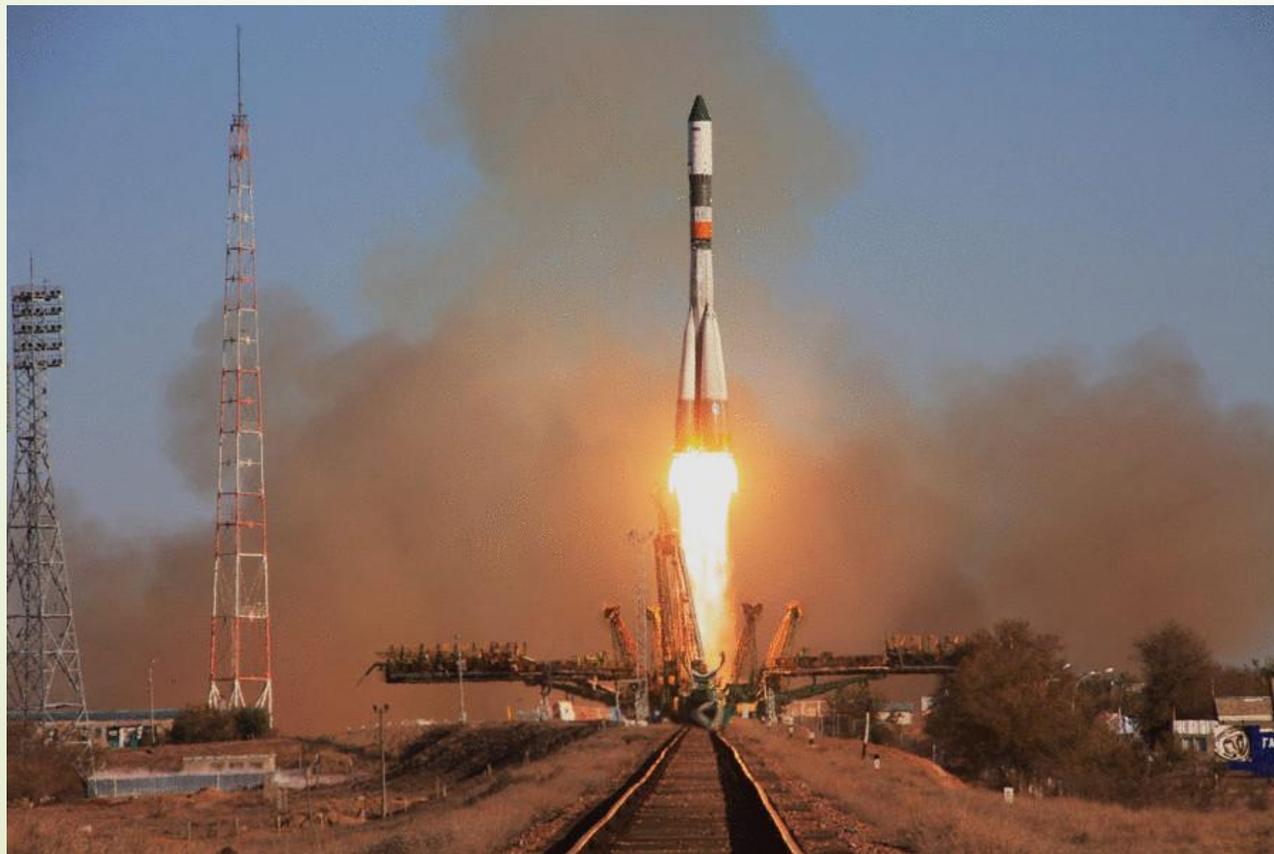


# Мониторинг экологических последствий ракетно-космической деятельности



## 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»

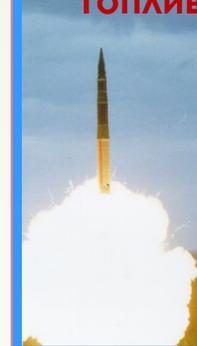


«Молния-М»



«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).

