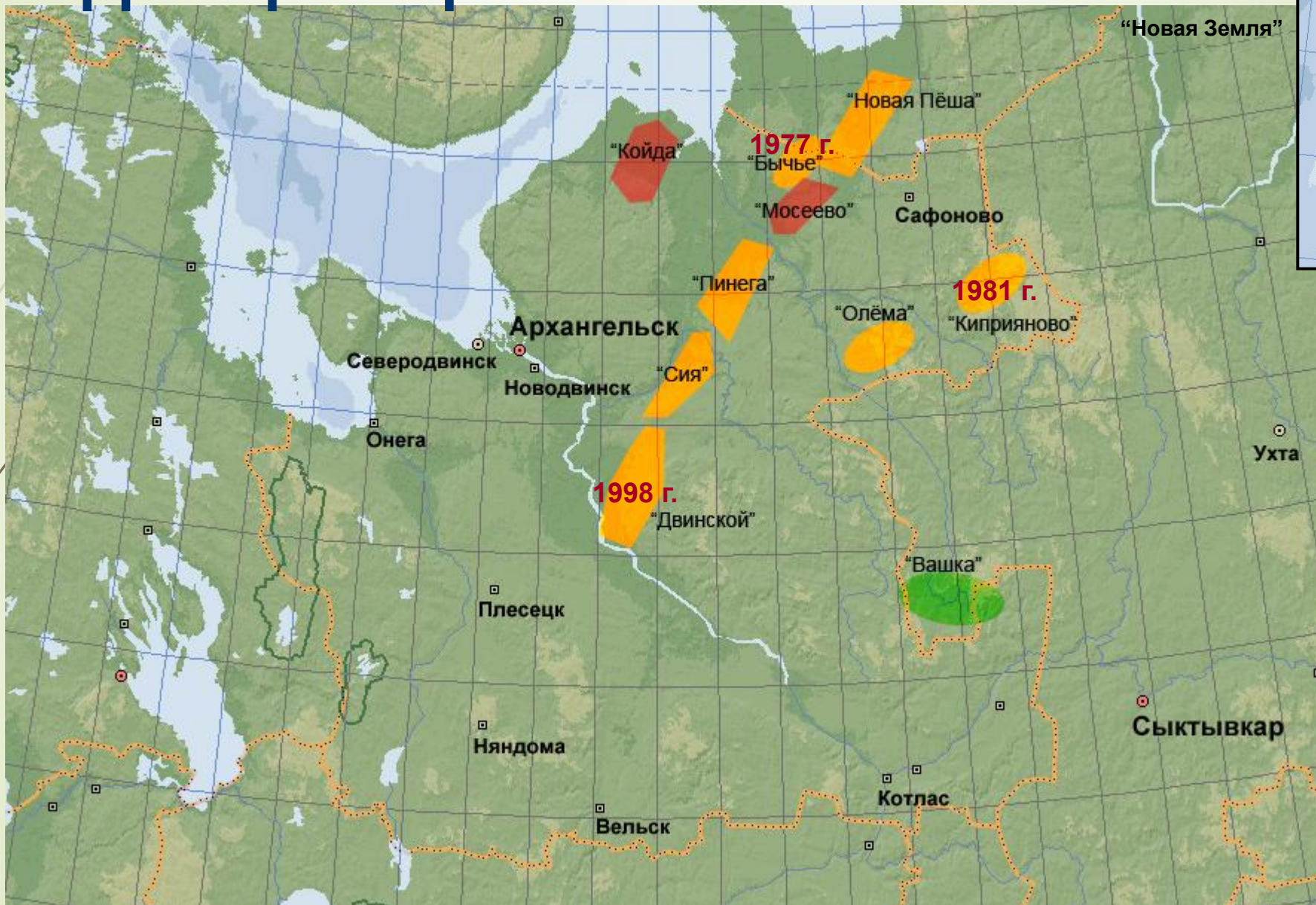
Химическое загрязнение районов падения

- Определяется компонентным составом используемого топлива, его количеством в топливных баках отделяющихся частей и конструкции топливных баков.
- При использовании слаботоксичного углеродного топлива большая часть компонентов ракетного топлива сгорает (от 70% до 95%). Химическое загрязнение происходит вследствие проливов оставшегося количества горючего (локальное загрязнение).
- В случае использования токсичных компонентов, в первую очередь несимметричного диметилгидразина (гептила), воздействие на окружающую среду значительно усиливается.

