

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ  
ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ  
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА.

---

*Зейналов И.М. (1)*

*(1) Министерство Науки и Образования  
Азербайджанской Республики Институт Географии  
имени академика Г. Алиева, Баку, Азербайджан*

# Аннотация

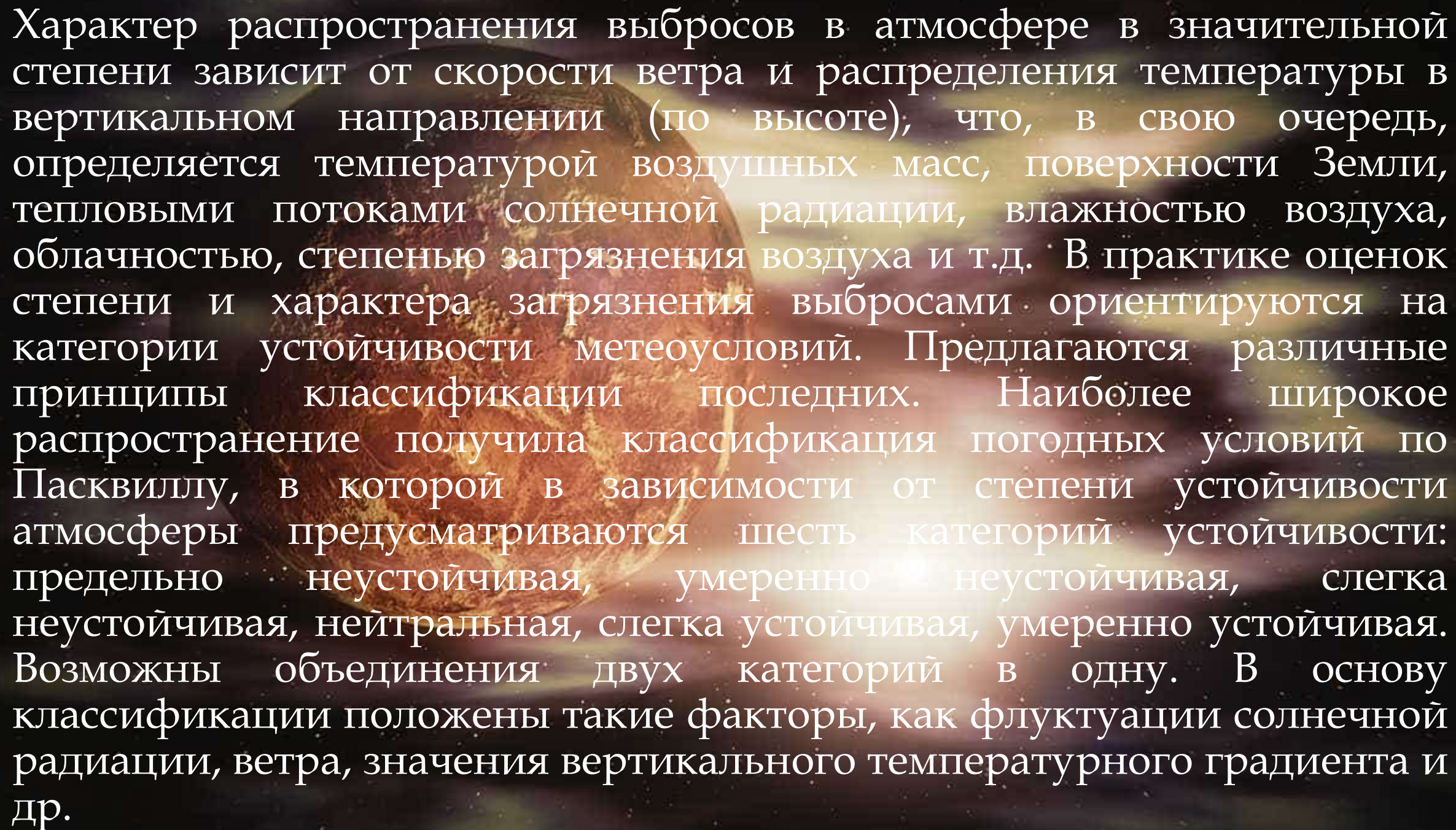
Возрастающее количество опасных ядерных сооружений и отходов в мире создают реальную угрозу населению государств подверженных риску заражения радиоактивными загрязнениями. В странах, где применяются РВ (радиационные вещества) и др. источники ионизирующих излучений, необходимо создание службы радиационной безопасности, которая будет осуществлять радиационный контроль, целью которого будет – следить за соблюдением норм радиационной безопасности (НРБ), и выполнения санитарных правил.

