

**Тема 1.8 «Особенности аварий
на радиационно и химически
опасных объектах»**

**Topic 1.8 Specifics of accidents at
radiation and chemically hazardous
facilities**

**Для студентов 5 и 6 курса
«Медицине чрезвычайных
ситуаций»**

**For 5th and 6th year students in
Emergency Medicine**

Вопросы

Введение

- 1. Особенности аварий на радиационно опасных объектах**
- 2. ПО «Маяк»**
- 3. Основные факторы радиационной опасности при авариях на АЭС**
- 4. Дозиметрический и радиометрический контроль. Радиационная разведка**
- 5. Краткая характеристика АХОВ и характер вызываемых ими поражений людей**

Questions

Introduction

- 1. Specific features of accidents at radiation hazardous facilities**
- 2. Mayak Production Association**
- 3. Main factors of radiation hazard in accidents at NPPs**
- 4. Dosimetry and radiation monitoring. Radiation reconnaissance**
- 5. Brief description of accidentally chemically hazardous substances and the nature of the injuries caused by them**

Введение
Introduction

Одним из важнейших факторов, определяющих научно-технический прогресс в нынешнем столетии и будущем, является использование энергии атомного ядра.

На ближайшие десятилетия прогнозируется интенсивное развитие атомной энергетики, обусловленное истощением источников органического топлива. У человечества в настоящее время нет других альтернативных подготовленных, крупномасштабных, экологически обоснованных источников энергии.

Доля электроэнергии, вырабатываемой на АЭС в мире в настоящее время, составляет 16%, а в таких странах, как Франция и Бельгия, достигает 50-70%.

Ядерная энергия основана на использовании трех делящихся радионуклидов: уран-235 - естественный элемент, два других - плутоний-239 и уран-233 получают искусственным путем в процессе ядерного топливного цикла.

На всех этапах ядерного топливного цикла, начиная с добычи урановой руды, её обогащения, переработки ТВЭЛов, получения энергии в ядерных реакторах, транспортировки, переработки топлива и захоронении радиоактивных отходов существует риск попадания радиоактивных веществ (РВ) в окружающую среду и облучения люд.

По данным МАГАТЭ, за период с 1971 по 1985гг в 14 странах мира на АЭС имели место более 150 аварий различной тяжести. Среди причин аварий наибольшее значение имеют ошибки в проектах (30,7%).износ оборудования, коррозионные процессы (25,5%), ошибки оператора (17,5%), ошибки в эксплуатации (14,7%).

Наиболее серьезные аварии, с точки зрения ухудшения экологической обстановки и влияния на здоровье людей, имели место на атомных электростанциях Великобритании (Уиндскейл 1957г.), США (Три-Майл-Айленд, 1979г) и СССР (Чернобыль, 1986г.).

One of the most important factors determining scientific and technological progress in this century and in the future is the use of nuclear energy.

Intensive development of nuclear energy is predicted for the coming decades due to the depletion of fossil fuel sources. Mankind currently has no other alternative, large-scale, environmentally sound sources of energy.

The share of electricity generated by nuclear power plants in the world is currently 16%, and in countries such as France and Belgium it reaches 50-70%.

Nuclear energy is based on the use of three fissile radionuclides: uranium-235 is a natural element, the other two - plutonium-239 and uranium-233 are produced artificially during the nuclear fuel cycle.

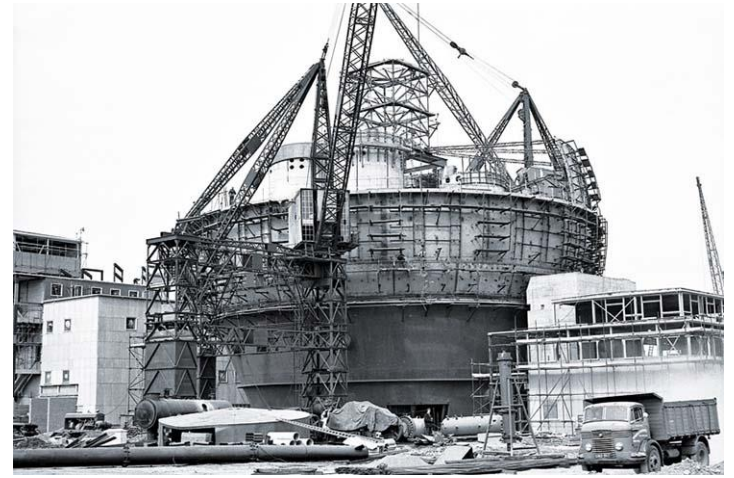
At all stages of the nuclear fuel cycle, starting from uranium ore mining, enrichment, reprocessing of fuel elements, power generation in nuclear reactors, transportation, fuel reprocessing and radioactive waste disposal, there is a risk of radioactive substances (RS) entering the environment and exposing people to radiation.

According to IAEA data, more than 150 accidents of different severity took place at nuclear power plants in 14 countries of the world in the period from 1971 to 1985. Among the causes of accidents the most important are errors in projects (30.7 per cent), equipment wear and tear, corrosion processes (25.5 per cent), operator errors (17.5 per cent), and operational errors (14.7 per cent).

The most serious accidents, in terms of environmental degradation and impact on human health, occurred at nuclear power plants in the UK (Windscale 1957), the USA (Three Mile Island 1979) and the USSR (Chernobyl 1986).



Три-Майл-Айленд
Three Mile Island



Уиндскейл
Windscale



Чернобыль
Chernobyl



Фукусима
Fukushima

**Вопрос 1 Особенности аварий на
радиационно опасных объектах**
**Question 1 Specific features of
accidents at radiation hazardous
facilities**

РА - неожиданная ситуация, вызванная неисправностью оборудования, или нарушением нормального хода технологического процесса, которая создает опасность повышенного облучения персонала и населения.

Наиболее серьезные радиационные аварии за всю историю использования атомной энергии произошли на АЭС.

Получение энергии на АЭС осуществляется за счет деления атомов ^{235}U в условиях сдерживаемой цепной реакции в активной зоне реактора.

В России в настоящее время используется два типа реакторов на атомных электростанциях: водоводяной энергетический реактор (ВВЭР) и реактор большой мощности канальный (РБМК), но принципиальное устройство их во многом одинаково.

В активную зону реактора загружаются ТВЭЛ, которые представляют собой циркониевые стержни, с находящимися внутри них таблетками диоксида урана. Между ТВЭЛами в активной зоне располагаются графитовые стержни, которые выполняют роль замедлителя нейтронов, образующихся в результате деления ^{235}U .

Тепло, выделяемое при ядерной реакции должно постоянно отводиться. Это осуществляется с помощью газа или воды, которые омывают ТВЭЛы и удаляются по первому контуру реактора. Трубы, расположенные вблизи 1 контура реактора, и принимающие от него тепло, составляют 2 контур реактора. Водяной пар по 2-му контуру поступает на турбины и вращает электрогенератор

Ключевыми элементами безопасной работы реактора служит регулирование цепной реакции, охлаждение активной зоны и защита

Процесс в реакторе регулируется путем погружения в активную зону стержней из бора или кадмия, которые поглощают нейтроны.

RA - an unexpected situation caused by equipment malfunction or disturbance of the normal course of the technological process, which creates a danger of increased exposure of personnel and population.

The most serious radiation accidents in the history of atomic energy use have occurred at NPPs.

Energy generation at NPPs is carried out by fission of ^{235}U atoms under conditions of a contained chain reaction in the reactor core.

Russia currently uses two types of reactors at nuclear power plants: the water-water energetic reactor (WWER) and the high-power channel-type reactor (RBMK), but their fundamental design is much the same.

Fuel elements, which are zirconium rods with uranium dioxide pellets inside them, are loaded into the reactor core. Between the fuel elements in the core there are graphite rods, which act as moderators of neutrons produced as a result of ^{235}U fission.

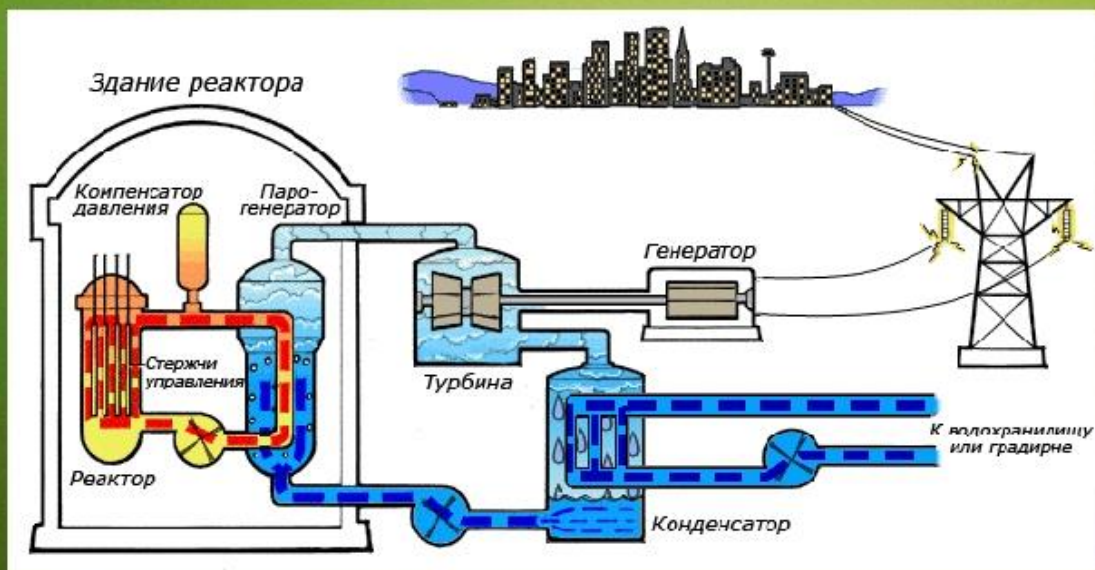
The heat generated by the nuclear reaction must be constantly dissipated. This is done by means of gas or water, which washes the fuel elements and is removed through the primary circuit of the reactor. Pipes located near the reactor circuit 1 and receiving heat from it constitute the reactor circuit 2. The water vapour from the 2nd circuit flows to the turbines and turns the electrical generator

The key elements of safe reactor operation are chain reaction control, core cooling, and shielding

The reactor process is regulated by immersing boron or cadmium rods, which absorb neutrons, into the core.

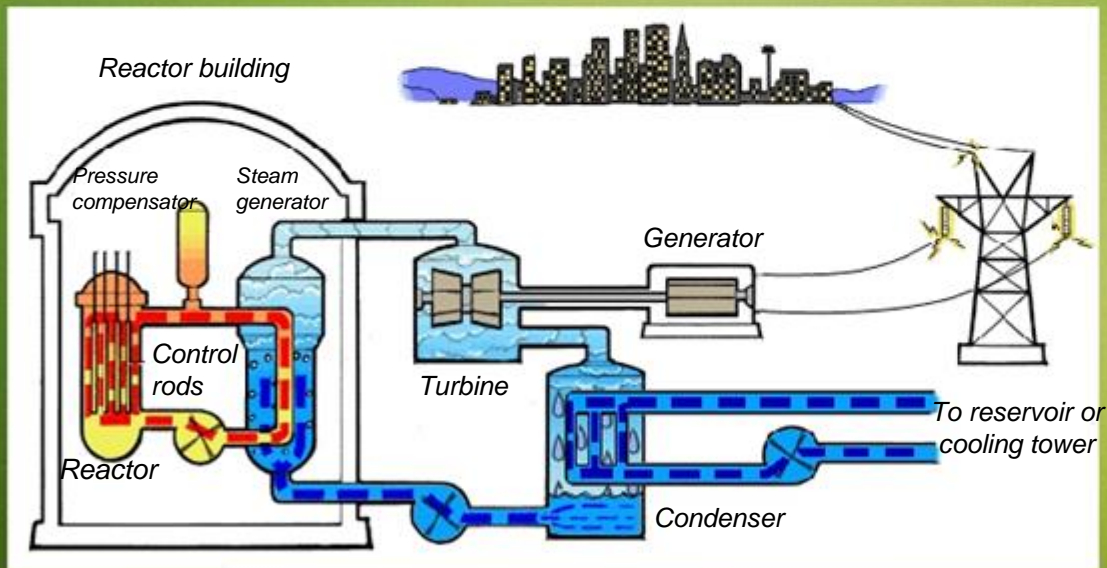
Принцип работы АЭС

Принцип работы атомной электростанции очень прост – это обычное преобразование тепловой энергии в электрическую. Иными словами АЭС работают по тому же принципу, что и обычные тепловые электростанции, с одним лишь отличием – для нагрева воды используется энергия, получаемая при распаде ядер урана.

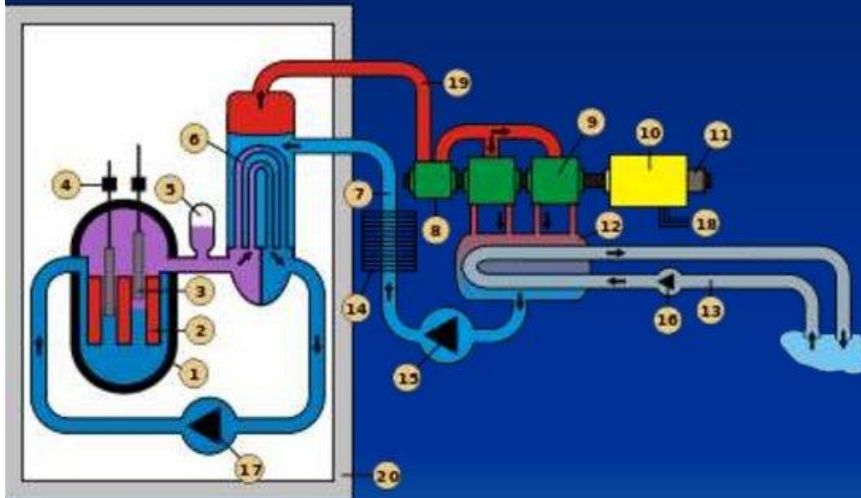


Principle of NPP operation

The principle of operation of a nuclear power plant is very simple - it is a conventional conversion of thermal energy into electrical energy. In other words, NPPs work on the same principle as conventional thermal power plants, with one difference - the energy produced by the decay of uranium nuclei is used to heat water.