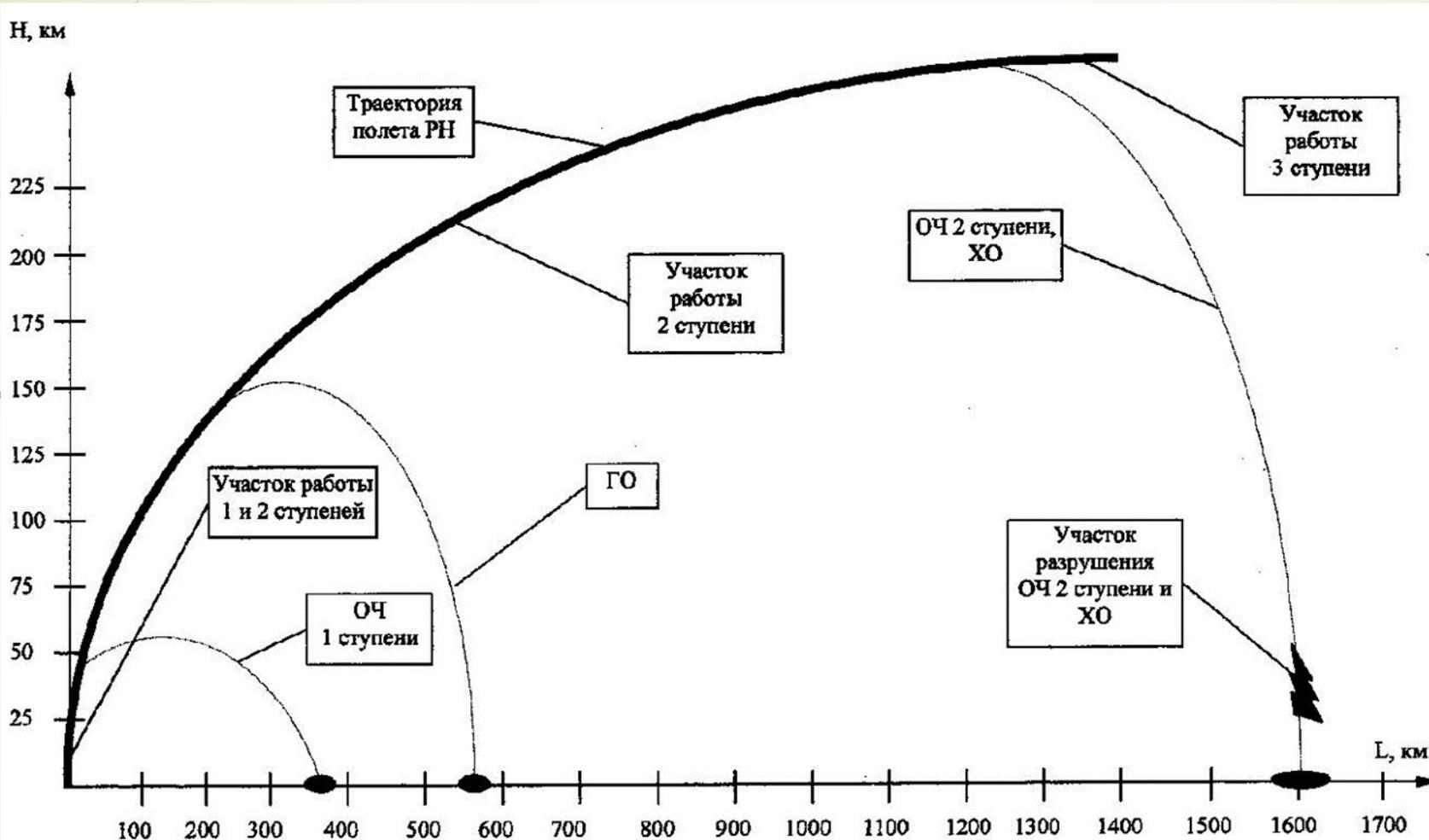
# Электромагнитное воздействие



- 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

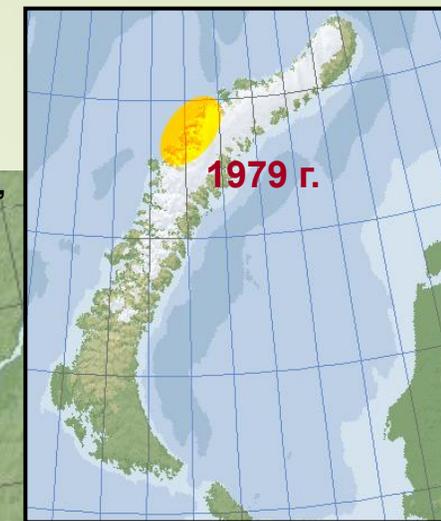
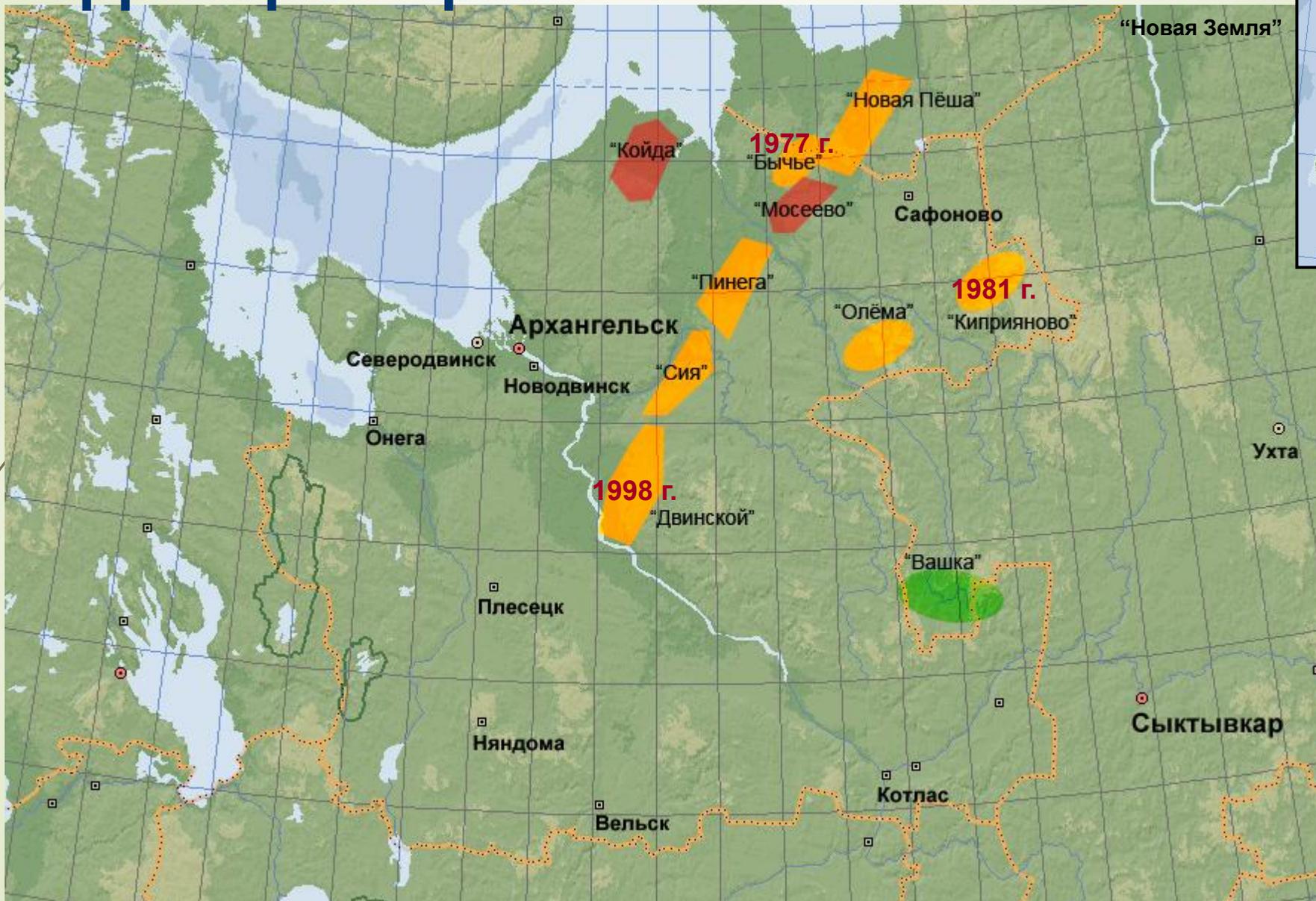
- Определяется компонентным составом используемого топлива, его количеством в топливных баках отделяющихся частей и конструкции топливных баков.
- При использовании слаботоксичного углеродного топлива большая часть компонентов ракетного топлива сгорает (от 70% до 95%). Химическое загрязнение происходит 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.