Выпадающие на соседние территории при трансграничном переносе воздушных масс на огромные расстояния в виде осадков РВ носят глобальный характер. Радиоактивные выпадения на земную поверхность из заданного источника, расположенного на высоте  $H$ , определяются кинематикой гравитационного осаждения частиц в переменном во времени поле ветра с учетом их горизонтальной диффузии. Траектории переноса струи в воздухе вблизи АЭС отмечаются на высоте 600 м. Высота струи не превышает 200-400 м.

С целью преждевременного обнаружения радиоактивных осадков целесообразным является использование дистанционных методов и средств зондирования земли. Информация об окружающей среде, получаемая методами дистанционной индикации, позволяет оперативно следить за элементами окружающей среды над всем земным шаром, уточнять поведение окружающей среды в глобальном масштабе под воздействием естественных и антропогенных факторов, быстро определять загрязненные районы поверхности Земли.

# Введение

- В результате аварии на атомной электростанции (АЭС) происходит выпадение радиоактивных отходов в виде осадков, формирующихся в результате оседания из атмосферы долгоживущих продуктов взрыва. В случае если параметры взрыва (интенсивность, геометрия, тип взрыва) формируют качественный состав радиоактивных продуктов, то эффекты метеорологического воздействия в итоге сводятся к переносу и влиянию на концентрацию радиоактивных загрязнений. Рассеяние радиоактивных примесей определяется стратификацией, турбулентностью и другими параметрами атмосферы, направление и скорость их пространственного распределения – параметрами направления и скорости ветра. Частицы размерами менее 10-12 мкм со скоростями, тождественными скоростям вертикальных движений ( $\approx 1$  см/сек), осаждаются на земную поверхность или при турбулентном движении воздушных масс (сухие осаднения), или за счет вымывания осадками (влажные и мокрые осаднения).



Характер распространения выбросов в атмосфере в значительной степени зависит от скорости ветра и распределения температуры в вертикальном направлении (по высоте), что, в свою очередь, определяется температурой воздушных масс, поверхности Земли, тепловыми потоками солнечной радиации, влажностью воздуха, облачностью, степенью загрязнения воздуха и т.д. В практике оценок степени и характера загрязнения выбросами ориентируются на категории устойчивости метеоусловий. Предлагаются различные принципы классификации последних. Наиболее широкое распространение получила классификация погодных условий по Пасквиллу, в которой в зависимости от степени устойчивости атмосферы предусматриваются шесть категорий устойчивости: предельно неустойчивая, умеренно неустойчивая, слегка неустойчивая, нейтральная, слегка устойчивая, умеренно устойчивая. Возможны объединения двух категорий в одну. В основу классификации положены такие факторы, как флуктуации солнечной радиации, ветра, значения вертикального температурного градиента и др.

# Материалы исследований

Основным источником энергии для подавляющего большинства физических, химических и биологических процессов в атмосфере, гидросфере и в верхних слоях литосферы является [солнечная радиация](#), поэтому распределение и соотношение составляющих теплового баланса характеризуют её преобразования в этих оболочках

При градиенте температуры (по абсолютной величине) меньше сухоадиабатического, воздух, перемещающийся вверх, имеет температуру ниже, чем в окружающей среде, подъемная сила уравнивает гравитационную силу, турбулентность при этом ослабляется, размывание радиоактивного облака заметно снижается. Атмосферные условия такого случая являются устойчивыми. Условия между устойчивой и неустойчивой атмосферой называют нейтральными, при этом температурный градиент близок к сухоадиабатическому.