Особенности техногенного воздействия в районах падения отделяемых частей ракет

- Каждый район падения занимает значительную площадь, от нескольких тысяч до сотен тысяч квадратных километров. Воздействие (падение ОЧ РН) оказывается каждый раз в различных местах района падения. Заранее определить место падения отделяющейся части невозможно.
- На территории районов падения отсутствуют населенные пункты и, как правило, не ведется хозяйственная деятельность. Во время падения ОЧ РН присутствие людей в районе падения исключено.
- В падающих ступенях ракет-носителей остаются остатки КРТ, в том числе токсичные, исключить попадание которых в окружающую среду невозможно.
- В ряде случаев при падении ступеней происходит их разрушение в атмосфере и на значительную территорию падают множество обломков различного размера.

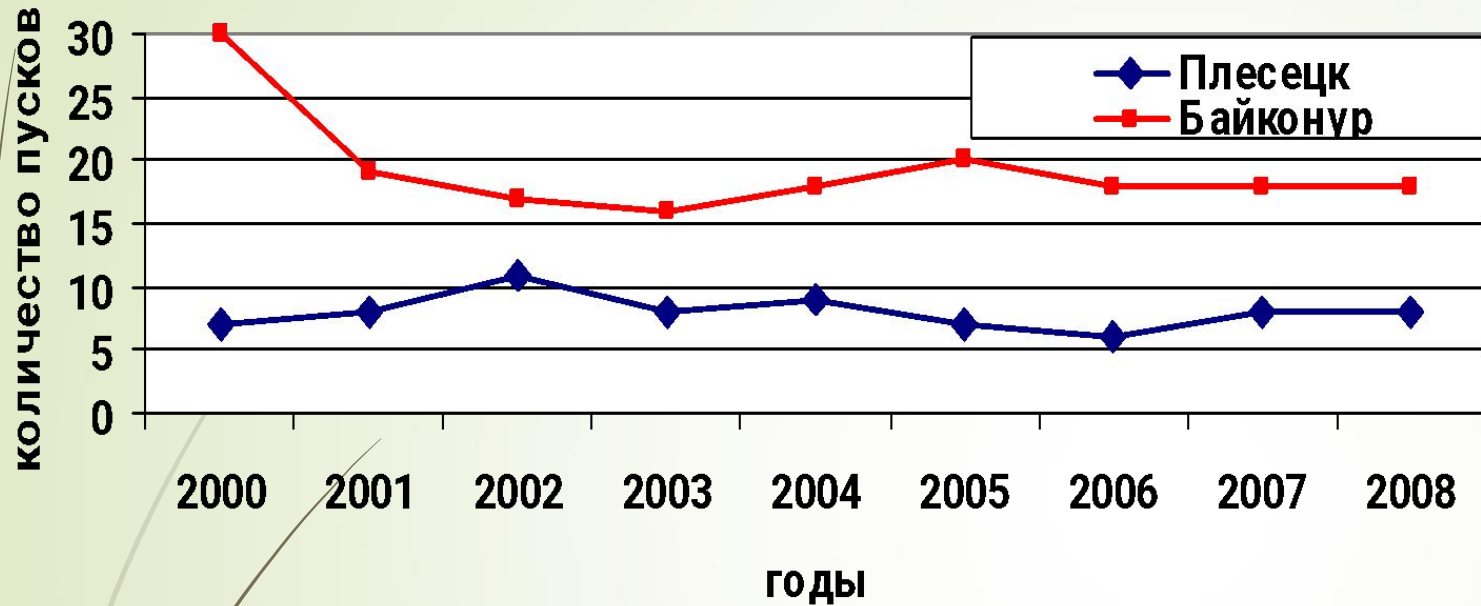
Районы падения ОЧ РН на территории Архангельской области



Районы падения отделяющихся частей ракет в республике Коми



Экологическая нагрузка на районы падения отделяющихся частей в Архангельской области



Всего с космодрома «Плесецк» в период 2000-2008 гг. 88 пусков различных типов ракет

2008 год – 6 РН и 3 МБР

2009 год – 8 РН и 1 МБР

2010 год – 6 РН и 1 МБР

Для приема первых ступеней и головных обтекателей использовались следующие Районы падения:

РП «Пинега», РП «Новая Пеша», РП «Вашка», РП «Сия», РП «Олема», РП «Койда», РП «Мосеево», РП «Печора», Морские РП.