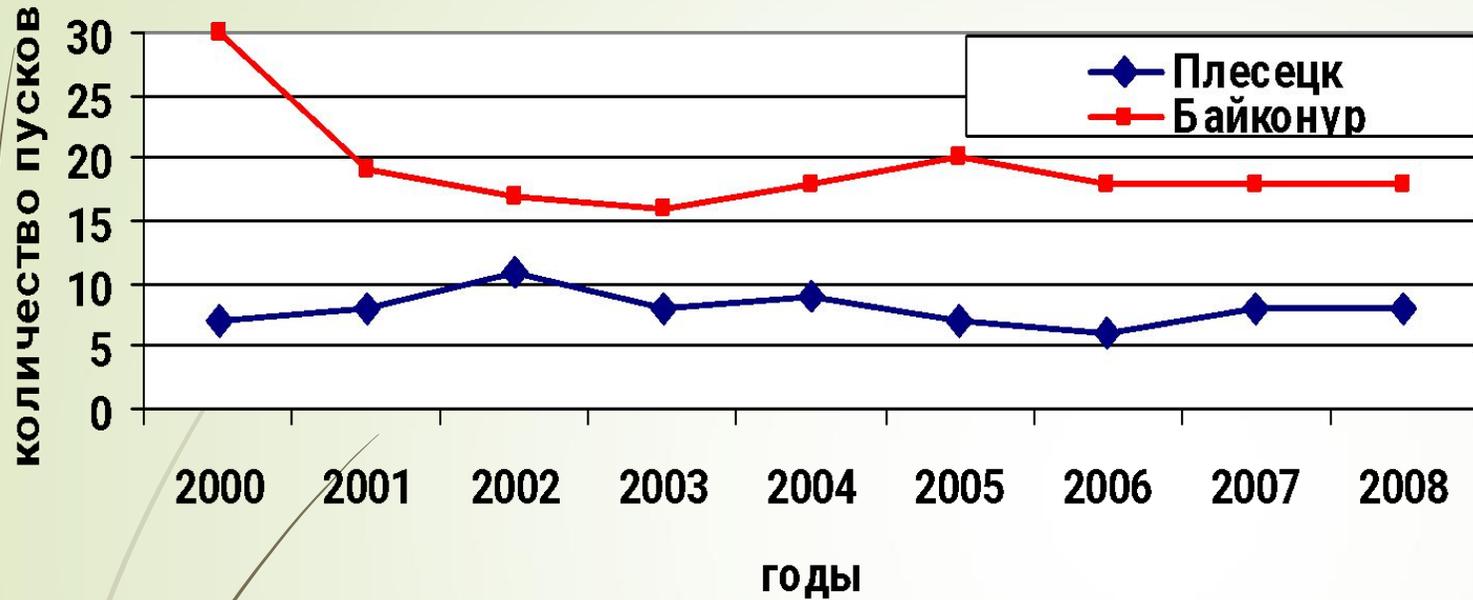
# Районы падения ОЧ РН на территории Архангельской области