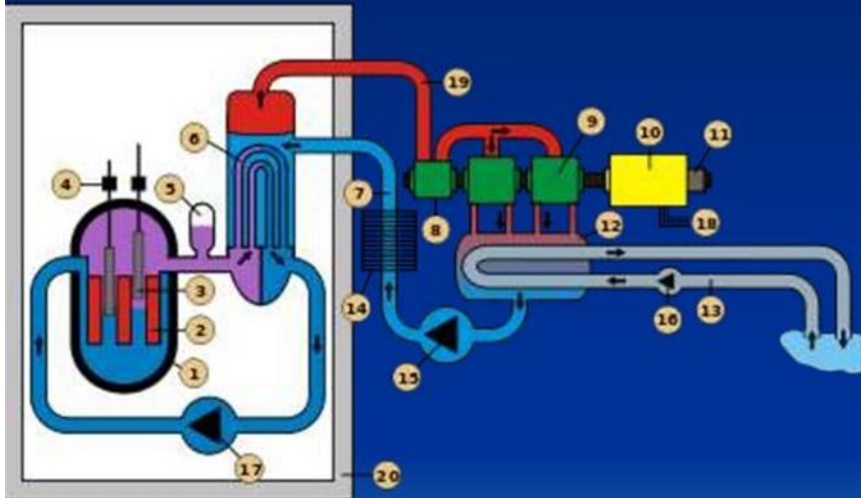


АЭС с ВВЭР-1000



- Условная схема энергоблока с водо-водяным реактором. 1 — реактор, 2 — топливо, 3 — регулирующие стержни, 4 — приводы СУЗ, 5 — компенсатор давления, 6 — теплообменные трубки парогенератора, 7 — подача питательной воды в парогенератор, 8 — цилиндр высокого давления турбины, 9 — цилиндр низкого давления турбины, 10 — генератор, 11 — возбуждатель, 12 — конденсатор, 13 — система охлаждения конденсаторов турбины, 14 — подогреватели, 15 — турбопитательный насос, 16 — конденсатный насос, 17 — главный циркуляционный насос, 18 — подключение генератора к сети, 19 — подача пара на турбину, 20 — гермооболочка

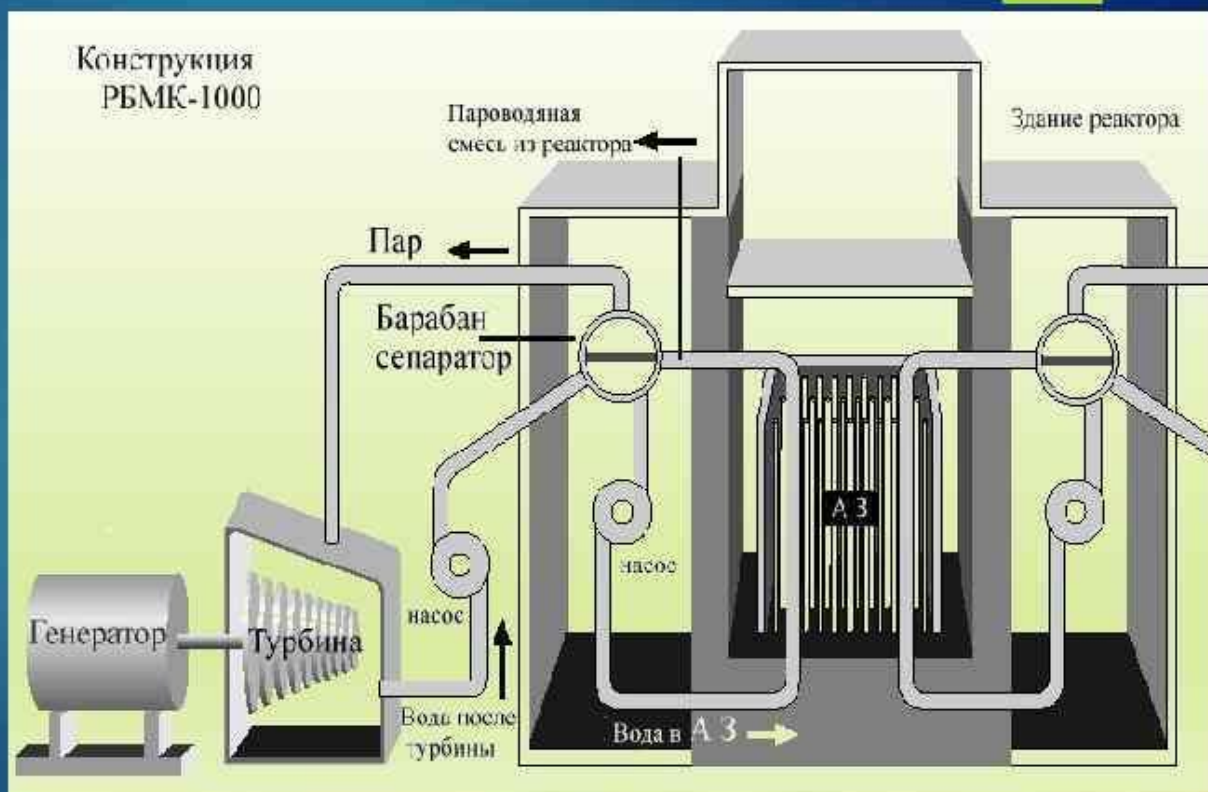
NPP with WWER-1000



- Scheme of power unit with water-water reactor. 1 - reactor, 2 - fuel, 3 - control rods, 4 - drives of control and protection system, 5 - pressure compensator, 6 - heat-exchange tubes of steam generator, 7 - feed water supply to steam generator, 8 - high pressure cylinder of turbine, 9 - low pressure cylinder of turbine, 10 - generator, 11 - exciter, 12 - condenser, 13 - turbine condenser cooling system, 14 - heaters, 15 - turbine feed pump, 16 - condensate pump, 17 - main circulation pump, 18 - generator connection to the network, 19 - steam supply to the turbine, 20 - hermetic shell

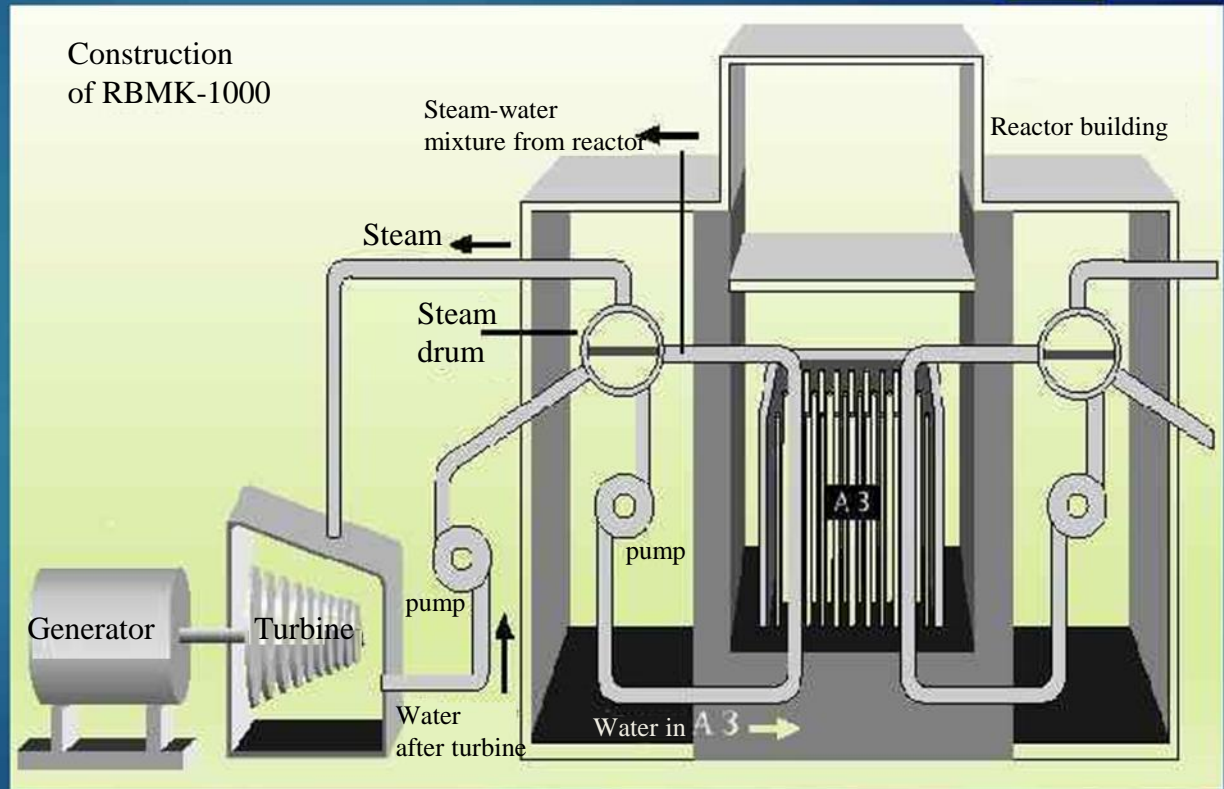
Конструкция РБМК-1000

Реактор Большой Мощности Канальный (РБМК) — серия энергетических ядерных реакторов, разработанных в Советском Союзе. Данный реактор — канальный, уран-графитовый (графито-водный по замедлителю), кипящего типа, на тепловых нейтронах; предназначен для выработки насыщенного пара. Теплоноситель - кипящая вода.



Construction of RBMK-1000

High-power channel-type reactor(RBMK) is a series of nuclear power reactors developed in the Soviet Union. This reactor is a channel reactor, uranium-graphite (graphite-water moderator), boiling type, thermal neutron reactor; it is designed to generate saturated steam. The coolant is boiling water.



В процессе работы реактора активность ядерного топлива повышается из-за образования радиоактивных продуктов деления урана 235. Поэтому требуется очень мощная защита вокруг активной зоны реактора. Активная зона размещается в корпусе реактора, защищенной бетонной биологической защитой. Между корпусом и биологической защитой часто устанавливается слой радиационной тепловой защиты.

Главная потенциальная опасность аварии на АЭС состоит в выбросе РВ в атмосферу при нарушении целостности изолирующего реактор сооружения.

Авария на Чернобыльской АЭС является наиболее крупной из известных радиационных аварий и по существу является крупнейшей экологической катастрофой глобального масштаба. Она произошла на 4 энергоблоке ЧАЭС 26.04.86г. в 1ч. 23 мин в процессе проведения эксперимента по выяснению возможностей использования механической энергии ротора турбины в интересах аварийного обеспечения станции в случае её обесточивания.

В результате теплового выброса были разрушены активная зона реакторной установки, часть здания, в которой она располагалась, и кровля машинного зала АЭС.

Выброшенные взрывом конструкции образовали завал с северной стороны здания. О мощности взрывного процесса свидетельствует то, что мощная верхняя плита реактора была перемещена и оказалась в наклонном положении, а одна из железобетонных плит биологической защиты, насыщенная стальной дробью, была выброшена взрывом и пробила кровлю здания.

В результате взрывов в реакторе и выбросе разогретых до высокой температуры фрагментов активной зоны на крыше реакторного отделения и машинного зала возникают 30 очагов пожаров. К 5 часам утра пожар был ликвидирован.

During reactor operation, the activity of the nuclear fuel increases due to the formation of radioactive fission products of uranium 235. Therefore, very strong protection around the reactor core is required. The core is placed in a reactor vessel protected by a concrete biological shield. A layer of radiation thermal shielding is often installed between the vessel and the biological shielding.

The main potential hazard of an accident at a nuclear power plant is the release of RS into the atmosphere if the integrity of the reactor containment structure is compromised.

The Chernobyl accident is the largest known radiation accident and is in fact the largest environmental disaster on a global scale. It occurred at Unit 4 of the Chernobyl NPP on 26.04.86 at 1h. 23 min in the process of conducting an experiment to find out the possibilities of using the mechanical energy of the turbine rotor in the interests of emergency support of the plant in case of its de-energisation.

As a result of the thermal release, the reactor core, part of the building in which it was located, and the roof of the NPP engine room were destroyed.

The structures ejected by the explosion formed a rubble pile on the northern side of the building. The power of the explosion process is evidenced by the fact that the powerful top plate of the reactor was displaced and ended up in a tilted position, and one of the reinforced concrete slabs of the biological shield, saturated with steel shot, was ejected by the explosion and punctured the roof of the building.

As a result of explosions in the reactor and the ejection of core fragments heated to high temperatures, 30 fire outbreaks occurred on the roof of the reactor compartment and engine room. By 5 a.m. the fire was extinguished.

Стадии аварии на ЧАЭС

На *первой стадии* аварии были разрушены системы охлаждения и активная зона реактора. Возникло горение графита. Взрывом были выброшены высокоактивные обломки конструкций активной зоны с топливом, графит, топливо, продукты деления. Выброс топлива и продуктов деления произошел на высоту до 1 км и наблюдался в течении 2-4 суток после аварии.

На *второй стадии* (26.04.86г-1.05.86г) мощность выброса РВ уменьшалась. Выбросом выносилась мелкодисперсная топливная и графитовая пыль;

На *третьей стадии* (2.05.86г-6.05.86г) наблюдалось нарастание мощности выброса. Имело место значительное обогащение продуктов выброса йодом - 131.

По-видимому, это явилось результатом сброса в разрушенный реактор свинца, борированных материалов, песка и глины (без организации теплопровода).

Такая попытка уменьшить выброс привела к дополнительному разогреву топливных масс, вплоть до их плавления, образования "лавы", которая через проплав в опорной плате реактора проникла в подреакторные помещения.

На *четвертой стадии* (после 6.05.86г) мощность выброса резко упала и в дальнейшем не увеличивалась до прежних значений.

Stages of the Chernobyl NPP accident

At the *first stage* of the accident, the cooling systems and reactor core were destroyed. Graphite combustion occurred. Highly active debris of core structures with fuel, graphite, fuel, and fission products were ejected by the explosion. The release of fuel and fission products occurred at a height of up to 1 km and was observed for 2-4 days after the accident.

At the *second stage* (26.04.86-1.05.86) the power of the RS release decreased. The emission carried out fine fuel and graphite dust;

At the *third stage* (2.05.86y-6.05.86y) the increase of the emission power was observed. There was a significant enrichment of emission products with iodine - 131.

Apparently, this was the result of dumping lead, borated materials, sand and clay into the destroyed reactor (without organising a heat pipe).

This attempt to reduce the release resulted in additional heating of fuel masses, up to their melting, formation of “lava”, which entered the sub-reactor rooms through a breach in the reactor support plate.

At the *fourth stage* (after 6.05.86) the power of the release sharply decreased and did not increase further to the previous values.





На всех стадиях аварии выброс радионуклидов происходил в виде мелкодисперсных частиц (около 2 мкм) топлива, обогащенного цезием.

К ноябрю 1986г. поврежденный взрывом реактор был замурован в бетонный "саркофаг". В результате аварии погибли 31 человек, более 200 человек заболели лучевой болезнью. За время работ по ликвидации последствий аварии порядка 25 тысяч получили дозы 50-70 Бэр

На начало 1991 года площадь территории, загрязненной цезием - 137 свыше 1 Ки/км (такая плотность радиационного загрязнения создает уровень радиации 1 мр/ч) составляет более 100 тысяч км с населением около 4 млн. человек.

В том числе с плотностью загрязнения свыше 15Ки/км (16 мр/ч) - около 11тыс.км (260тыс.человек населения). Из этих 11 тыс.км: в Белоруссии – 6тыс.км (109тыс. человек), в России (Брянская область) - 2,4 тыс.км (105тыс.человек), на Украине -1,5 тыс.км (50 тыс.человек).

At all stages of the accident, radionuclides were released in the form of fine particles (about 2 μm) of caesium-enriched fuel.