Цель экомониторинга

целью функционирования системы экологического мониторинга является обеспечение минимизации негативного влияния РКД на окружающую среду.

Задачи экологического мониторинга

- контроль источников выбросов и сбросов с целью обеспечения соблюдения согласованных нормативов воздействия на окружающую среду;
- оценка степени благополучия состояния окружающей среды;
- сбор исходных данных, необходимых для прогноза изменения экологической обстановки с учетом планируемой техногенной нагрузки и обеспечения готовности сил и средств оперативного реагирования в случае возникновения аварии при запуске космических аппаратов.

Оценка экологического ущерба невозможна без определения наличия загрязняющих веществ

При загрязнении окружающей природной среды на уровне, не превышающем пороговых значений (ПДК, ПДУ и т.п.), ущерб абсолютно неэластичен и равен нулю



Для оценки необходимо:

38

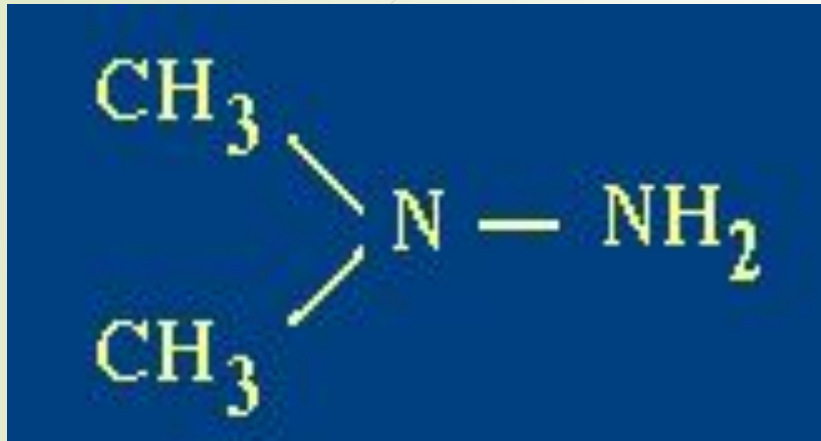
- Мониторинг районов падения, отбор проб на наличие загрязняющих веществ;
- Наличие точных методик определения загрязняющих веществ;
- Составление экологических паспортов районов падения на основе полученных данных.

С 2006 года сотрудники Университета провели 7 экспедиций в районы падения ОЧР.

Наработан большой объем информации об объектах контроля;

Составлено 5 экологических паспортов районов падения

Несимметричный диметилгидразин (НДМГ)



1 класс опасности

Токсичность

Отдаленные эффекты

Широкий спектр токсичных
продуктов разложения

ПДК

- в воде хозяйственного - бытового значения - 0,02 мг/л (планируемое - 0,00006 мг/л)
- в воде водоемов рыбохозяйственного значения - 0,0005 мг/л

ОБУВ

почва - 0,1 мг/кг

Определения НДМГ в объектах природной среды

- широкое распространение получили фотометрические методы, основанные на получении окрашенных производных с альдегидами
- эти методы дают удовлетворительные результаты лишь в случаях анализа проб с простой матрицей и не содержащих родственных НДМГ соединений
- при анализе реальных образцов почв и, в особенности торфяных болотистых проб Европейского Севера, эти методы не только могут давать большую погрешность, но и могут привести к ложному обнаружению несимметричного диметилгидразина.

Современные методы определения НДМГ и продуктов его трансформации

Высокоэффективная жидкостная хроматография

Достоинства

1. Невысокая стоимость оборудования (от 3 млн. руб.)