# 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

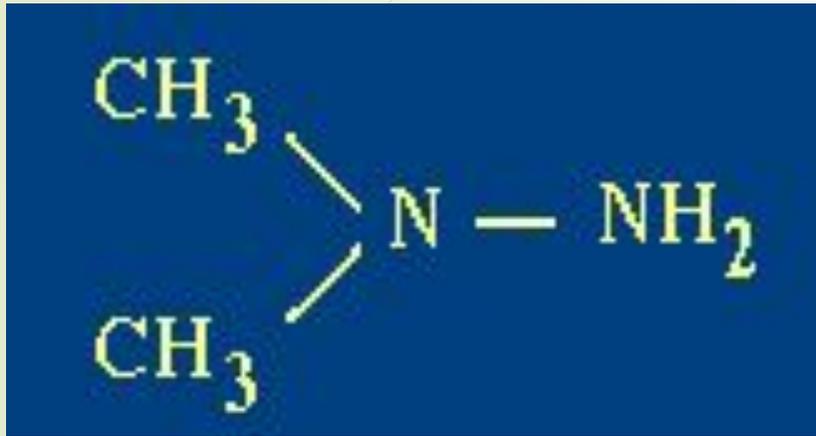
- Мониторинг районов падения, отбор проб на наличие загрязняющих веществ;
- Наличие точных методик определения загрязняющих веществ;
- Составление экологических паспортов районов падения на основе полученных данных.