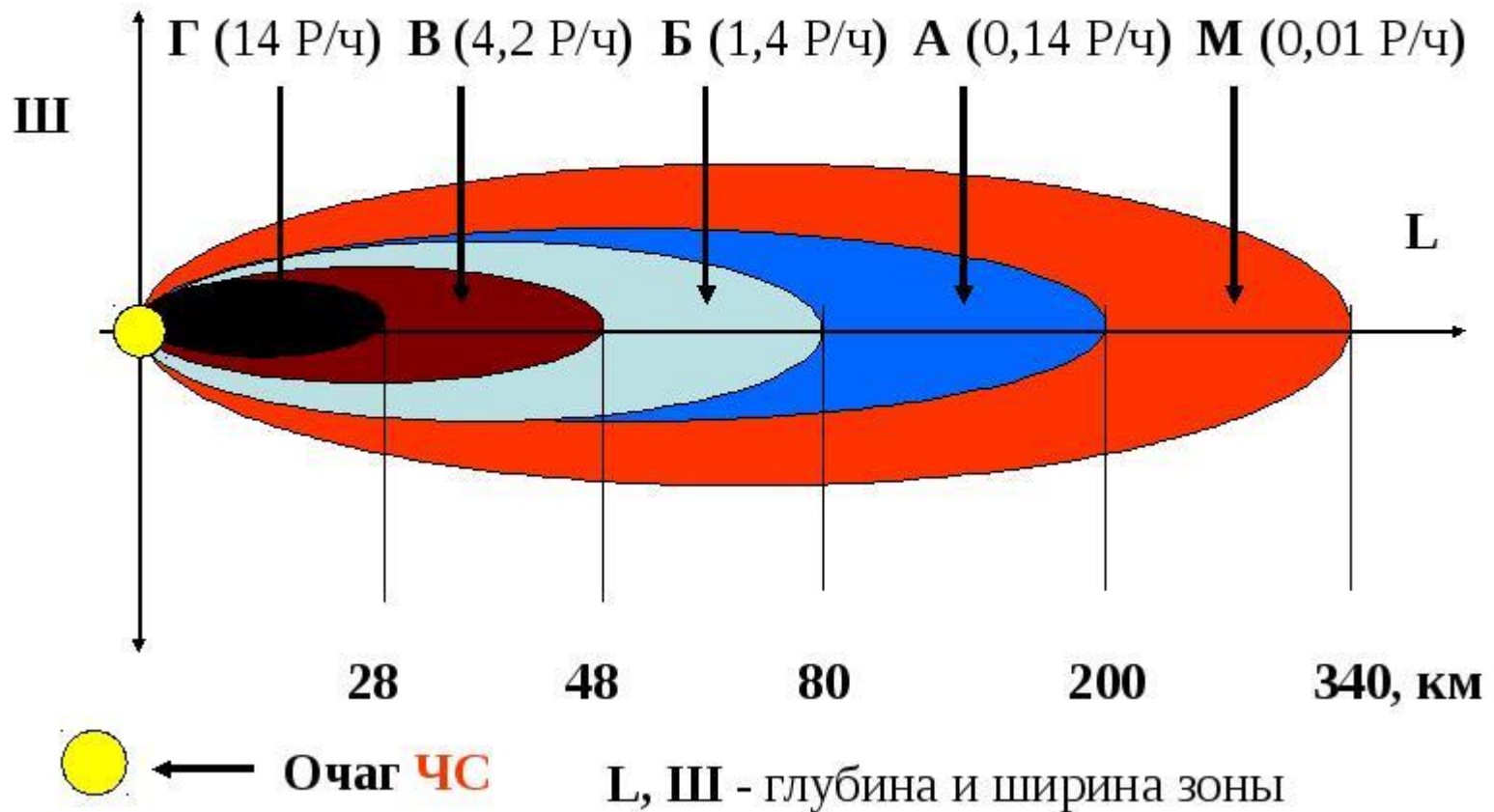
By November 1986, the reactor damaged by the explosion was encased in a concrete “sarcophagus”. As a result of the accident, 31 people died and more than 200 people became ill with radiation sickness. During the time of liquidation of the consequences of the accident about 25 thousand people received doses of 50-70 rem

At the beginning of 1991 the area of the territory contaminated with cesium - 137 over 1 Ci/km (such density of radiation contamination creates radiation level of 1 mr/h) is more than 100 thousand kilometres with the population of about 4 million people.

Including those with contamination density over 15 Ci/km (16 mr/h) - about 11 thousand kilometres (260 thousand people). Of these 11 thousand km: in Belarus - 6 thousand km (109 thousand people), in Russia (Bryansk region) - 2,4 thousand km (105 thousand people), in Ukraine -1,5 thousand km (50 thousand people).

Зоны радиоактивного заражения на 1 час после аварии на ЧАЭС с разрушением реактора

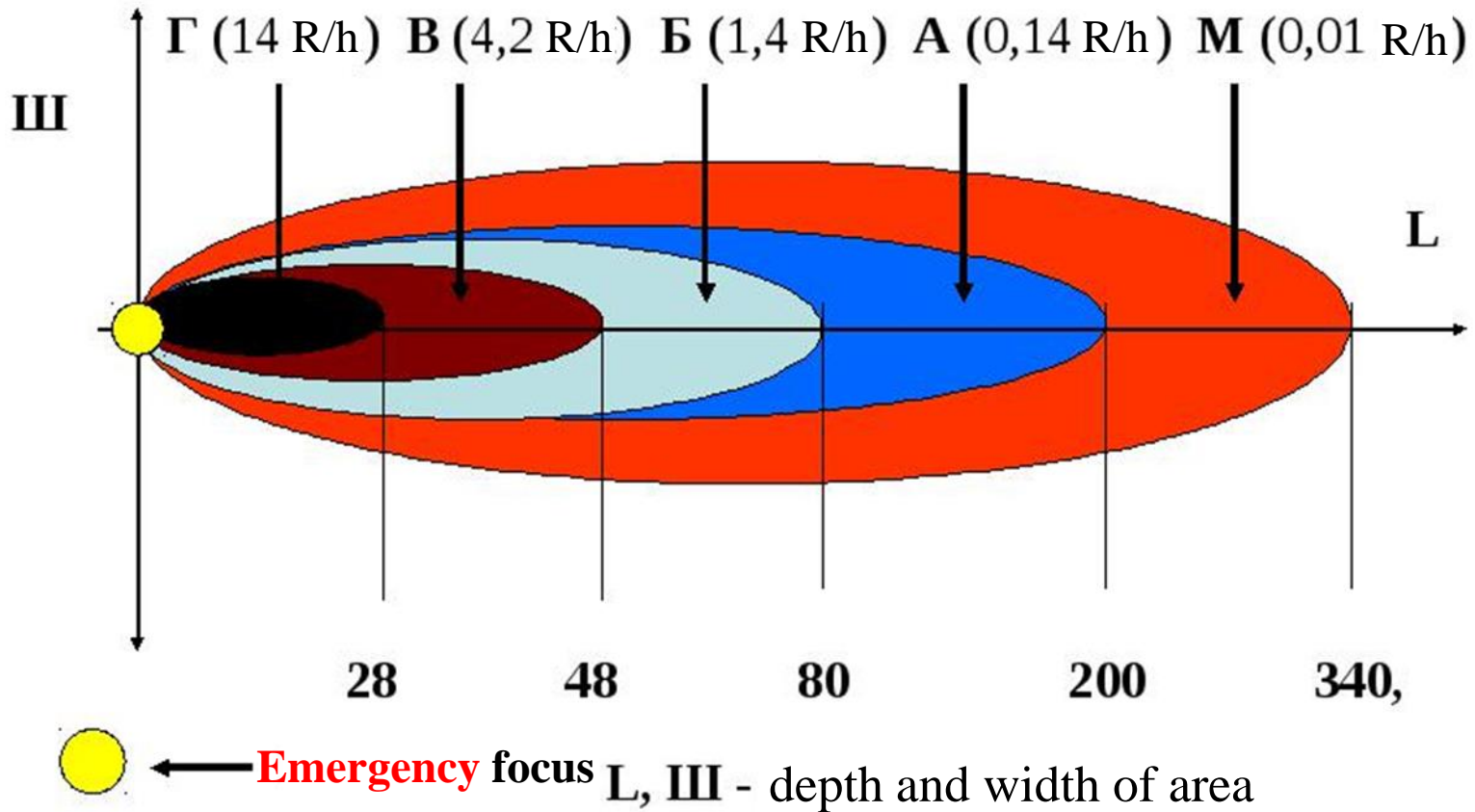
Уровни радиации на границах зон, Р/ч



Radioactive contamination areas at 1 hour after the Chernobyl NPP accident with reactor destruction

2

Radiation levels at zone boundaries, R/h



Особенности аварии на РОО

1. При радиационных авариях возможно облучение в высокой дозе людей, оказавшихся на пути движения факела аварийного выброса.

Факел аварийного выброса из ядерного реактора распространяется в пределах приземного слоя воздуха, где направление и скорость ветра достаточно часто меняется, что значительно затрудняет возможность прогноза направления движения факела

Следовательно, эвакуация за пределы опасной зоны целесообразна, лишь если есть уверенность в том, что эвакуируемые успевают вовремя покинуть радиационную зону и их не настигнет по дороге распространяющийся факел. Если такой уверенности нет, надежнее использовать укрытия.

При ядерном взрыве облако поднимается на высоту 10-20 км, где дует устойчивый ветер, поэтому можно сделать прогноз распространения зон радиоактивного загрязнения и найти безопасные пути обхода зараженной зоны.

Specific features of accidents at radiation hazardous facilities

1. In radiation accidents, it is possible to expose people who are in the path of the plume of an accidental release to high doses.

The plume of an accidental release from a nuclear reactor spreads within the surface air layer, where the wind direction and speed change quite frequently, which makes it difficult to predict the direction of plume movement

Consequently, evacuation outside the danger area is reasonable only if there is confidence that the evacuees will be able to leave the radiation zone in time and will not be overtaken by the spreading plume on the way. If there is no such certainty, it is safer to use shelters.

During a nuclear explosion, the cloud rises to a height of 10-20 kilometres, where a steady wind blows, so it is possible to forecast the spread of radioactive contamination zones and find safe ways to bypass the contaminated area.

2. Радиоактивный выброс из ядерного реактора происходит достаточно длительное время.

В зависимости от масштаба аварии он может продолжаться от нескольких часов до нескольких дней и даже недель. Это определяет различия в формировании радиоактивного заражения местности, по сравнению с ядерным взрывом.

При длительном аварийном выбросе радиоактивное загрязнение может распространяться на значительные территории (с учетом достаточно частого изменения направления ветра), что затрудняет проведение аварийно-спасательных работ.

3. Продуктов ядерного деления имеют высокую дисперсность (до 2 мкм).

Это обуславливает

- большую вероятность ингаляционных поражений по сравнению с очагами ядерного взрыва;**
- ограничение защитной мощности респираторов, противогазов. В некоторых случаях (при выбросе радиоактивных инертных газов) необходимо применять средства защиты органов дыхания изолирующего типа;**
- затрудняет проведение санитарной обработки.**

Иногда обработки водой с мылом может оказаться недостаточно, и возникает необходимость в применении препаратов типа "защита". Существенно затрудняется дезактивация обмундирования и белья, их приходится заменять, а загрязненное уничтожать.

2. A radioactive release from a nuclear reactor takes place over a fairly long period of time.

Depending on the scale of the accident, it can last from a few hours to several days and even weeks. This determines the differences in the formation of radioactive contamination of the area compared to a nuclear explosion.

In the case of a prolonged accidental release, radioactive contamination may spread over large areas (taking into account quite frequent changes in the wind direction), which makes it difficult to carry out rescue operations.

3. Nuclear fission products have high dispersibility (up to 2 microns).

This results in

- higher probability of inhalation injuries compared to the center of nuclear explosion;
- limitation of the protective capacity of respirators and gas masks. In some cases (when radioactive inert gases are released) it is necessary to use isolation type respiratory protection equipment;
- makes it difficult to carry out decontamination.

Sometimes treatment with soap and water may not be sufficient, and it is necessary to use “protection” type products. The decontamination of uniforms and underwear is considerably more difficult; they have to be replaced and contaminated ones destroyed.

4. Преобладание в факеле выброса из ядерной энергетической установки долгоживущих изотопов.

Например, ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30$ лет); ^{90}Sr ($T_{1/2} = 29$ лет); ^{238}Pu ($T_{1/2} = 87,7$ лет); ^{235}U ($T_{1/2} = 703,8 \cdot 10^6$ лет); ^{85}Kr ($T_{1/2} = 10,7$ л).

Этот фактор обуславливает незначительный спад уровня радиации после аварии во времени и длительность радиоактивного загрязнения местности.



4. The predominance of long-lived isotopes in the plume of a release from a nuclear power plant.

For example, ^{137}Cs (T 1/2 = 30 years); ^{90}Sr (T 1/2 = 29 years); ^{238}Pu (T 1/2 = 87.7 years); ^{235}U (T 1/2 = $703.8 \cdot 10^6$ years); ^{85}Kr (T1/2=10.7 years).

This factor causes insignificant decrease of radiation level after the accident in time and duration of radioactive contamination of the area.



Вопрос 2 ПО «Маяк»
Question 2 Mayak Production
Association





Авария на "Маяке"

Mayak nuclear accident

Химкомбинат «Маяк» построили в 1948 году. Находится он на Южном Урале, в ЗАТО Озёрск (во времена СССР — Челябинск-40), расположенном недалеко от городов Касли и Кыштым.

Последний дал название аварии лишь потому, что был ближайшим к месту катастрофы открытым населённым пунктом, обозначенным на карте.

На «Маяке» производили плутоний-239 — РВ, необходимое для изготовления ядерного оружия. В условиях гонки вооружений атомного сырья требовалось все больше и больше каждый год, поэтому к сожалению, больше всего внимания на засекреченном производстве уделяли увеличению выработки, а не безопасному захоронению отходов.

Жидкие радиоактивные отходы «Маяк» хранил неподалеку от предприятия: возле озера Карачай была создана бетонная «рубашка» со стенками метровой толщины (сотрудники называли её «банкой»), в которую сливали РАО.

От поверхности земли эту ёмкость отделяли два метра грунта. В 1953 году хранилище было обустроено так, чтобы избежать контакта с озером.

Атомы в отходах продолжали делиться, повышая температуру жидкости, поэтому вокруг цистерны сделали охлаждающие установки.

К сожалению, их строили на скорую руку, а осмотр и ремонт этого оборудования был трудоемким и дорогим, и из-за этого предприятие мирилось с его состоянием, далёким от идеального.

Так продолжалось до 29 сентября 1957 года. В 4 часа дня прогремел взрыв. В городе слышали хлопок, но никто не придал ему значения. В окрестностях взрывали горную породу, и все тревожные звуки списали на эти работы

Mayak Chemical Plant was built in 1948. It is located in the South Urals, in closed administrative-territorial unit Ozersk (Chelyabinsk-40 in Soviet times), located near the towns of Kasli and Kyshtym.

The latter gave its name to the accident only because it was the nearest open settlement marked on the map to the site of the disaster.

Mayak was producing plutonium-239, the RS needed to make nuclear weapons. In the conditions of the arms race, more and more nuclear raw materials were needed every year, so unfortunately, the most attention at the classified production facility was paid to increasing output rather than to safe waste disposal.

Mayak stored liquid radioactive waste not far from the enterprise: near Lake Karachay, a metre-thick concrete “jacket” was created (employees called it a “jar”) into which RS was poured.

This container was separated from the ground surface by two metres of soil. In 1953 the repository was arranged in such a way as to avoid contact with the lake.

Atoms in the waste continued to divide, increasing the temperature of the liquid, so cooling plants were built around the tank.

Unfortunately, they were hastily built, and inspection and repair of this equipment was labour-intensive and expensive, and because of this the company put up with its far from ideal condition.