Недостатки

1. Сложная пробоподготовка (до суток на 1 пробу)
2. Низкая селективность
3. Низкая чувствительность
4. Малое количество определяемых компонентов



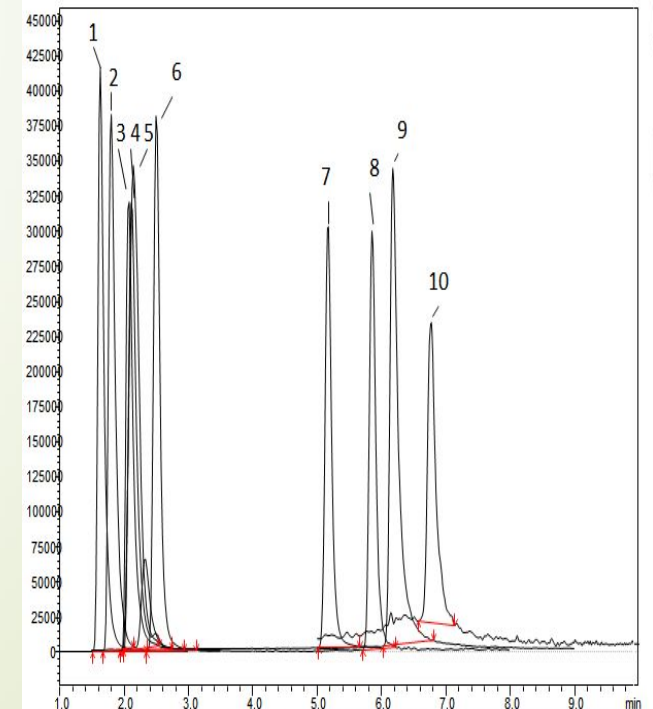
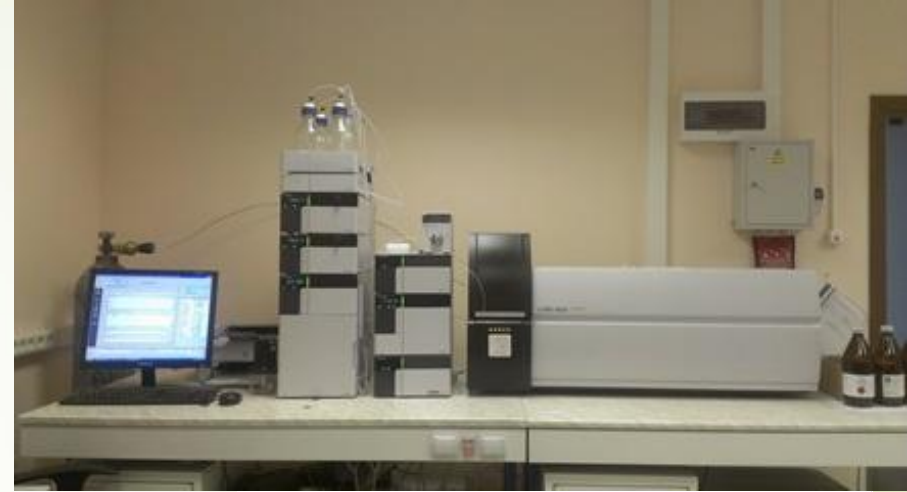
Жидкостная хромато-масс-спектрометрия

Достоинства

1. Нет пробоподготовки
2. Высокая селективность
3. Высокая чувствительность

Недостатки

1. Стоимость оборудования (от 20 млн. руб)
2. Высокие требования к квалификации персонала
3. Отсутствие аттестованных методик



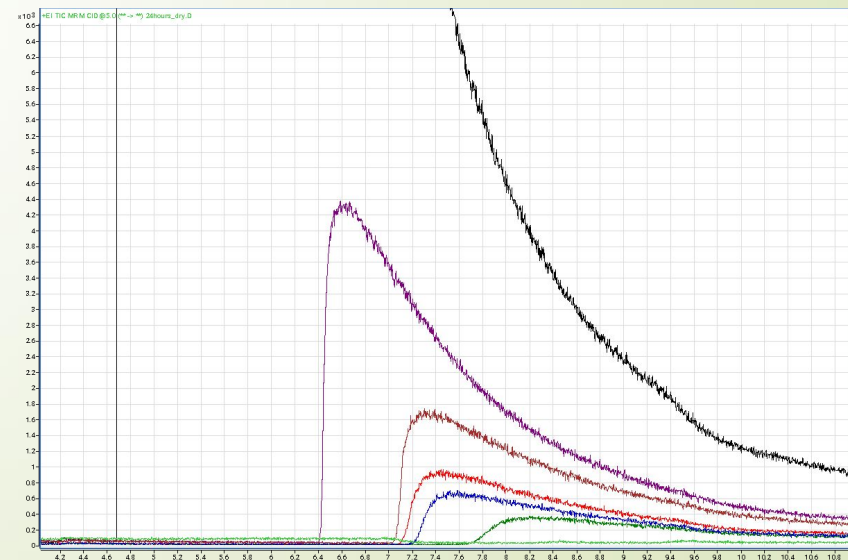
Газовая хромато-масс-спектрометрия

Достоинства

1. Минимальная пробоподготовка
2. Высокая селективность
3. Высокая чувствительность
4. Возможность идентификации неизвестных веществ по библиотекам спектров