# Материалы исследований

Возникновение ветра сопровождается появлением значительных сил вязкости (трения) в поверхностном слое воздуха и способствует развитию так называемой механической турбулентности, которая заметно ослабляется в вертикальном направлении при устойчивых условиях атмосферы; неустойчивые условия, наоборот, способствуют ее развитию.

Механические перемешивания деформируют вертикальный профиль температуры, и при сильном ветре вблизи поверхности Земли устанавливается близкий к адиабатическому температурный градиент.

Устойчивые условия способствуют развитию приподнятой инверсии при механической турбулентности. Слабый ветер способствует появлению однородного профиля температуры.

# Материалы исследований

Средний температурный градиент принято определять в слое воздуха на высотах 10–60 м над уровнем моря. Такой градиент связан с категориями устойчивости по Пасквиллу согласно данным, приводимым в таблице 1.

Одним из важнейших показателей турбулентности атмосферы являются значения флуктуаций направления ветра, которые определяются с помощью флюгеров, устанавливаемых на высотах выбросов.

Градиент температуры, К	-1,9	от -1,9 до -1,7	от -1,7 до -1,5	от -1,5 до -0,5	от -0,5 до +1,5	>+1,5
Категория устойчивости по Пасквиллу	A	B	C	D	E	F

$\sigma_{\theta}$ , угловой градус 2,5

Категория устойчивости по Пасквиллу A B C D E F

# Материалы исследований

Рассеивание облака выброса сопровождается такими процессами:

- сухим осаднением или гравитационным оседанием (для частиц, диаметром больше 10 мкм);
- отложением аэрозолей и адсорбцией паров на предметах по направлению распространения ветра;
- влажным оседанием, когда пары или аэрозоли проникают в капли дождя или в снежинки и далее выпадают в виде осадков; возможно и выпадение паров и аэрозолей в слоях ниже дождевых облаков и т.д.;
- радиоактивным распадом исходных радионуклидов и накоплением дочерних продуктов распада

Ветер считается слабым, если перенос выброса по турбулентному механизму преобладает над переносом ветровым потоком; в этом случае относительно источника выброса формируется штитовое облако выброса.

Содержание в дожде и снеге продуктов распада радиоактивных элементов, главным образом радона. Активизация осадков происходит двояким путем: 1) частички распада радиоактивных изотопов могут быть ядрами конденсации; 2) осадки могут механически обогащаться продуктами радиоактивного распада во время падения через атмосферу. Р. О. можно измерить по интенсивности испускаемых ими во время выпадения  $\alpha$ -лучей и путем измерения интенсивности  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучей, испускаемых собранными осадками в ионизационной камере. Р. О. в среднем порядка  $10 - 11 - 10^{12}$  Ки на 1 г осадков. Осадки, выпадающие при грозах и шквалах, обладают большей радиоактивностью, чем обложные. Снег более радиоактивен, чем дождь. Роса, иней, изморозь также обнаруживают радиоактивность.



# Задача исследования

Как известно, уравнение теплового баланса для поверхности суши может быть представлено в форме

$$\left. \begin{aligned} R + LE + P + A &= 0 \\ R &= LE + P + A \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $R$  - радиационный баланс поверхности суши,  $L$ -скрытая теплота парообразования,  $E$  - испарение,  $P$  - турбулентный теплообмен поверхности суши с атмосферой,  $A$  - теплообмен между поверхностью суши и нижележащими слоями.

- Следует иметь в виду, что в соответствии с приведенной формой уравнения теплового баланса (1) все члены теплового баланса, характеризующие приток тепла к подстилающей поверхности, считаются положительными, а характеризующими расход тепла - отрицательными.
- Известно, что для условия суши член  $A$  - приблизительно равен изменению теплосодержания почвы за определенный период, при этом для средних годовичных условий близок к нулю. Таким образом, для годовичных условий уравнение (3) принимает упрощенную форму.