This continued until 29 September 1957. At 4 o'clock in the afternoon there was an explosion. People in the city heard a clap, but nobody paid any attention to it. Rock was being blasted in the neighbourhood, and all the disturbing sounds were attributed to this work

Тогда в «банке» находилось 80 м³ отходов, меньше трети всего объема, составлявшего 300 м³. Охлаждающие установки дали сбой, поэтому жидкие РАО перегрелись и начали выделять газ.

Ни многотонная крышка «рубашки», ни 2 метра почвы над ней не сдержали мощный взрыв. У него была тепловая природа, поэтому цепную реакцию он не вызвал, и это большая удача, иначе его результаты могли стать еще страшнее.

А последствия были следующие: произошел выброс 20 миллионов Кюри радионуклидов. 90% из них осело в эпицентре аварии, а остальные образовали облако.

Именно оно в ближайшую половину суток унесло загрязненные осадки на северо-восток, на расстояние 300–350 км. Так образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). На его площади оказались земли Челябинской, Свердловской и Тюменской областей, где тогда жили 270 тысяч человек. По международной шкале ядерных событий аварии присвоен шестой уровень из семи возможных. Максимум дан катастрофам на Чернобыльской АЭС и на Фукусиме-1.

Во время самого взрыва никто не погиб, ведь было воскресенье — выходной день. Жертвы катастрофы стали появляться после начала работ по устранению её последствий

At the time, the “jar” contained 80 m³ of waste, less than a third of the total volume of 300 m³. The cooling units malfunctioned, so the liquid RAW overheated and began to release gas.

Neither the multi-tonne cover of the “jacket” nor 2 metres of soil above it contained the powerful explosion. It had a thermal nature, so it did not cause a chain reaction, and this is a great luck, otherwise its results could have been even worse.

And the consequences were as follows: 20 million curies of radionuclides were released. 90% of them settled in the epicentre of the accident, and the rest formed a cloud.

It was this cloud that in the next half a day carried the contaminated precipitation to the north-east, at a distance of 300-350 kilometres. This is how the East Ural Radioactive Trace (EURT) was formed. Its area included the lands of Chelyabinsk, Sverdlovsk and Tyumen regions, where 270 thousand people lived at that time. According to the international scale of nuclear events, the accident was assigned the sixth level out of seven possible. The maximum is given to disasters at the Chernobyl nuclear power plant and Fukushima-1.

No one died during the explosion itself, because it was Sunday - a day off. The victims of the disaster began to appear after the work to eliminate its consequences began

Первыми ликвидаторами аварии стали, конечно, сами сотрудники, потом им на помощь привлекли внутренние войска и заключенных, отбывавших наказание недалеко от «Маяка».

Производство на комбинате нельзя было останавливать, поэтому ликвидаторы занимались отмыванием «грязи»: обливали дороги водой из пожарных машин, мыли стены и крыши зданий предприятия.

Помимо взорвавшейся «банки» в хранилище было еще несколько, поэтому сотрудники пробурили вокруг них туннели для шлангов с водой, чтобы возобновить охлаждение.

По воспоминаниям ликвидаторов, средств защиты не хватало, некоторым приходилось вместо противогазов работать в лёгких респираторах, которые мгновенно выходили из строя.

Населению велели мыть полы в домах.

Эвакуация началась очень поздно, через 6 дней. Переселить решили несколько деревень Каслинского и Кунашакского районов Челябинской области. Это были населённые пункты, сильнее всего пострадавшие от загрязнения.

В общей сложности эвакуировали около 10 тысяч человек. Дома и всё, что принадлежало жителям (в том числе и скот) было уничтожено.

Челябинск-40 не попал в зону радиоактивных осадков, поэтому этот город расселять не стали — считалось, что он не пострадал от заражения. Тем не менее, люди стали погибать от ОЛБ.

The first liquidators of the accident were, of course, the employees themselves, and then they were assisted by internal troops and prisoners who were serving their sentences near Mayak.

Production at the plant could not be stopped, so the liquidators were engaged in cleaning up the “dirt”: they poured water on the roads from fire engines, washed the walls and roofs of the buildings of the enterprise.

In addition to the exploded “jar” there were several others in the storage facility, so the employees drilled tunnels around them for water hoses to resume cooling.

According to the liquidators' recollections, there was a shortage of protective equipment, and some had to wear lightweight respirators instead of gas masks, which failed instantly.

The population was told to wash the floors in the houses.

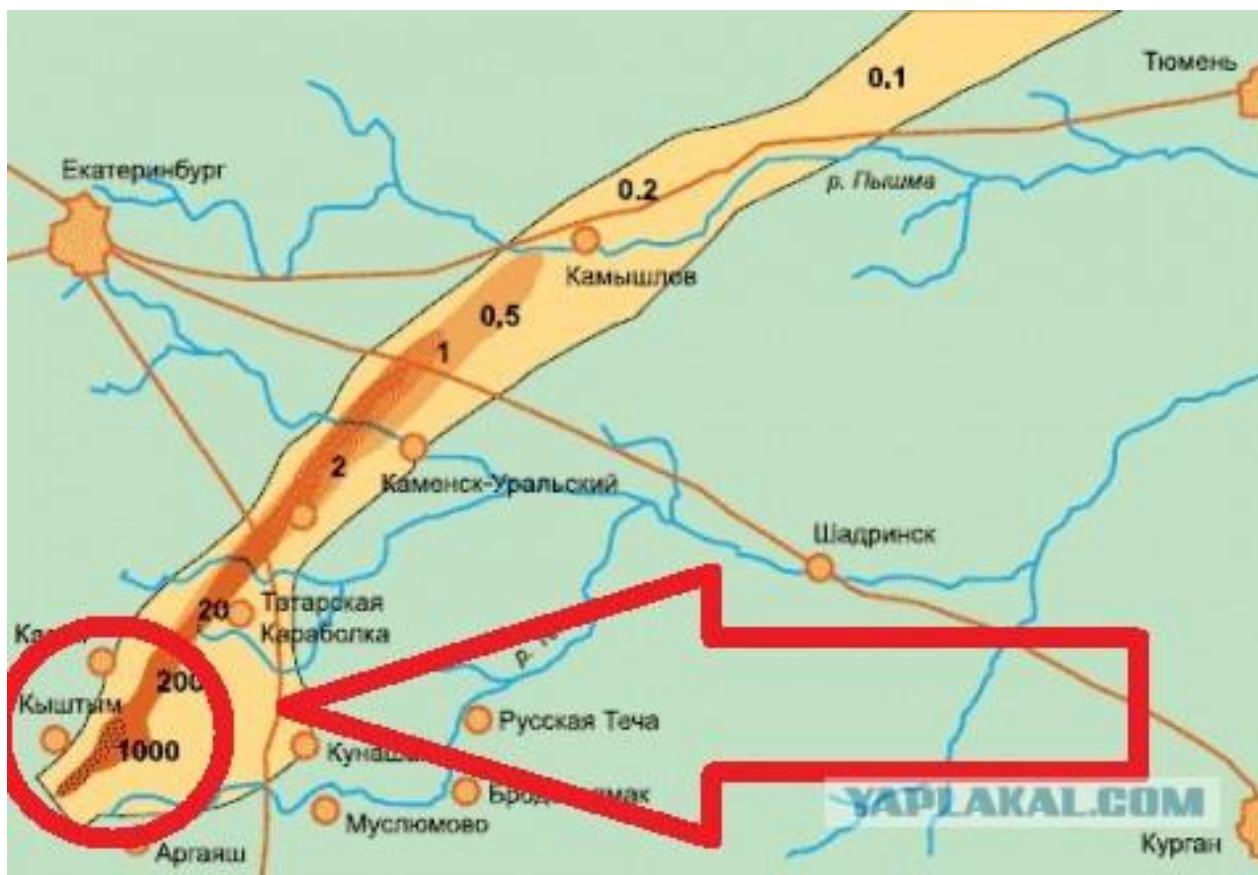
The evacuation started very late, six days later. Several villages in the Kaslinsky and Kunashaksky districts of the Chelyabinsk Region were decided to be relocated. These were the settlements most affected by the pollution.

In total, about 10,000 people were evacuated. Houses and everything that belonged to the inhabitants (including livestock) were destroyed.

Chelyabinsk-40 did not fall into the zone of radioactive fallout, so this city was not resettled - it was considered to be unaffected by the contamination. Nevertheless, people began to die from ARS.

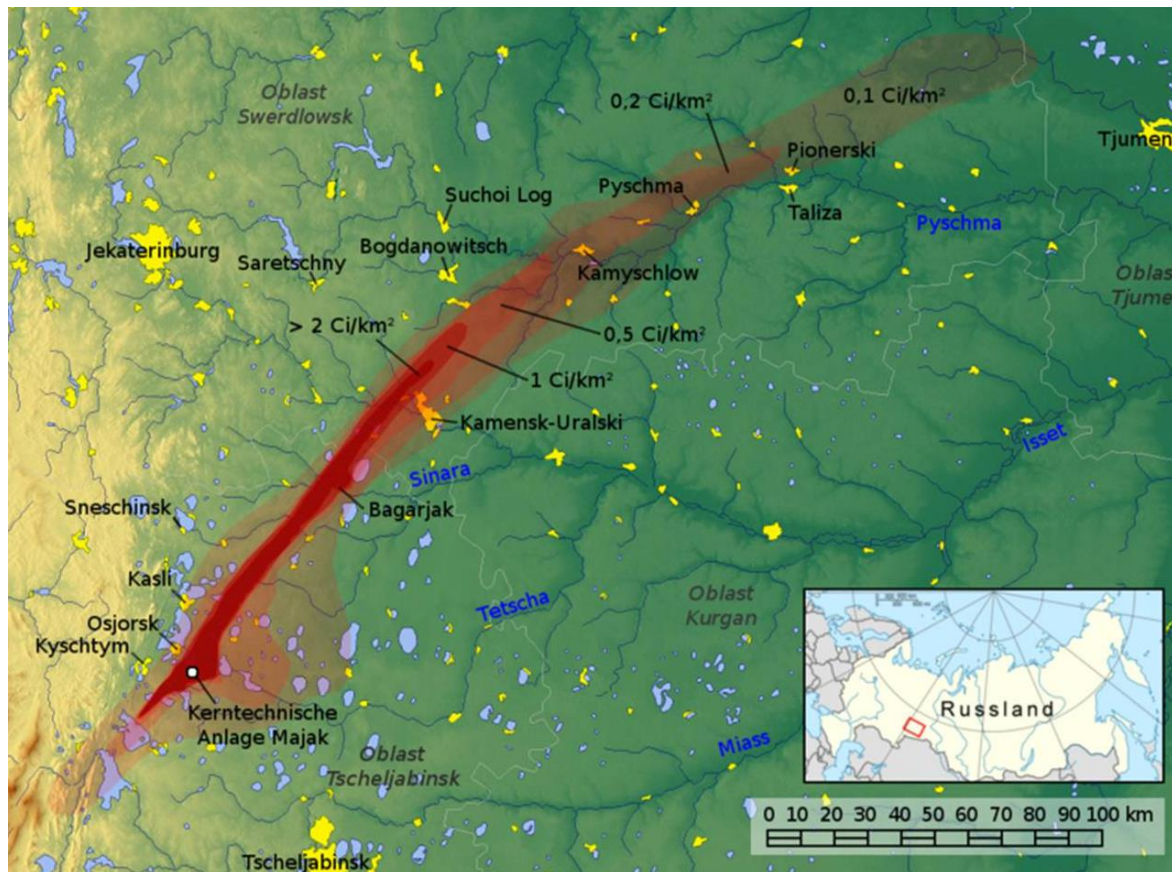
Точное число умерших от неё неизвестно, ведь ради сохранения секретности пациентам ставили другие, не вызывающие подозрений диагнозы: рак или вегетососудистую дистонию второй степени. Пострадавшие ликвидаторы давали подписки о неразглашении.

Чтобы радиация не распространялась, создали санитарно-защитную зону, которую превратили в Восточно-Уральский заповедник в 1968 году. Природа в нём постепенно излечивается от заражения, но бывать там нельзя — уровень излучения остается высоким, радиационный фон понизится до естественного только через сто лет.



The exact number of people who died from it is unknown, because for the sake of secrecy, patients were diagnosed with other, non-suspicious diagnoses: cancer or second-degree vegetovascular dystonia. The affected liquidators signed non-disclosure agreements.

To prevent the radiation from spreading, a sanitary protection area was created, which was turned into the East-Ural Reserve in 1968. The nature in it is gradually being cured from contamination, but it is not allowed to be there - the radiation level remains high, the radiation background will drop to natural levels only in a hundred years.



Полярное сияние: как скрывали аварию

Все данные об аварии были немедленно засекречены. Ликвидаторов обязали молчать. Местным жителям не рассказывали об инциденте.

Газеты ничего не писали о случившемся. Единственная заметка появилась лишь через неделю в газете «Челябинский рабочий», где говорилось: «Многие челябинцы наблюдали особое свечение звездного неба. Это довольно редкое в наших широтах свечение имело все признаки полярного сияния. Интенсивное красное, временами переходящее в слабо-розовое и светло-голубое свечение вначале охватывало значительную часть юго-западной и северо-восточной поверхности небосклона».

Явление, выданное за северное сияние, оказалось облаком радиоактивной пыли и дыма, которое действительно мерцало разными цветами. Больше новостей, связанных с катастрофой под Кыштымом, не было.

За рубежом о взрыве на комбинате тоже долгое время молчали. В апреле 1958 года о нём напечатали в одной из газет Копенгагена.

Спецслужбы США тоже знали о катастрофе, но никто не обсуждал её широко — в западном обществе крепло недоверие к ядерной промышленности, вызванное аварией на атомном реакторе в британском Уиндскейле. Она произошла через несколько дней после взрыва в Челябинске-40. Ей присвоен пятый уровень по международной шкале ядерных событий.

Polar Lights: How the accident was covered up

All data on the accident were immediately classified. The liquidators were obliged to keep silent. Local residents were not told about the incident.

The newspapers wrote nothing about the incident. The only note appeared only a week later in the newspaper “Chelyabinsk Worker”, which said: “Many Chelyabinsk residents observed a special glow of the starry sky. This rather rare in our latitudes glow had all the signs of polar lights. Intense red, at times changing to weak pink and light blue glow at first covered a significant part of the south-west and north-east surface of the sky”.

The phenomenon, passed off as the Northern Lights, turned out to be a cloud of radioactive dust and smoke that did indeed shimmer in different colours. There was no more news related to the disaster near Kyshtym.

Abroad, the explosion at the combine was also kept silent for a long time. In April 1958, a Copenhagen newspaper printed about it.

The US special services also knew about the disaster, but no one discussed it widely - the distrust of the nuclear industry, caused by the accident at the nuclear reactor in the British Windscale, was growing in Western society. It occurred a few days after the Chelyabinsk-40 explosion. It was rated level five on the international scale of nuclear events.



О взрыве на «Маяке» вновь вспомнили только в 1976 году, когда в британском журнале «New Scientist» была опубликована статья о том, что в 1957 году под Кыштымом мог случиться ядерный взрыв.

Еще через несколько лет, в 1986 году, проявился страшный эффект этого замалчивания и дезинформации. Взорвался четвёртый энергоблок Чернобыльской АЭС.

Возможно, они бы учли ошибки коллег тридцатилетней давности, и новой катастрофы удалось бы избежать?