Недостатки

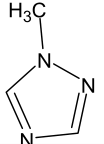
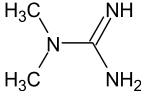
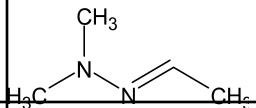
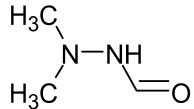
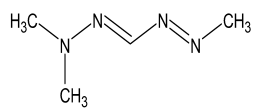
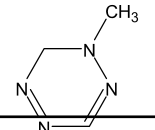
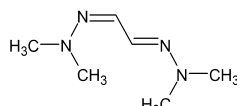
1. Стоимость оборудования (от 10 млн. руб.)
2. Высокие требования к квалификации персонала
3. Отсутствие аттестованных методик



Продукты разложения 1,1-диметилгидразина

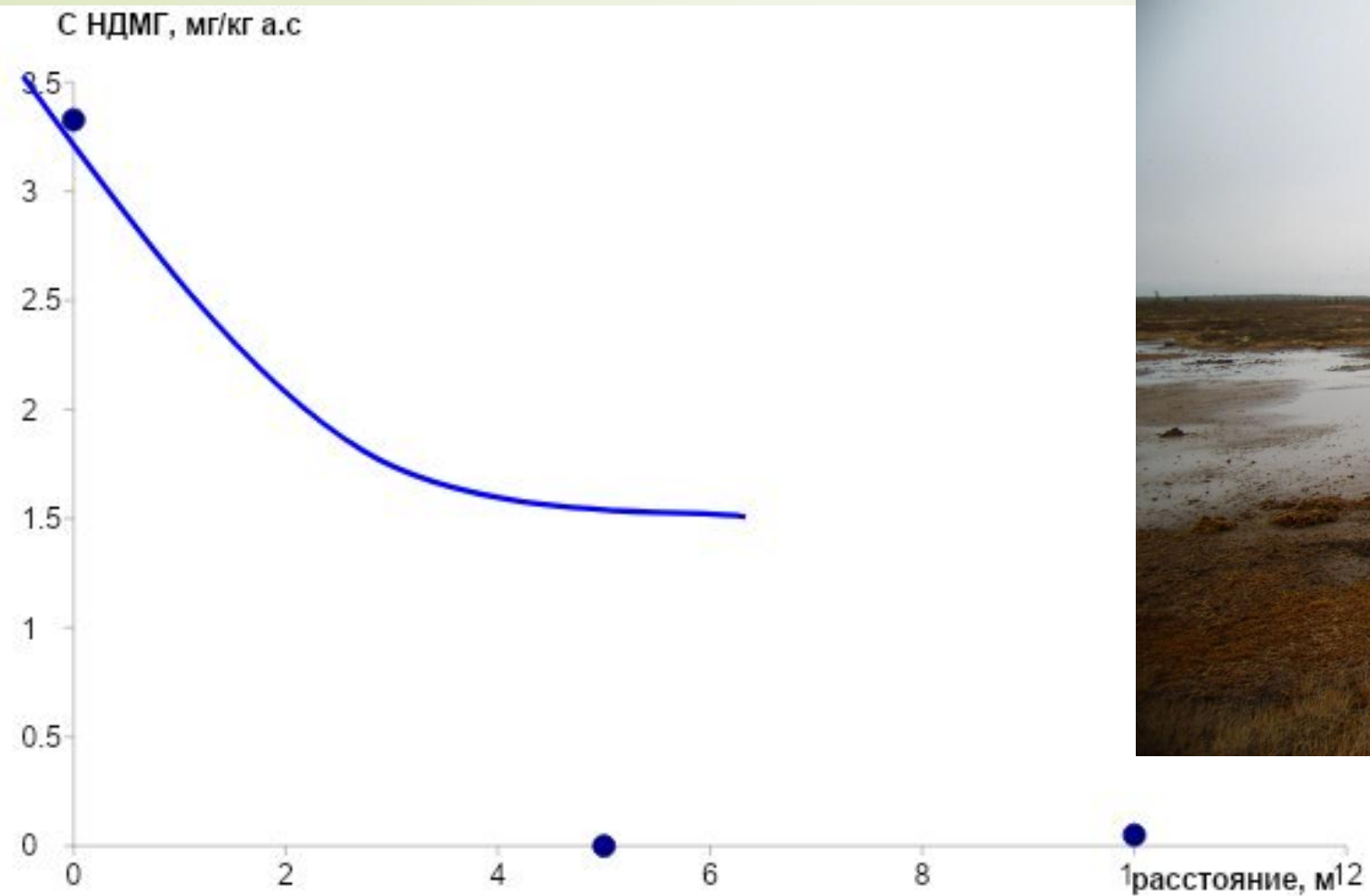
Вещество	Клас с опас- ности	ПДК (среднесут.) в воздухе (ОБУВ) разовая нас. мест, мг/м ³	ПДК в воде для хоз-пит. и культ.-быт. исп., мг/л	ПДК (ОБУВ) в почве, мг/кг
1,1-Диметилгидразин	1	0,001 (0,001)	0,02	0,1
Гидразин	1	0,001 (0,001)	0,01	0,1
Метилгидразин	1	0,001 (0,001)	0,01	0,1
N- нитрозодиметиламин	1	- (0,0001)	0,01	не установлен
Тетраметилтетразен (ТМТ)	3	0,005 (0,005)	0,1	не установлен
Диметиламин	2	0,005	0,1	не установлен
Формальдегид	2	0,035 (0,003)	0,05 (0,25)	7,0