**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



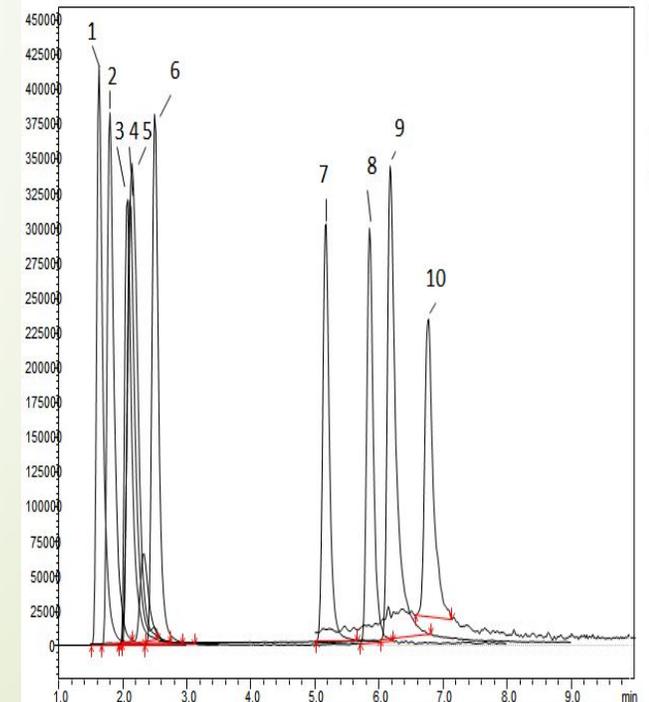
# Жидкостная хромато-масс-спектрометрия

## 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



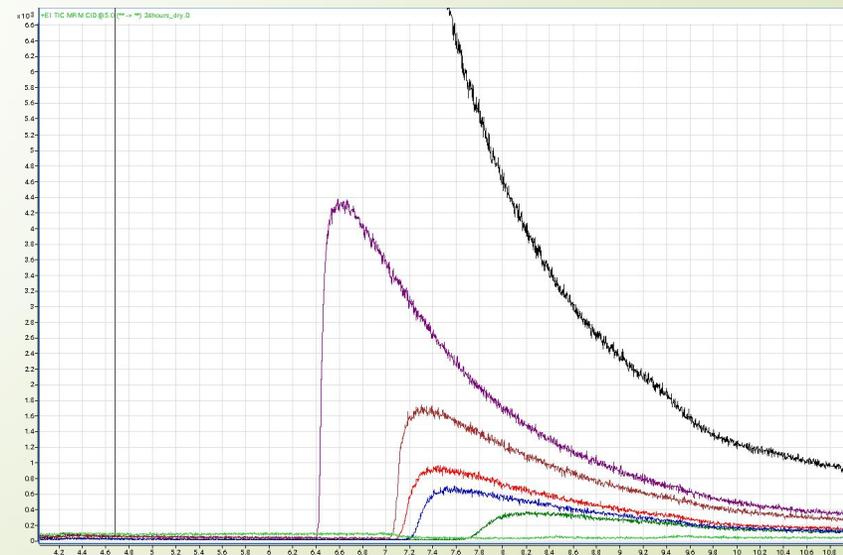
# Газовая хромато-масс-спектрометрия

## Достоинства

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

## Недостатки

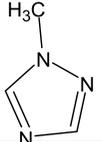
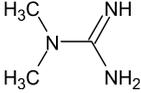
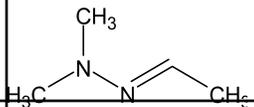
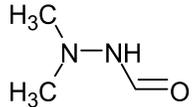
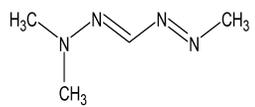
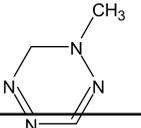
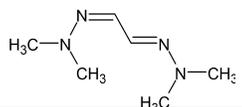
1. Стоимость оборудования (от 10 млн. руб.)
2. Высокие требования к квалификации персонала
3. Отсутствие аттестованных методик