Факт взрыва в Челябинске-40 власти СССР признали лишь на сессии МАГАТЭ в 1989 году. Тем не менее, рассекреченных с тех пор официальных данных мало.

Зафиксировано, что среди военнослужащих-ликвидаторов пострадали больше тысячи человек, но точное количество погибших и пострадавших в результате катастрофы неизвестно.

Сколько простых жителей зараженных территорий получили опасные дозы радиации и заболели недугами лучевой природы, мы уже никогда не узнаем.

После ликвидации последствий катастрофы, насколько это было возможно, «Маяк» не был закрыт. Предприятие действует до сих пор, и на нём всё-таки извлекли урок из аварии 1957 года.

Высокоактивные отходы более не хранят в жидком виде — вместо сливания в бетонную ёмкость проводят процедуру остекловывания, и отходы становятся твёрдыми и компактными. В таком виде они не опасны. К сожалению, нельзя сказать, что комбинат работает без происшествий. За 60 лет на нём произошло около 30 аварий с выбросами и погибшими.

The Mayak explosion was not brought up again until 1976, when the British magazine New Scientist published an article stating that a nuclear explosion could have occurred near Kyshtym in 1957.

A few years later, in 1986, the terrible effect of this silence and misinformation became apparent. The fourth unit of the Chernobyl nuclear power plant exploded.

Perhaps they would have taken into account the mistakes of their colleagues of thirty years ago, and a new catastrophe would have been avoided?

The fact of the explosion in Chelyabinsk-40 was recognised by the USSR authorities only at the IAEA session in 1989. Nevertheless, there is little official data declassified since then.

It is recorded that more than a thousand people were injured among the military liquidators, but the exact number of dead and injured as a result of the catastrophe is unknown.

We will never know how many ordinary residents of the contaminated territories received dangerous doses of radiation and fell ill with diseases of radiation nature.

After the liquidation of the consequences of the catastrophe, as far as it was possible, Mayak was not closed. The enterprise is still in operation, and its personnel has learnt a lesson from the accident of 1957.

Highly active waste is no longer stored in liquid form - instead of being poured into a concrete tank, the waste is vitrified and becomes solid and compact. In this form they are not dangerous. Unfortunately, it cannot be said that the plant operates without accidents. Over 60 years, there have been about 30 accidents with emissions and fatalities.

**Вопрос 3 Основные факторы
радиационной опасности при
авариях на АЭС**

**Question 3 Main factors of radiation
hazard in accidents at NPPs**

Причины радиационных поражений

При авариях на АЭС можно получить радиационное поражение в результате:

1. Острого внешнего γ - облучения от радиоактивных инертных газов, а также от содержимого реактора, выброшенного в виде аэрозоля за пределы активной зоны.

Наибольшее значение в формировании дозы внешнего облучения принадлежит γ - лучам, β - лучи сильнее поглощаются воздухом и могут воздействовать лишь со сравнительно небольшого расстояния.

2. Наружного радиоактивного загрязнения кожи, слизистых продуктами ядерного деления. Особенно высокие плотности радиоактивного загрязнения создаются в период прохождения факела выброса.

Поражения при наружном радиоактивном заражении, определяются β - излучением, которое в силу малой проникающей способности в основном поглощается кожей.

При высокой дозе облучения кожи может развиваться лучевой дерматит, который, если он достаточно глубок и распространен, приведет к выходу из строя и даже гибели поражённого.

Causes of radiation injuries

In accidents at NPPs, radiation injury can occur as a result of:

1. *Acute external γ - exposure* from radioactive inert gases, as well as from reactor contents released as aerosol outside the core.

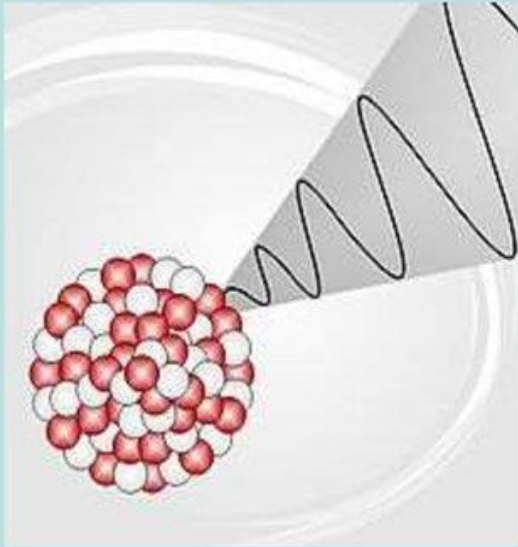
The greatest importance in the formation of external dose belongs to γ - rays, β - rays are more strongly absorbed by air and can affect only from a relatively short distance.

2. *External radioactive contamination of skin and mucous membranes* with nuclear fission products. Especially high densities of radioactive contamination are created during the passage of the release plume.

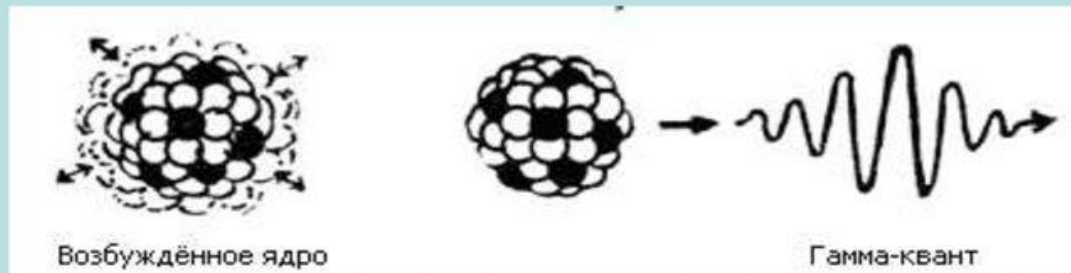
Injuries at external radioactive contamination are determined by β - radiation, which due to low penetrating ability is mainly absorbed by the skin.

At high doses to the skin, radiation dermatitis may develop, which, if deep enough and widespread, will lead to incapacitation and even death of the affected person.

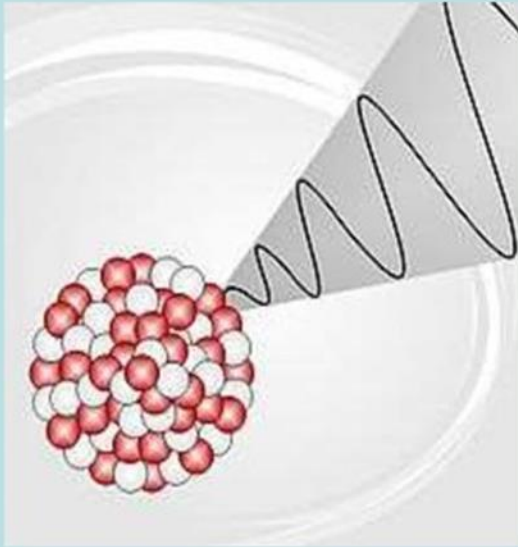
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ



Представляет собой поток электромагнитных волн (фотонов высокой энергии). Вызывает слабое ионизирующее действие, но обладает большой проникающей способностью.



GAMMA RADIATION



It is a stream of electromagnetic waves (high-energy photons). Causes a weak ionising effect, but has a high penetrating power.



Все же при оценке опасности наружное радиоактивное заражение может быть поставлено на второе место.

Во-первых потому, что этого заражения сравнительно легко избежать, используя средства индивидуальной защиты, с которых РВ могут быть сравнительно легко удалены.

Во-вторых, даже если РВ непосредственно попали на кожу, ЧСО (мытьё водой, лучше с мылом), проведенная в течение 0,5 - 1 часа после заражения, практически гарантирует от возникновения дерматита при реально возможных плотностях заражения.

Тем не менее, возможны ситуации (например, в случае отсутствия санитарной обработки при высоком уровне контактного загрязнения и быстрой эвакуации с загрязненной территории), когда доза облучения кожи может составить 10 Гр и более, в то время как общая доза внешнего γ - облучения не превысит десятых долей Грея. В таких случаях в клинической картине будут преобладать радиационные ожоги.

However, external radioactive contamination may be ranked second in the hazard assessment.

Firstly, because this contamination is relatively easy to avoid by using personal protective equipment from which RS can be relatively easily removed.

Secondly, even if the RS has directly contacted the skin, partial decontamination (washing with water, preferably with soap) performed within 0.5 to 1 hour after contamination practically guarantees against dermatitis at realistically possible densities of contamination.

Nevertheless, situations are possible (for example, in case of absence of decontamination at high level of contact contamination and quick evacuation from the contaminated territory), when the dose of skin irradiation may be 10 Gy or more, while the total dose of external γ - irradiation will not exceed tenths of Gray. In such cases the clinical picture will be dominated by radiation burns.

Внутреннее заражение продуктами ядерного деления

На ранних этапах развития аварии преимущественно возникают ингаляционные поражения РВ. Это обусловлено малой дисперсностью РВ, выброшенных из реактора.

Возможно также поступление в организм продуктов ядерного деления с зараженной пищей и водой. Это относится , прежде всего к радиоактивным изотопам йода.

Последние по цепочке: трава, молокопроизводящий скот - могут поступить в организм человека в значительном количестве, если выпас скота производится на местности, загрязненной продуктами ядерного взрыва.

Такой вариант наиболее опасен для детей. Радиоактивный йод легко всасывается и откладывается преимущественно в щитовидной железе.

На следе аварийного выброса относительное значение внешнего и внутреннего радиоактивного заражения больше, чем на местности, загрязненной продуктами ядерного взрыва.

При длительном пребывании на радиоактивно загрязненной местности после аварии на АЭС внутреннее облучение может обусловить до половины эффективной дозы.

Internal contamination by nuclear fission products

Inhalation injury from RS predominantly occur in the early stages of accident development. This is due to the low dispersibility of RS released from the reactor.

It is also possible to ingest nuclear fission products with contaminated food and water. This applies, first of all, to radioactive isotopes of iodine.

The latter can enter the human body in significant quantities through the chain: grass, milk-producing cattle, if the cattle are grazing in the area contaminated with nuclear explosion products.

This option is most dangerous for children. Radioactive iodine is easily absorbed and deposited mainly in the thyroid gland.

On the trace of an accidental release the relative value of external and internal radioactive contamination is greater than on the area contaminated by the products of a nuclear explosion.

In case of prolonged stay in the radioactively contaminated area after the NPP accident, internal exposure may cause up to half of the effective dose.

Нестохастические эффекты

Эффекты, которые развиваются и могут наблюдаться после накопления определенной дозы, т.е. возникают закономерно с развитием изменений в органах и тканях.

Нестохастические эффекты имеют порог дозы, составляющий 0,5 Гр.

С увеличением дозы увеличивается как частота проявления эффекта, так и его выраженность, причем он обнаруживается у всех облученных.

В этой группе различают ближайшие и отдаленные последствия. К ближайшим последствиям относятся:

- **острая лучевая реакция** развивается при дозе облучения от 0,5 Гр до 1 Гр. Она характеризуется преходящей лейкопенией и незначительными функциональными расстройствами в организме;
- **острая лучевая болезнь** развивается при дозе облучения более 1Гр. Заболевание всего организма, обусловленное внешним, кратковременным, относительно равномерным облучением всего организма или большей его части;
- **хроническая лучевая болезнь** это заболевание организма возникающее при длительном воздействии малых доз ионизирующего излучения. Она развивается когда накопленная доза достигает 0,7-1 Гр;
- **острое лучевое поражение кожи** развивается при дозе облучения более 8 Гр.

К отдаленным последствиям относится развитие радиосклеротических процессов (атрофические, дистрофические).

Экспериментальные и клинические наблюдения показали, что при кратковременном облучении в дозе менее 0,5 Гр, нестохастические эффекты радиации не проявляются.

Non-stochastic effects

Effects that develop and can be observed after accumulation of a certain dose, i.e. arise naturally with the development of changes in organs and tissues.

Non-stochastic effects have a dose threshold of 0.5 Gy.

With increasing dose, both the frequency of manifestation of the effect and its severity increase, and it is found in all irradiated people.

In this group, a distinction is made between immediate and distant effects. The immediate effects include:

- **acute radiation reaction** develops at a training dose of 0.5 Gy to 1 Gy. It is characterised by transient leukopenia and minor functional disorders in the body;
- **acute radiation syndrome** develops at an irradiation dose of more than 1 Gy. Disease of the whole organism caused by external, short-term, relatively uniform irradiation of the whole organism or most of it;
- **chronic radiation syndrome** is a disease of the organism arising from prolonged exposure to low doses of ionising radiation. It develops when the accumulated dose reaches 0.7-1 Gy;
- **acute radiation skin injuries** develops when the radiation dose exceeds 8 Gy.

Long-term effects include the development of radiosclerotic processes (atrophic, dystrophic).

Experimental and clinical observations have shown that at short-term irradiation at a dose of less than 0.5 Gy, non-stochastic effects of radiation are not manifested.

Стохастические эффекты

Не имеют порога и могут наблюдаться при самой малой дозе облучения. С увеличением дозы частота проявлений стохастических эффектов увеличивается, но не достигает 100%. Выраженность эффекта от дозы не зависит

Наиболее значимые стохастические эффекты действия ионизирующего излучения:

- канцерогенные;
- повреждение генетического аппарата;
- неопухолевые (атрофические, дистрофические, склеротические);
- сокращение продолжительности жизни.

Согласно НРБ -99 величина канцерогенного риска составляет 1 на 20 чел. Зв, Т.е. при облучении 20 человек в дозе по 1 Зв возникновение смертельного рака возможно в 1 случае.

Согласно линейно-беспороговой концепции облучения количество радиационно – обусловленных злокачественных новообразований в популяции пропорционально коллективной эффективной дозе, поглощенной в этой популяции. Отсюда, выход опухолей одинаков, если 20 человек облучить в дозе 1 Зв или 2 тыс. человек – в дозе 0,01 Зв.

Нелетальные повреждения генетического аппарата в зародышевых клетках проявляются возникновением аномалий у потомства.

Частота возникновения генетических дефектов (аномалии развития, нарушение жизнеспособности и гибель плода, наследственные аномалии) в первых двух поколениях после облучения одного из родителей составляет 1 случай на 80 чел.Зв.

Таким образом, ущерб вызванный в человеческой популяции радиационным фактором определяется как дозой облучения , так и числом облучаемых людей.

Stochastic effects

They have no threshold and can be observed at the lowest dose of irradiation. With increasing dose the frequency of stochastic effects increases, but does not reach 100%. The severity of the effect does not depend on the dose

The most significant stochastic effects of ionising radiation:

- carcinogenic;
- genetic apparatus affection;
- non-tumoural (atrophic, dystrophic, sclerotic);
- shortening of life expectancy.

According to radiation safety standards NRB-99 the value of carcinogenic risk is 1 per 20 people. Sv,

I.e. at irradiation of 20 people at a dose of 1 Sv the occurrence of fatal cancer is possible in 1 case.

According to the linear no-threshold model of irradiation, the number of radiation-induced malignant neoplasms in a population is proportional to the collective effective dose absorbed in this population. Hence, the yield of tumours is the same if 20 people are irradiated at a dose of 1 Sv or 2 thousand people at a dose of 0.01 Sv.

Non-lethal genetic apparatus affection in germ cells is manifested by the appearance of abnormalities in offspring. The frequency of genetic defects (developmental anomalies, impaired viability and fetal death, hereditary anomalies) in the first two generations after irradiation of one of the parents is 1 case per 80 people. Sv.