# Задача исследования

$$\left. \begin{aligned} R + LE + P &= 0 \\ R &= LE + P \end{aligned} \right\} (2)$$

Как отмечено в работе [5] М.И. Будыко дал определение вертикального турбулентного потока тепла, как путем прямых измерений, так и на основании климатологических расчётов «представляет наибольшие трудности по сравнению с определением других членов теплового баланса».

❖ Формулы для расчета характеристик турбулентного теплообмена и затраты тепла на испарение в общем виде можно записать следующим образом:

$$H_{\tau} = \rho_a c_p c_{\theta} (T_w - T_a) v; (3)$$

$$LE = \rho_a \frac{0,622}{P_a} C_E (e_w - e_a) v, (4)$$

Где  $\rho_a$  – плотность воздуха;  $c_p$  – теплоемкость воздуха при постоянном давлении;  $c_{\theta}$  и  $C_E$  – коэффициент теплообмена и влагообмена;  $T_a$  и  $e_a$  – температура и влажность воздуха  $e_w$  – насыщающая влажность воздуха при температуре поверхности моря  $T_w$  и солёности  $S$  [6].

# Методика исследования

Осадки радиоактивные поступившие в окружающую среду радиоактивные вещества, образовавшиеся в результате ядерного взрыва или выбросов при авариях радиационно опасных объектов и выпадающих на землю и акваторию. Скорость выпадения этих веществ зависит от размера твёрдых частиц, на которых они конденсируются, образуя радиоактивную пыль. Различают три вида О.р.: ближние (локальные) — состоят в основном из крупных и средних частиц размером более 100 мкм, выпадающих в течение нескольких часов после ядерного взрыва и охватывающих территорию протяжённостью до нескольких сотен километров; промежуточные (тропосферные) — состоят из частиц диаметром до нескольких десятков микрометров, попавших в верхнюю тропосферу и выпадающих несколько месяцев, создавая слабое радиоактивное загрязнение на большой территории; глобальные (стратосферные) — состоят из частиц, размером до десятых долей микрометра, выпадающих из стратосферы в течение нескольких лет по всему земному шару. При радиационных авариях дальность распространения О.р. в зависимости от высоты подъёма радиоактивных веществ колеблется от сотен метров до тысяч км

В результате аварии на Чернобыльской АЭС суммарная активность выброса радионуклидов оценивается величиной порядка  $1,85 \cdot 10^{18}$  Бк (50 МКи). Анализируя пространственный характер выпадений радиоактивных осадков, следует выделить две особенности — масштабность радиоактивного загрязнения и неоднородность распределения радионуклидов по территории. Высота выброса (до 2000 м) радиоактивных веществ определила глобальный характер загрязнения, а выпадение осадков в момент прохождения облака, мезо- и микрорельеф местности обусловили пестроту (пятнистость) загрязнения территорий

Эффект воздействия продолжительной фоновой радиации по сравнению с радиацией высокой интенсивности имеет большое потенциальное значение. В связи с этим следует установить, уменьшается ли доза, вызывающая биологическое повреждение при снижении мощности радиации до 10-100 мрад/год, которое возможно при массовом выпадении радиоактивных осадков или при работе ядерных установок.

# Методика исследования

Методическое обеспечение расчетов, позволяющих ответить на вопрос: какая радиационная обстановка может сложиться на местности в результате разового выброса радиоактивных веществ в атмосферу, если заранее неизвестно когда он (выброс) произойдет? Имеются ввиду не усредненные оценки, характерные, например, для задач вероятностного анализа безопасности, и не оценки последствий реального разового аварийного выброса с целью принятия решений. Предметом исследований являются - возможные экстремальные оценки, используемые на разных стадиях проектирования (включая обоснование выбора места размещения предприятия); для разработки различных зон аварийного планирования, обоснования размеров санитарно-защитных зон и в других подобных случаях