# Продукты разложения 1,1–диметилгидразина

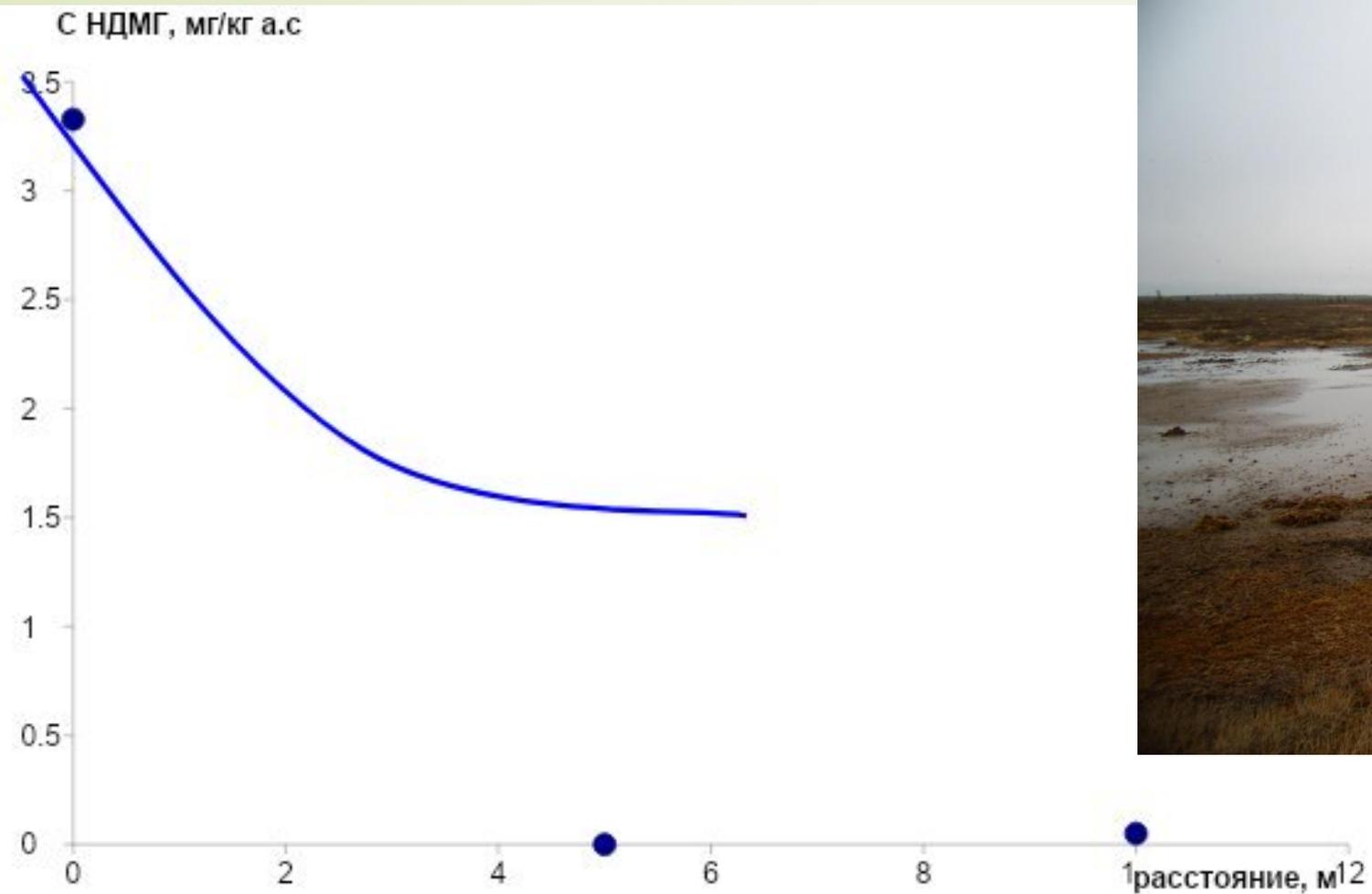
Вещество	Клас с опас- ности	ПДК (среднесут.) в воздухе (ОБУВ) разовая нас. мест, мг/м <sup>3</sup>	ПДК в воде для хоз-пит. и культ.-быт. исп., мг/л	ПДК (ОБУВ) в почве, мг/кг
<b>1,1-Диметилгидразин</b>	1	0,001 (0,001)	0,02	0,1
<b>Гидразин</b>	1	0,001 (0,001)	0,01	0,1
<b>Метилгидразин</b>	1	0,001 (0,001)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