Thus, the damage caused in the human population by radiation factor is determined both by the radiation dose and the number of exposed people.

Риски радиационного воздействия на человека в условиях профессиональной деятельности

Нормами радиационной безопасности НРБ-99 установлены следующие предельно допустимые дозы облучения (ПДД).

Категория А - лица, имеющие непосредственный контакт с источниками ионизирующих излучений в силу своей профессиональной деятельности. ПДД для профессионалов составляет 2 бэр в год.

Если представить, что все профессионалы облучаются в этой дозе, риск дополнительного возникновения у них смертельного злокачественного новообразования составит 1000 случаев на 1 млн. человек в год.

Частота спонтанного возникновения опухоли составляет 1600 случаев на 1 млн. человек в год. Однако, поскольку 2 бэр является предельно допустимой дозой, которая ни в коем случае не должна быть превышена.

Реально получаемая средняя доза и, соответственно, радиационный риск оцениваются величинами в несколько раз меньшими.

В 1940-1959 годы, когда защита и дозиметрия были менее эффективны, смертность радиологов от рака и лейкозов в 3 раза превышала наблюдающуюся у врачей других специальностей. В 1920-1939 годы превышение было десятикратным.

Категория Б - это лица, которые непосредственного контакта с источниками ионизирующего излучения не имеют, но по условиям труда или проживания могут подвергнуться облучению. Для них ПДД составляет 0,5 бэр в год.

Категория В – прочее население. ПДД составляет 0,1 бэр в год.

Risks of radiation impact on a person in the conditions of professional activity

Radiation safety standards NRB-99 establish the following maximum permissible exposure doses (MPD).

Category A - people who have direct contact with sources of ionising radiation due to their professional activity. The MPD for professionals is 2 rem per year.

If we imagine that all professionals are exposed to this dose, the risk of additional fatal malignant neoplasm in them is 1000 cases per 1 million people per year.

The incidence of spontaneous tumour occurrence is 1600 cases per 1 million people per year. However, since 2 rem is the maximum permissible dose, which should never be exceeded.

The actual average dose received and, consequently, the radiation risk are estimated to be several times lower.

In 1940-1959, when shielding and dosimetry were less effective, the mortality of radiologists from cancer and leukaemia was 3 times higher than that observed in doctors of other specialities. In 1920-1939, the excess was tenfold.

Category B are people who do not have direct contact with sources of ionising radiation, but by conditions of work or residence may be exposed to radiation. For them the MPD is 0.5 rem per year.

Category C - other population. The MPD is 0.1 rem per year.

ПДД для населения в 2 раза ниже дозы, получаемой от естественного фона.

Эта доза не превышает той, которая в соответствии с линейно- беспороговой концепцией, может вызвать дополнительно 50 злокачественных новообразований на 1 млн. человек в год. Для сравнения, население крупных городов подвергается воздействию канцерогенов и мутагенов, содержащихся в воздухе в количествах, эквивалентных воздействию за год дозы облучения 2 бэр.

В НРБ-99 установлено, что планируемое переоблучение может быть оправдано лишь необходимостью спасения людей, предотвращение крупной аварии, или переоблучения большого числа людей.

Такое положение часто может иметь место в ближайшие минуты, а иногда и часы после начала аварии.

В случаях, когда дозу планируемого облучения при ликвидации последствий аварии можно рассчитать, она не должна превысить двух годовых ПДД за 1 раз (4 бэр) или 5 ПДД за весь период работы (10 бэр).

В каждом к таком случае работник должен быть предупрежден о превышении дозы облучения и дать на это личное согласие.

Превышение ПДД в упомянутых ситуациях оправдано лишь тогда, когда нет возможности его исключить. Для женщин в возрасте до 40 лет превышение ПДД облучения недопустимы.

Каждое облучение в дозе до 2 ПДД должно быть в течении ближайших 5 лет так скомпенсировано, чтобы суммарная доза за это время не превысила 5 ПДД.

Аналогично следует скомпенсировать в течение ближайших 10 лет пере облучение в пределах 5 ПДД. В случае облучения в дозе более 5 ПДД работника следует направить на стационарное обследование.

The MPD for the population is 2 times lower than the dose received from the natural background.

This dose does not exceed that which, according to the linear no-threshold model, can cause an additional 50 malignant neoplasms per 1 million people per year. For comparison, the population of large cities is exposed to carcinogens and mutagens contained in the air in quantities equivalent to a yearly exposure to a radiation dose of 2 rem.

The radiation safety standards NRB-99 states that planned overexposure can be justified only by the need to save people, to prevent a major accident, or to overexpose a large number of people.

This situation can often occur in the next minutes and sometimes hours after the accident has started.

In cases where the dose to be incurred during accident management can be calculated, it should not exceed two annual MPD for a single exposure (4 rem) or 5 MPD for the entire period of employment (10 rem).

In each such case, the worker should be warned of the exceeded dose and give personal consent.

Exceeding the MPD in the situations mentioned is only justified when there is no possibility of excluding it. For women under 40 years of age, exceeding the MPD of exposure is unacceptable.

Each exposure of up to 2 MPD should be compensated over the next 5 years so that the total dose during this time does not exceed 5 MPD.

Similarly, overexposure to doses up to 5 MPD should be compensated for within the next 10 years. In the case of exposure to a dose greater than 5 MPD, the worker should be referred for in-patient examination.

**Вопрос 4 Дозиметрический и
радиометрический контроль.**

Радиационная разведка

**Question 4 Dosimetry and radiation
monitoring. Radiation reconnaissance**

Дозиметрический контроль
Dosimetry monitoring

Дозиметрический контроль – это комплекс организационных и технических мероприятий по определению доз облучения людей, проводимых с целью количественной оценки эффекта воздействия на них ионизирующих излучений.

Организация дозиметрического контроля предусматривает назначение допустимого времени пребывания (работы) на загрязненной радиоактивными веществами местности или работы с источниками ионизирующих излучений с учетом ранее полученных доз облучения.

Результаты дозиметрического контроля используются также для принятия мер невышшения допустимых пределов индивидуальных доз облучения людей.

Воздействие ионизирующего излучения на организм человека оценивается величиной эффективной дозы, используемой как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Единица измерения эффективной дозы — Зиверт (Зв).

Dosimetry monitoring is a set of organisational and technical measures to determine the exposure doses of people carried out in order to quantify the effect of exposure to ionising radiation.

The organisation of dosimetry monitoring provides for the appointment of permissible time of stay (work) in the area contaminated with radioactive substances or work with sources of ionising radiation.

The results of dosimetry monitoring are also used to take measures to ensure that the permissible limits of individual doses to people are not exceeded.

The impact of ionising radiation on the human body is assessed by the effective dose, used as a measure of the risk of distant consequences of exposure of the whole human body and individual organs and tissues, taking into account their radiosensitivity. The unit of measurement of effective dose is Sievert (Sv).



Дозиметрический контроль населения после аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии, 2011 год

Дозиметрический контроль

На рынках



На полях



В лесу



В учреждениях





Dosimetric monitoring of the population after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident in Japan, 2011.

Dosimetric monitoring

In the markets



In the fields



In the forest



In institutions



Допустимые пределы доз определяются в соответствии с рекомендациями норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

По данным дозиметрического контроля определяется режим работы формирований (групп спасателей) и необходимость направления на обследование в медицинские учреждения.

Контроль облучения личного состава (персонала), находящегося на загрязненной радиоактивными веществами местности или работающими с источниками ионизирующих излучений, проводится постоянно.

Дозиметрический контроль ведется групповым и индивидуальным способами.

Для населения его допускается производить расчетным путем по уровням излучения и времени работы (нахождения на загрязненной территории) с учетом коэффициента ослабления.

Индивидуальный контроль проводится с целью получения данных о дозах облучения каждого человека и включает в себя определение доз внешнего облучения с использованием индивидуальных дозиметров (измерителей доз), а также контроль поступления радиоактивных веществ в организм или отдельный орган, формирующих дозы внутреннего облучения, который осуществляется в медицинских учреждениях.

Групповой контроль организуется руководителем (начальником) с целью получения данных о средних дозах облучения личного состава, когда отсутствует возможность обеспечения всех работающих в условиях радиоактивного загрязнения индивидуальными дозиметрами (измерителями доз).

The permissible dose limits are determined in accordance with the recommendations of radiation safety standards (NRB-99/2009).

According to the data of dosimetric control the mode of work of formations (groups of rescuers) and necessity of referral for examination to medical institutions are determined.

Monitoring of exposure of personnel (staff) located in the area contaminated with radioactive substances or working with sources of ionising radiation is carried out on a permanent basis.

Dosimetry monitoring is carried out by group and individual methods.

For the population it is allowed to be performed by calculation according to radiation levels and time of work (stay in the contaminated area) taking into account the attenuation coefficient.

Individual control is carried out in order to obtain data on radiation doses to each person and includes determination of external doses using individual dosimeters (dose meters), as well as control of radioactive substances entering the body or a separate organ forming internal doses, which is carried out in medical institutions.

Group control is organised by a manager (chief) in order to obtain data on average doses to personnel when it is not possible to provide all those working in conditions of radioactive contamination with individual dosimeters (dose meters).

Для этого формирования обеспечиваются индивидуальными дозиметрами (измерителями доз) из расчета 1-2 дозиметра на группу людей 12-20 человек

Снятие показаний индивидуальных дозиметров (измерителей доз) как при групповом, так и при индивидуальном способе контроля производится руководителем (начальником) или специально назначенным лицом.

Измерение показаний индивидуальных дозиметров, расчет эффективной дозы внешнего облучения личного состава, и их регистрация производится сразу после окончания работы и выхода с загрязненной территории (участка).

Возможна другая периодичность измерений. Эта периодичность должна быть установлена в инструкции.

По результатам измерения или расчета индивидуальных доз внешнего и внутреннего облучения производится определение индивидуальных эффективных доз облучения, и результаты заносятся в журналы регистрации доз облучения.

В журналы регистрации доз облучения заносятся только дозы облучения, отличные от нулевых.

Эти журналы должны храниться в подразделениях (формированиях) в течение календарного года.

Учет доз производится за последовательные 5 лет и весь период службы (работы).

Карточки хранятся в течение 50 лет после прекращения военнослужащим (рабочим, служащим) работы в условиях воздействия ионизирующего излучения.

Сведения о дозах облучения прикомандированных военнослужащих, рабочих и служащих, имеющих допуск к работам с источниками ионизирующих излучений, должны сообщаться по месту их постоянной службы (работы) в течение месяца после окончания командировки.

For this purpose, formations shall be provided with individual dosimeters (dose meters) at the rate of 1-2 dosimeters per group of 12-20 people

Readings of individual dosimeters (dose meters) both at group and individual control methods shall be taken by a manager (chief) or a specially appointed person.

Measurement of readings of individual dosimeters, calculation of effective dose of external exposure of personnel and their registration is made immediately after the end of work and leaving the contaminated territory (site).

Other periodicity of measurements is possible. This periodicity should be specified in the instruction.

Based on the results of measurement or calculation of individual external and internal doses, individual effective doses are determined and the results are recorded in the radiation dose logs.

Only doses other than zero doses shall be recorded in the radiation dose logs.

These logs shall be kept in units (formations) for a calendar year.

Doses shall be recorded for consecutive 5 years and the whole period of service (work).

The cards shall be kept for 50 years after a serviceman (worker, employee) ceases to work under conditions of exposure to ionising radiation.

Information on radiation doses of seconded servicemen, workers and employees who are authorised to work with sources of ionising radiation must be reported at their place of permanent service (work) within a month after the end of the business trip.

Бытовые дозиметрические приборы



3.

ДБГ-01Н



4.

БЕЛЛА



5.

ЭКСПЕРТ



6.

ДРГБ-04



9.

АРГУС-2



11.

СВЕРЧОК-4

Household dosimeters



3.

DBG-01N



4.

BELLA



5.

EXPERT



6.

DRBG-04



9.

ARGUS-2



11.

SVERCHOK-4



ДП-5В

СХЕМА РАСКЛАДКИ ИНСТРУМЕНТА

1	Инструмент
2	Аккумуляторная батарея
3	Светодиод
4	Светодиодная трубка
5	Светодиод
6	Светодиод
7	Светодиод
8	Светодиод
9	Светодиод
10	Светодиод

ДП-5В
№

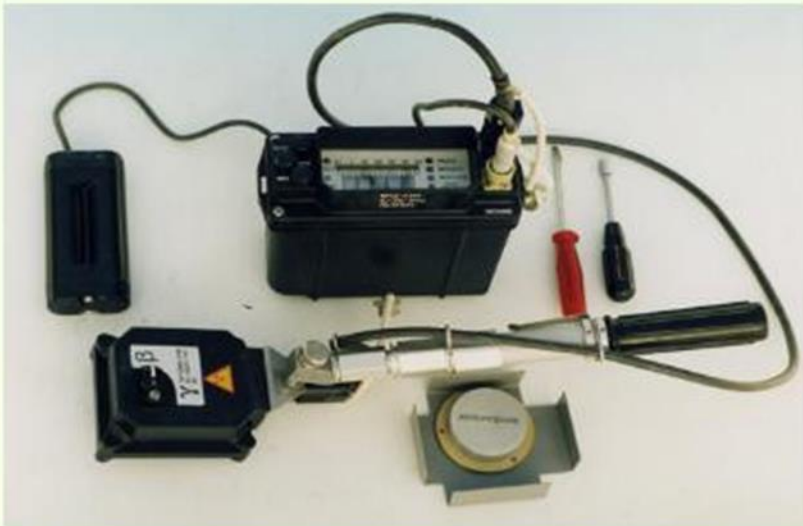
Измеритель мощности дозы ИМД-2НМ



Предназначен для определения мощности поглощенной дозы гамма-излучения, определения степени загрязненности поверхностей бета-активными веществами (плотность потока).

Прибор обеспечивает измерение:
мощности поглощенной дозы (в тканезквивалентном веществе с радиационной толщиной 1 г/см^2) гамма-излучения в диапазоне энергий от 0,08 до 3,0 МэВ;
плотности потока бета-излучения в диапазоне энергий бета-спектра от 0,3 до 3,0 МэВ.

Dose rate meter IMD-2NM



Designed to determine the absorbed dose rate of gamma radiation, to determine the degree of contamination of surfaces with beta-active substances (flux density).

The device provides measurement of:
absorbed dose rate (in tissue-equivalent substance with radiation thickness of 1 g/cm) of gamma radiation in the energy range from 0.08 to 3.0 MeV;
beta radiation flux density in the beta spectrum energy range from 0.3 to 3.0 MeV.

Радиометрический контроль
Radiation monitoring

Радиометрический контроль – это комплекс организационных и технических мероприятий по определению степени радиоактивного загрязнения людей, техники, территории, сельскохозяйственных животных и растений, а также других объектов, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Осуществляется с целью определить необходимость:

- проведения санитарной обработки личного состава аварийно-спасательных и других формирований и населения после выхода из зон радиоактивного загрязнения;
- дезактивации техники, зданий и сооружений, дорог, местности, одежды, материальных средств, обезвреживания продовольствия и воды,
- а также остаточный уровень радиоактивного загрязнения после проведения санитарной обработки и дезактивации.

Предусматривается сравнительная оценка измеренных величин степени загрязнённости с установленными допустимыми нормами.