# Результаты исследования

Согласно закону Азербайджанской Республики о защите атмосферного воздуха при трансграничном загрязнении атмосферного воздуха последнего одной страны в результате распространения вредных веществ, источник которых находится на территории другого государства, а также осуществления мер по защите населения в чрезвычайных ситуациях, представляющих угрозу для жизни и здоровья людей в результате загрязнения атмосферного воздуха необходимо применение методов и средств непрерывного контроля

Эффект воздействия продолжительной фоновой радиации по сравнению с радиацией высокой интенсивности имеет большое потенциальное значение. В связи с этим следует установить, уменьшается ли доза, вызывающая биологическое повреждение при снижении мощности радиации до 10-100 мрад/год, которое возможно при массовом выпадении радиоактивных осадков или при работе ядерных установок.

# Результаты исследования

В результате загрязнения Р.о. в региональном и глобальном масштабе необходимо использование наземных и дистанционных методов и средств наблюдения. Наиболее эффективно использование радиолокационных систем дистанционного зондирования (РДЗ) совместно с оптико-электронной аппаратурой. Самым большим преимуществом радиолокационных РЛС является отсутствие ограничений по погоде и времени (день/ночь) получения информации.

Радиолокационные средства обнаружения радиоактивных метеорологических образований техногенной природы весьма разнообразны (активная и пассивная РЛС). Принципы мониторинга предприятий ядерного цикла основаны на появлении техногенных выбросов в нижних слоях атмосферы, приводящих к изменению физических параметров среды распространения, что создает радиолокационный контраст и позволяет обнаруживать неоднородность атмосферы.

# Результаты исследования

Экспериментальные значения удельной эффективной площади рассеяния (ЭПР) радиоактивных выбросов обусловлены:

- а) турбулентная неоднородность воздушной зоны вблизи выхлопной трубы АЭС;
- б) повышенная плотность твердых частиц (капель воды, аэрозолей, скоплений и т. д.), так что радиоактивность способствует образованию скоплений, которые, следовательно, влияют на рост крупных капель;
- в) климатические и погодные условия и др.

Анализ литературы показывает, что для проведения исследований по созданию спутниковых систем радиолокационного контроля радиоактивных выбросов необходимо:

1. Создание специализированных многочастотных активных и пассивных РЛС с повышенным энергетическим потенциалом;
2. Карта климатических и погодных особенностей исследуемой местности;
3. Данные метеорологических спутников для комплексных исследований;
4. Разработка специальных алгоритмов обработки отраженных радиолокационных сигналов

# Результаты исследования

Обнаружение выброса требует тщательного анализа, наличия априорных сведений о метеообстановке в районе АЭС, когерентной обработки эхосигналов с большим временем накопления (до нескольких десятков секунд). Приращения ЭПР (эффективная площадь рассеяния), обусловленные радиоактивностью выброса, можно установить с помощью многочастотного, многодиапазонного сигнала и анализа его корреляционно-спектральных характеристик. Значения теоретической оценки ЭПР выброса при различных условиях могут различаться до 100 дБ. Преимущество рассмотренного алгоритма в решении проблемы радиолокационного обнаружения выбросов АЭС заключается в возможности оперативного сравнения данных натурных измерений с теоретическими оценками с учетом конкретных изменяющихся условий. Для этих целей более оптимальным и наукоемким является спутник серии КОНДОР-Э



# Заключение

При загрязнении радиационными отходами целесообразным является исследование метеорологических параметров возможных рисков переноса последних в окружающей среде. Тем самым способствуя распространению опасных загрязняющих веществ на территории сопредельных государств, в результате создавая угрозу населению.

Одним из факторов, способствующим переносу радиоактивных осадков является турбулентный теплообмен в атмосфере, участвующий в формировании пространственных зон выпадений последних. Их исследования необходимы при оценке рисков способствующих определять основные зоны загрязнения радиационными осадками.

Для преждевременного предупреждения и обнаружения радиационных осадков с АЭС и других объектов, являются радиолокационные системы их дистанционного обнаружения. Это необходимо для выявления огромного выброса загрязняющих веществ в пространственно-временном масштабе с целью охраны окружающей среды.



*Спасибо за внимание!*