# Продукты трансформации НДМГ

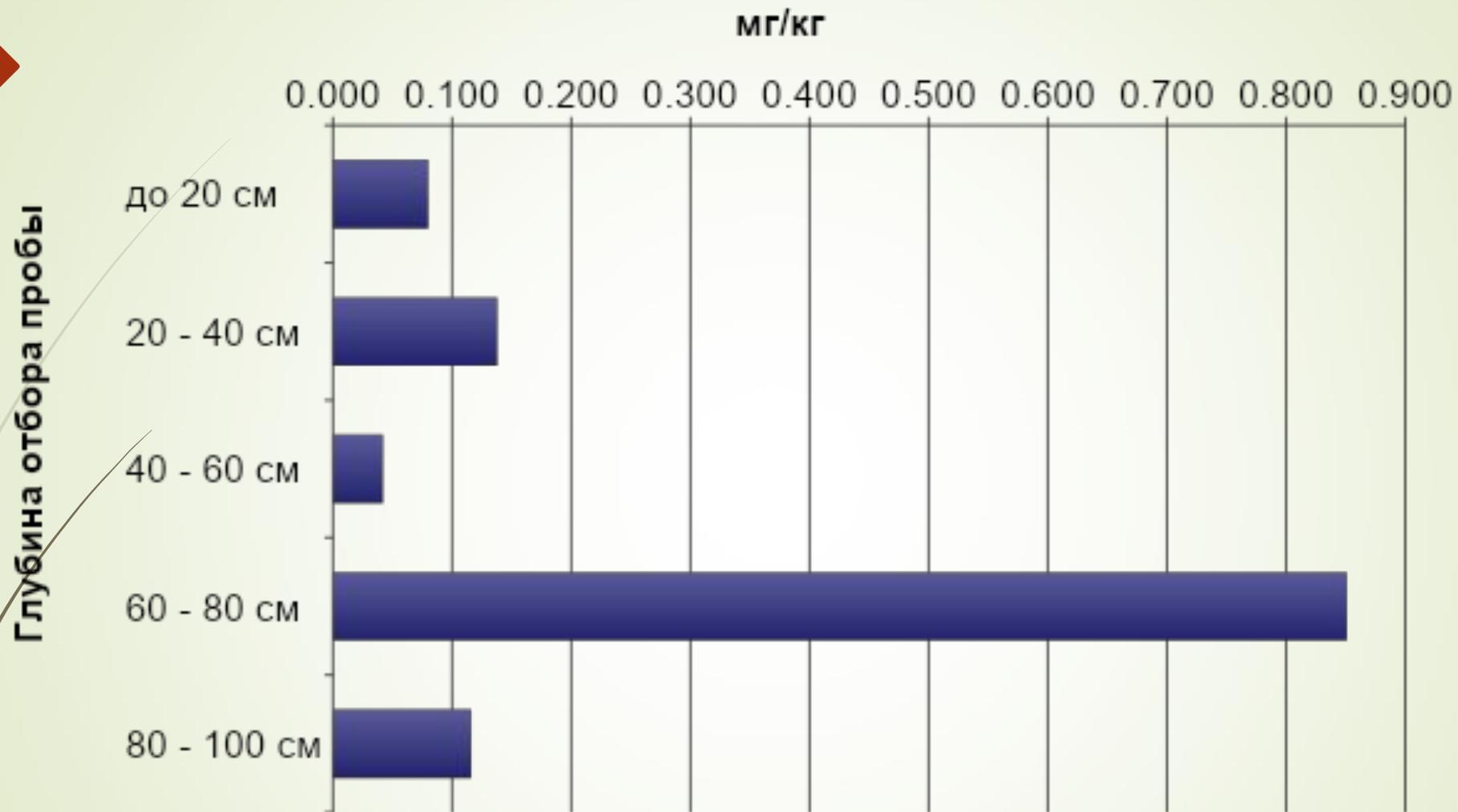
Вещество	Структура	ESI (+) масс-спектр	Электроактивность ( $E_{ox} + 1,3 \text{ В}$ )	$\lambda_{max}$ , нм	ГХ-МС
1-метил-1,2,4 триазол (МТ)		84 ( $\text{MH}^+$ )	Нет	240	Спектр NIST + время удерживания
1,1-диметилгуанидин (ДМГу)		88 ( $\text{MH}^+$ ) 71 ( $(\text{CH}_3)_2\text{NCHNH}^+$ )	Нет	210	-
Диметилгидразон ацетальдегида (ДМГА)		88 ( $\text{MH}^+$ )	Да	210	Идентифицирован по библиотеке NIST 2005
Диметилгидразид муравьиной кислоты (ДГМК)		89 ( $\text{MH}^+$ ), 44 ( $(\text{CH}_3)_2\text{N}^+$ )	Да	210	Установлен спектр электронного удара, спектр + время удерживания
1,5,5-триметилформазан		115 ( $\text{MH}^+$ )	Да	240, 340	Установлен спектр электронного удара, спектр + время удерживания
1-метил-1,6-дигидро-1,2,4,5-тетразин		99 ( $\text{MH}^+$ )	Да	240, 310, 420	-
Диметилгидразон глиоксаля (ДМГГ)		143 ( $\text{MH}^+$ )	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.**