Радиационный контроль. может проводиться непосредственно на объектах загрязнения, а также в лабораторных условиях при работе с пробами, взятыми с объектов загрязнения.

В первом случае это **полевой радиометрический контроль**, во втором – **лабораторный радиометрический контроль**.

Радиационный контроль личного состава аварийно-спасательных и других формирований и населения до и после санитарной обработки осуществляется на пунктах санитарной обработки.

Контроль радиоактивного загрязнения воды и продовольствия, как правило, производится в лабораториях.

Radiation monitoring is a set of organisational and technical measures to determine the degree of radioactive contamination of people, equipment, territory, farm animals and plants, as well as other objects exposed to radioactive contamination.

It is carried out in order to determine the necessity of:

- sanitary treatment of personnel of emergency rescue and other formations and the population after leaving the areas of radioactive contamination;
- decontamination of equipment, buildings and structures, roads, terrain, clothing, materiel, decontamination of food and water,
- as well as the residual level of radioactive contamination after decontamination.

Comparative assessment of measured values of contamination degree with established permissible norms is provided for.

Radiation monitoring can be carried out directly at contaminated objects, as well as in laboratory conditions when working with samples taken from contaminated objects.

In the first case it is **field radiation monitoring**, in the second case - **laboratory radiation monitoring**.

Radiation monitoring of personnel of emergency rescue and other formations and population before and after decontamination is carried out at decontamination stations.

Control of radioactive contamination of water and food is usually carried out in laboratories.

Приборы радиационного контроля

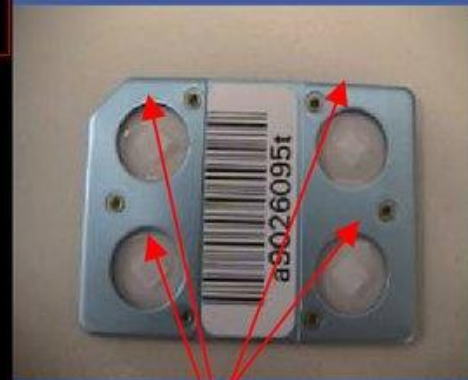
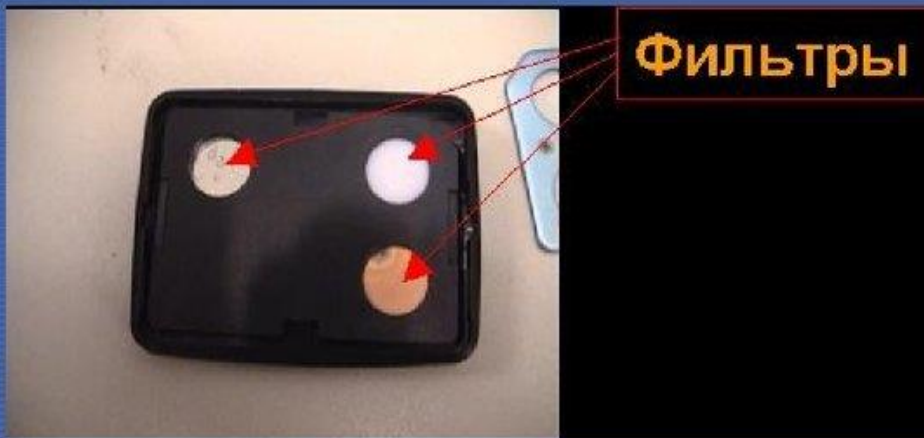
- Три основных типа приборов:
 1. Измерители накопленной дозы или дозиметры



$H_p(10)$

$H_p(3)$

$H_p(0,07)$



Radiation monitoring devices

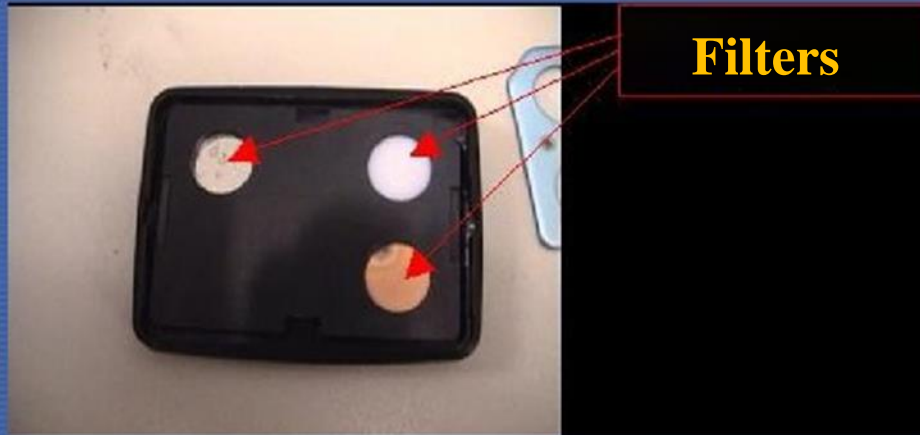
- Three main types of devices:
 1. Accumulated dose meters or dosimeters



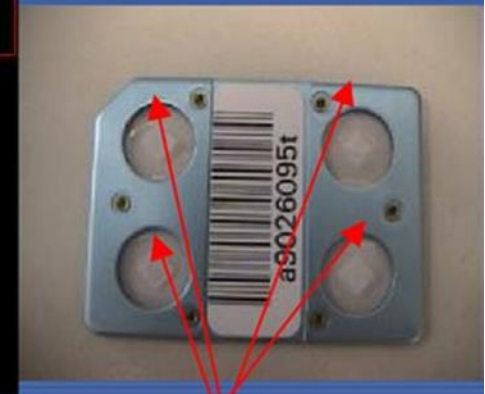
$H_p(10)$

$H_p(3)$

$H_p(0,07)$



Filters



Chips



Приборы для пешеходной гамма- съемки





Pedestrian gamma-ray survey devices



Радиационная разведка
Radiation reconnaissance

Радиационная разведка – это комплекс мероприятий по защите людей от радиационного поражения, который проводится с целью, своевременного обнаружения применения ядерного оружия или аварии на РОО и радиоактивного заражения местности, оповещения людей о радиационной опасности, обозначения радиоактивно зараженной местности знаками «Радиационная опасность».

Важность радиационной разведки обусловлена необходимостью оказания немедленной медицинской помощи в случае заражения людей, животных, а также определения объема санитарной обработки местности и оборудования.

Выбор правильной тактики в ситуации радиационного облучения зависит от того, насколько четкими и достоверными будут данные от разведывательных служб.

С этой целью используются различные технические приборы, которые всегда должны быть готовы к работе. На исходные данные оказывает влияние также квалификация, опыт разведчика или наблюдателя.



Radiation reconnaissance is a set of measures to protect people from radiation affection, which is carried out for the purpose of timely detection of the use of nuclear weapons or an accident at an RHO and radioactive contamination of the area, notification of people about radiation danger, marking radioactively contaminated areas with signs “Radiation Danger”.

The importance of radiation reconnaissance is due to the need to provide immediate medical assistance in case of contamination of people and animals, as well as to determine the scope of decontamination of the area and equipment.

The choice of the correct tactics in a radiation exposure situation depends on how clear and reliable the data from the intelligence services are.

Various technical instruments are used for this purpose and must always be ready for use. The initial data are also influenced by the qualifications and experience of the intelligence officer or observer.



Деятельность радиационной разведки подчинена задачам, от достижения которых зависит эффективность ликвидационных и обеззараживающих мероприятий.

К ним относятся:

- выявление участков территории, которые подверглись воздействию радиации. Доклад о сложившейся ситуации вышестоящему руководству.
- установление уровня мощности излучения и определение границ радиоактивной зоны;
- в случае необходимости разведка отыскивает безопасные обходные пути;
- постоянное наблюдение за динамикой радиационного поля, фиксация любых изменений;
- регистрация погодных явлений, их оценка;
- осуществление дозиметрического контроля всего личного состава разведывательной службы после их выхода из опасной зоны;
- периодическая передача в лабораторию взятых проб воды, местного грунта, растительности, а также смывки с оборудования, техники и сооружения.



Radiation reconnaissance activities are subordinate to the objectives on the achievement of which the effectiveness of response and decontamination activities depends.

These include:

- **identification of areas of the territory that have been exposed to radiation. Reporting the situation to higher authorities.**
- **establishing the radiation power level and defining the boundaries of the radioactive area;**
- **if necessary, intelligence service finds safe bypass routes;**
- **constant observation of the radiation field dynamics, recording any changes;**
- **registration of weather phenomena, their assessment;**
- **implementation of dosimetry monitoring of all personnel of the intelligence service after their exit from the danger area;**
- **periodic transfer to the laboratory of samples of water, local soil, vegetation, as well as washings from equipment, machinery and structures.**



Для того чтобы избежать повторного загрязнения радиоактивными веществами, в зонах осуществления разведывательных мероприятий создаются наблюдательные пункты.

Они также ведут наблюдение за погодной обстановкой, так как любое изменение силы или направления ветра, выпадение осадков может изменить радиационную обстановку.

Задача пунктов при выявлении токсичной опасности или изменения движения зараженного облака подать оповестительный сигнал.

Они оснащены всеми необходимыми приборами контроля и наблюдения, включая дозиметрический контроль и средств связи.

Обязанностями наблюдательного пункта также является ведение журнала, в котором ведется регистрация всех параметров радиационной обстановки.

Для обеспечения безопасности специалистов разведывательные мероприятия чаще всего осуществляются в одно время с пожарной разведкой.

При необходимости и при согласии администрации опасного объекта в состав пожарной разведгруппы включается дозиметрист из числа работников АЭС.

Кроме того, в особых случаях в состав радиационной разведки могут входить специалисты Росгидромета, разведчики Минобороны РФ и гражданской обороны, а также привлекаться аварийно-спасательные службы.

In order to avoid re-contamination with radioactive substances, observation stations are established in the areas where reconnaissance activities are carried out.

They also monitor the weather situation, as any change in wind strength or direction, precipitation can change the radiation situation.

The task of the stations is to give a warning signal when a toxic hazard or a change in the movement of a contaminated cloud is detected.

They are equipped with all necessary control and monitoring devices, including dosimetry monitoring and communication means.

The observation station is also responsible for keeping a logbook in which all parameters of the radiation situation are recorded.

To ensure the safety of specialists, reconnaissance activities are most often carried out at the same time as fire reconnaissance.

If necessary and with the consent of the administration of the hazardous facility, a dosimetrist from among NPP employees is included in the fire reconnaissance team.

In addition, in special cases, radiation reconnaissance may include specialists from the Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet), intelligence officers of the Ministry of Defence of the Russian Federation and civil defence, as well as emergency rescue services.

В городах или жилых зонах разведка осуществляется в переулках и на улицах.

Для обследования большой территории привлекается воздушный и(или) наземный транспорт. В большинстве случаев, осуществляется пешим способом.

3 вида радиационной разведки:

Для *воздушного способа* используются самолеты и вертолеты, имеющие специальное оборудование.

Наземная транспортная разведка осуществляется с помощью машин типа УАЗ-469рх, БРДМ-2рх, РХМ.

На зонах с высоким уровнем радиации используются специальные инженерные автомобили вида «Комплект». Они имеют дополнительное защитное оборудование.

Состав разведывательной группы определяется в зависимости от площади исследуемой местности и времени, которое устанавливается для каждой вылазки.

Все полученные данные заносятся в журнал и на план – схеме.

При ведении разведки из автомобиля учитывается и уровень излучения, исходящего от самой машины. В данной ситуации учитывается коэффициент ослабления.

Главным правилом наземной разведки является соблюдение указанного времени пребывания в опасной зоне. Поскольку возможно облучение автомобиля до такого критического уровня, который станет влиять на показания приборов.

Пешие подразделения проводят исследование в труднодоступных для транспорта местах, а также в населенных пунктах, где невозможно провести полную разведку местности на автомобиле.

В таком случае осуществляется непрерывный замер уровня радиации. Маршрут планируется заблаговременно

In cities or residential areas, reconnaissance is carried out in alleys and streets.

Air and/or ground transport is used to survey a large area. In most cases, it is carried out on foot.

3 types of radiation reconnaissance:

Air method uses aeroplanes and helicopters with special equipment.

Ground transport reconnaissance is carried out using vehicles such as UAZ-469rh, BRDM-2rh, RHM.

In areas with high radiation levels, special engineering vehicles of the “Komplekt” type are used. They have additional protective equipment.

The composition of the reconnaissance team is determined depending on the area under investigation and the time set for each sortie.

All the data received is recorded in the logbook and on the plan.

When conducting reconnaissance from a vehicle, the level of radiation emanating from the vehicle itself is also taken into account. In this situation, a relaxation factor is taken into account.

The main rule of ground reconnaissance is to observe the specified time of stay in the danger zone. Since it is possible to expose the vehicle to a critical level of radiation that will affect instrument readings.

Units on foot conduct reconnaissance in areas that are difficult to access by vehicle, as well as in populated areas where it is impossible to conduct a full reconnaissance of the terrain by vehicle.

In such a case, radiation levels are measured continuously. The route is planned in advance



Ан-24РР - самолёт радиационной разведки.

На борту имеет радиометрическое и химическое спецоборудование, рабочие места операторов в салоне, фильтрогондолы и ковшовый бур для забора проб.

В 1967-1968гг переоборудовано 4 самолёта, которые вошли в службу спецконтроля МО.

Самолёт-лаборатория Ан-24РР №03 привлекался к работам по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986г. Был приписан к сформированной 367 отдельной специальной авиационной эскадрилье. Дополнительно была установлена высокочувствительная аппаратура, регистрирующая слабоинтенсивные поля гамма-излучения.



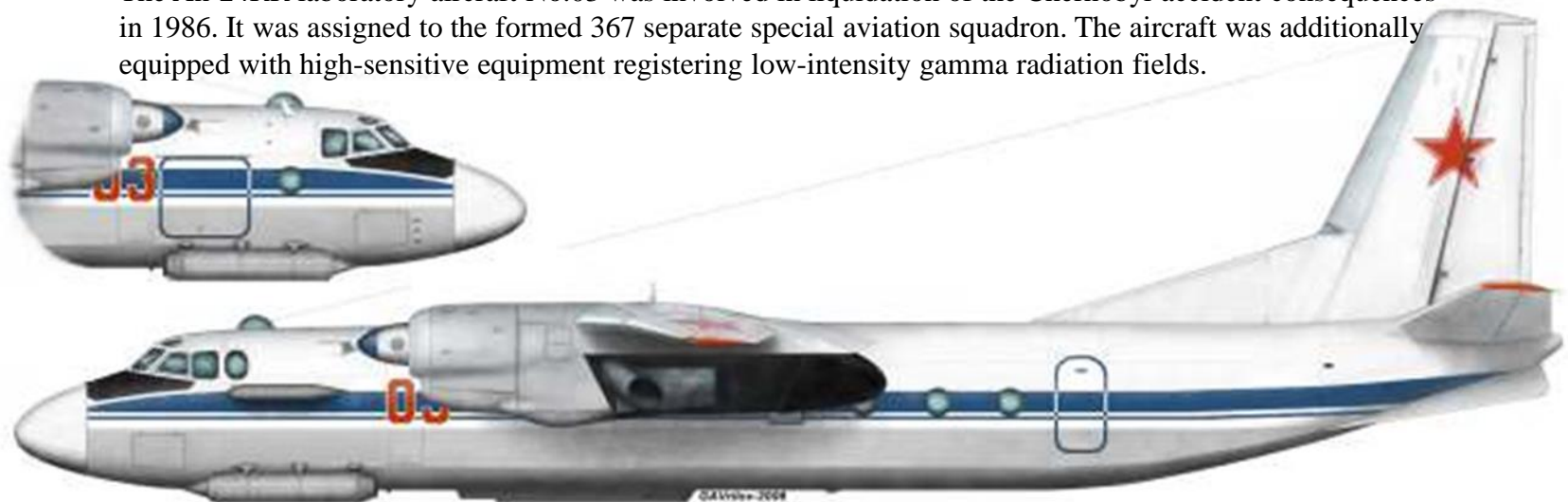


An-24RR is a radiation reconnaissance aircraft.