Продукты трансформации НДМГ

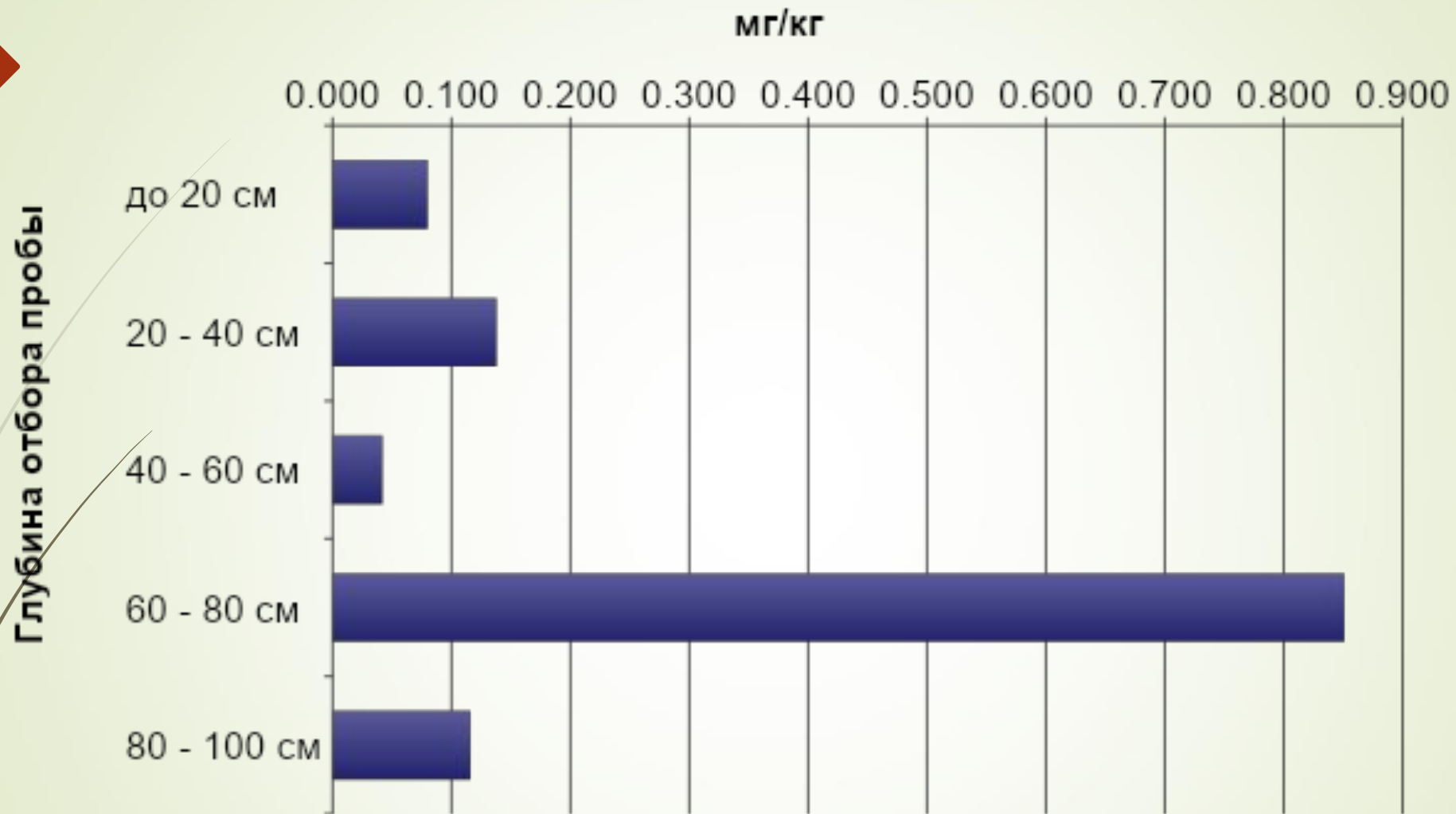
Вещество	Структура	ESI (+) масс-спектр	Электроактивность ($E_{ox} + 1,3 В$)	λ_{max} , нм	ГХ-МС
1-метил-1,2,4 триазол (МТ)		84 (MH^+)	Нет	240	Спектр NIST + время удерживания
1,1-диметилгуанидин (ДМГу)		88 (MH^+) 71 ($(CH_3)_2NCHNH^+$)	Нет	210	-
Диметилгидразон ацетальдегида (ДМГА)		88 (MH^+)	Да	210	Идентифицирован по библиотеке NIST 2005
Диметилгидразид муравьиной кислоты (ДГМК)		89 (MH^+), 44 ($(CH_3)_2N^+$)	Да	210	Установлен спектр электронного удара, спектр + время удерживания
1,5,5-триметилформазан		115 (MH^+)	Да	240, 340	Установлен спектр электронного удара, спектр + время удерживания
1-метил-1,6-дигидро-1,2,4,5-тетразин		99 (MH^+)	Да	240, 310, 420	-
Диметилгидразон глиоксаля (ДМГГ)		143 (MH^+)	Да	340	Идентифицирован по библиотеке NIST 2005

Отбор проб объектов окружающей среды в РП ОЧР





**Распределение НДМГ на глубине 1 метр от эпицентра
(район падения «Койда», 2007 год)**



Распределение НДМГ в глубинные слои почвы в эпицентре падения ОЧР (Район падения «Мосеево», 2008 год)

□ Характер загрязнения токсичными компонентами ракетного топлива носит локальный характер;

Токсичные компоненты ракетного топлива локализованы на небольших площадках непосредственно на местах падения в диаметре не более 100 м от места падения.

□ В условиях арктического климата и торфяных болотных почв уровень загрязнения токсичными КРТ в месте падения практически не изменяется в течение года.

□ Наиболее высокая концентрация НДМГ и его производных в местах падения наблюдается на глубине 50-70 см от поверхности.

□ В ягодах и травяном покрове отобранных в месте падения компоненты ракетного топлива не выявлены.

□ В почвах, растительности, воде населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от районов падения ОЧР, а так же в картофеле, рыбе предоставленными местными жителями компоненты ракетных топлив не выявлены.

□ При сопоставлении болотных фитоценозов в местах падения ОЧР и в удалении от мест падения существенного влияния ракетно-космической деятельности на растительность не выявлено

Необходимо проведение ряда исследований

- Развитие полевых исследований для накопления информации, переход от точечных исследований к системному мониторингу;
- Составление Экологических паспортов всех районов падения;
- Оптимизация и разработка методов экспрессного количественного определения НДМГ и токсичных продуктов его разложения;
- Изучение деструкции и миграции НДМГ в почвах;
- Изучение поведения НДМГ в растениях;
- Установление форм существования НДМГ в почвах и растениях и их токсикологическая характеристика;



Спасибо за внимание.