On board it has radiometric and chemical special equipment, operators' workplaces in the cabin, filtrogondolas and bucket drill for sampling.

In 1967-1968 4 aircrafts were re-equipped and became part of the special control service of the Ministry of Defence.

The An-24RR laboratory aircraft No.03 was involved in liquidation of the Chernobyl accident consequences in 1986. It was assigned to the formed 367 separate special aviation squadron. The aircraft was additionally equipped with high-sensitive equipment registering low-intensity gamma radiation fields.



УАЗ-469 рх



Предназначена для ведения радиационной, химической и неспецифической биологической разведки.

UAZ-469 rh



Designed for conducting radiation, chemical and non-specific biological reconnaissance.



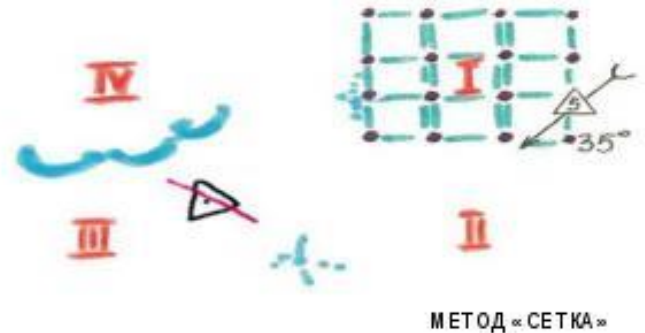
**БРДМ-2рх
BRDM-2rh**



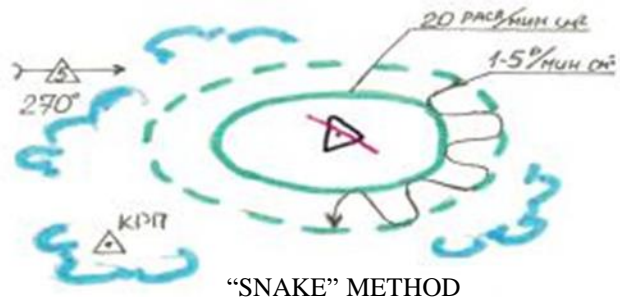
PXM
RHM



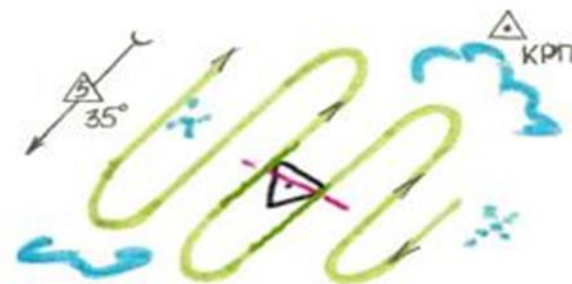
МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ



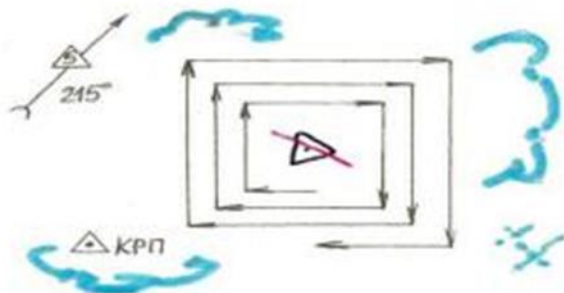
RADIATION RECONNAISSANCE METHODS



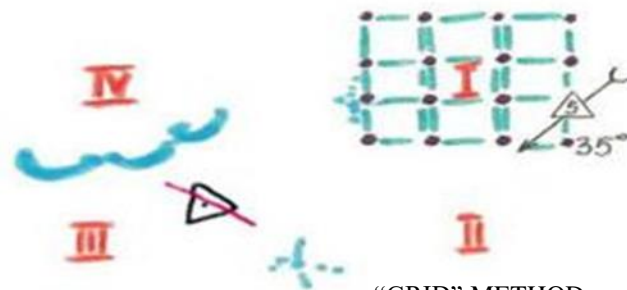
"SNAKE" METHOD



"PARALLEL TACKING" METHOD



"DIVERGENCE BOX" METHOD



"GRID" METHOD

По мере проведения разведки в схему местности вносятся поправки и фиксируются места, где осуществлены заборы проб окружающей среды.

На территориях, прилегающих к детским и учебным учреждениям, разведка проводится по диагонали. Отбор проб проводится одновременно в 3 различных точках.

При обнаружении предельно высоких доз радиации площадь, начиная с пограничной зоны, ограждается специальной лентой и предупреждающими знаками.

Последние замеры вместе со всеми взятыми пробами, схемами и журналами отправляются в соответствующие организации.

Они проводят анализ и составляют план действий, направленных на обеспечение безопасности населения от радиационного облучения. Кроме того принимается решение о мерах, которые будут способствовать нормализации

As the reconnaissance is carried out, the site layout is amended and the locations where environmental sampling has been carried out are recorded.

In areas adjacent to children's and educational institutions, reconnaissance is conducted diagonally. Sampling is carried out simultaneously at 3 different points.

When extremely high radiation doses are detected, the area starting from the border area is fenced off with special tape and warning signs.

The last measurements together with all the samples taken, diagrams and logs are sent to the relevant organisations.

They analyse and draw up an action plan aimed at ensuring the safety of the population from radiation exposure. In addition, a decision is made on the measures that will contribute to normalization

Вопрос 5 Краткая характеристика АХОВ и характер вызываемых ими поражений людей

Question 5 Brief description of accidentally chemically hazardous substance and the nature of the injuries caused by them

В промышленных масштабах в стране производится и используется более 30 тыс. химических соединений, однако анализ произошедших ЧС показывает, что в основном аварии происходят с 30-40 наиболее распространенными веществами.

Число аварий с каждым годом увеличивается. В целом в мире число крупных аварий удваивается каждые 10 лет.

В нашей стране в 50% случаев их причиной являются “отказы” оборудования, в 38% - ошибки операторов, в 6% - ошибки при проектировании химического производства.



More than 30 thousand chemical compounds are produced and used on an industrial scale in Russia, but the analysis of accidents shows that accidents mainly occur with 30-40 most common substances.

The number of accidents is increasing every year. In general, the number of major accidents in the world doubles every 10 years.

In our country, in 50% of cases they are caused by equipment "failures", in 38% - by operator errors, in 6% - by errors in the design of chemical production.



Опасное химическое вещество - токсическое вещество, которое наиболее вероятно может явиться причиной химической чрезвычайной ситуации.

Химическая авария - непланируемый и неуправляемый выброс (пролив, россыпь, утечка) опасных химических веществ, вызывающих отрицательное действие на человека и окружающую среду.

Химические соединения (вещества), которые в определенных количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе или на местности, могут оказывать вредное влияние на людей, сельскохозяйственных животных и культурные растения, вызывая у них различные степени поражения, в том числе и смертельные, называются аварийно химически опасными веществами (АХОВ).

Объекты, на которых хранятся, используются, производятся и транспортируются АХОВ, относят к **химически опасным объектам** (ХОО).

В каждом населенном пункте, где имеется водопроводная сеть, есть хлор для обеззараживания воды, а где есть объекты пищевой промышленности - аммиак (хладагент).

АХОВ могут храниться или находиться в емкостях или в системе замкнутого технологического контура. Они могут транспортироваться (перевозиться) железнодорожным, автомобильным транспортом или по трубопроводам.

В связи с тем, что каждая авария антропогенна, к персоналу, создающему и эксплуатирующему производства с потенциальной возможностью возникновения химических аварий, должны предъявляться не только особые требования по профессиональной подготовке, но и проводиться строгий психофизиологический отбор.

Hazardous chemical - a toxic substance that is most likely to cause a chemical emergency.

Chemical accident - unplanned and uncontrolled release (spill, placer, leak) of hazardous chemicals causing adverse effects on humans and the environment.

Chemical compounds (substances), which in certain quantities exceeding the maximum permissible concentrations (MPC) in the air or on the ground, can have a harmful effect on people, farm animals and crop plants, causing them various degrees of injuries, including lethal, are called accidentally chemically hazardous substance (ACHS).

Facilities that store, use, produce and transport ACHS are classified as ***chemically hazardous facilities*** (CHF).

Every community with a water supply has chlorine for water disinfection and every community with a food processing facility has ammonia (refrigerant).

AHC may be stored or located in tanks or in a closed process loop system. They can be transported (shipped) by rail, road or pipeline.

Due to the fact that each accident is anthropogenic, personnel who create and operate facilities with the potential for chemical accidents should be subjected not only to special requirements for professional training, but also to strict psychophysiological selection.

По скорости развития патологических нарушений и, следовательно, формирования санитарных потерь, все химические вещества, являющиеся причиной аварии, подразделяются на две основные группы.

К *первой группе* относятся вещества *быстрого действия*.

Развитие симптомов интоксикации при этом наблюдается в течение нескольких минут. К веществам этой группы относятся синильная кислота, акрилонитрил, сероводород, оксид углерода, окислы азота, хлор и аммиак в высокой концентрации, инсектициды, фосфорорганические соединения и др.

К *второй группе* относятся вещества *замедленного действия* с развитием симптомов интоксикации в течение нескольких часов (динитрофенол, диметилсульфат, метилбромид, метилхлорид, оксихлорид фосфора, окись этилена, треххлористый фосфор, фосген, хлорид серы, этиленхлорид, этиленфторид и др.).

Из этой группы веществ некоторые авторы особо выделяют вещества медленного действия с развитием симптомов интоксикации в срок до двух недель, к которым можно отнести металлы, диоксины и некоторые другие вещества.

According to the speed of development of pathological disorders and, consequently, the formation of sanitary losses, all chemical substances that are the cause of the accident are divided into two main groups.

The *first group* includes substances of *rapid action*.

The development of intoxication symptoms is observed within a few minutes. The substances of this group include hydrocyanic acid, acrylonitrile, hydrogen sulphide, carbon monoxide, nitrogen oxides, chlorine and ammonia in high concentration, insecticides, organophosphorus compounds, and others.

The *second group* includes substances of *delayed action* with the development of symptoms of intoxication within a few hours (dinitrophenol, dimethyl sulphate, methyl bromide, methyl chloride, phosphorus oxychloride, ethylene oxide, phosphorus trichloride, phosgene, sulphur chloride, ethylene chloride, ethylene fluoride, etc.).

Of this group of substances, some authors emphasise slow-acting substances with the development of intoxication symptoms within two weeks, which include metals, dioxins and some other substances.

Осуществление мероприятий по прогнозированию и ликвидации медико-санитарных последствий химических аварий базируется на выявлении, анализе и использовании аварийной опасности основного поражающего фактора ЧС- химического вещества.

Основными токсиколого-гигиеническими критериями при оценке опасности химических веществ в авариях являются:

- способность химических веществ к быстрому распространению в окружающей среде и созданию высоких, опасных для жизни и здоровья людей уровней аварийного загрязнения;**
- преимущественно ингаляционный, кожный и в меньшей степени пероральный пути поступления химических веществ в организм человека;**
- хронометрический фактор воздействия химических веществ, отражающий скорость формирования санитарных потерь;**
- возможность представления показателей опасности в виде количественных однозначных оценочных характеристик, удовлетворяющих отечественным и зарубежным требованиям;**
- доступность получения информации и дифференцированность ее использования в зависимости от задач службы медицины катастроф федерального, межрегионального или регионального уровней.**

The implementation of measures to predict and eliminate medical and sanitary consequences of chemical accidents is based on the identification, analysis and use of the emergency hazard of the main striking factor of the emergency - chemical substances.

The main toxicological-hygienic criteria in assessing the danger of chemical substances in accidents are:

- ability of chemical substances to rapidly spread in the environment and create high, dangerous for life and health of people levels of accidental pollution;**
- predominantly inhalation, dermal and, to a lesser extent, oral routes of entry of chemicals into the human body;**
- chronometric factor of exposure to chemicals, reflecting the speed of formation of sanitary losses;**
- possibility of presenting hazard indicators in the form of quantitative unambiguous evaluation characteristics that meet domestic and foreign requirements;**
- availability of information and differentiation of its use depending on the tasks of the disaster medicine service of federal, interregional or regional levels.**

Показатели опасности ОВ

Показатели опасности химических веществ при авариях подразделяются на три основные категории:

- **к первой категории** относятся показатели опасности, обусловленные физико-химическими свойствами веществ, которые определяют стойкость очага поражения, создание в нем высоких концентраций, возможность вторичного заражения за счет испарения с одежды и кожных покровов, реакционная способность.

Это такие характеристики веществ как температура кипения, температура плавления, плотность, давление паров, растворимость, опасные химические реакции и другие

- **ко второй категории** принадлежат показатели, обуславливающие опасность химических веществ при пожарах и взрывах: показатели воспламенения и самовоспламенения, распространения пламени, способность взрываться и гореть при взаимном контакте веществ и другие

- **третью категорию** составляют показатели, содержащие информацию о путях, уровнях и времени аварийного токсического действия химических веществ в организме.

Это показатели острой токсичности на смертельных и пороговых уровнях воздействия, показатели раздражающего действия на органы дыхания, слизистые оболочки глаз и кожных покровов, аварийные гигиенические регламенты и другие

Hazard indicators of poisonous substances

Hazard indicators of chemical substances in accidents are divided into three main categories:

- **the first category** includes hazard indicators determined by the physical and chemical properties of substances, which determine the persistence of the center of the affected area, the creation of high concentrations in it, the possibility of secondary contamination due to evaporation from clothing and skin, and reactivity.

These are such characteristics of substances as boiling point, melting point, density, vapour pressure, solubility, hazardous chemical reactions and others

- **the second category** includes indicators that determine the danger of chemicals in fires and explosions: indicators of ignition and self-ignition, flame propagation, ability to explode and burn at mutual contact of substances and others.

- **the third category** consists of indicators containing information on pathways, levels and time of accidental toxic effect of chemical substances in the organism.

These are indicators of acute toxicity at lethal and threshold levels of exposure, indicators of irritant effect on respiratory organs, mucous membranes of eyes and skin, emergency hygienic regulations and others

Для повышения готовности СМК МЗ к действиям по ликвидации медико-санитарных последствий химических аварий необходимо осуществлять целенаправленный отбор химических веществ с учетом показателей их аварийной опасности.

Проведенные аналитические исследования позволяют разработать поэтапную российскую систему отбора химических веществ, опасных при авариях.

На первоначальном этапе создается и внедряется в практическую деятельность СМК первоочередной список АХОВ. В дальнейшем следует вырабатывать на основании отечественного и зарубежного опыта единые квалификационные признаки всех категорий аварийной опасности и формировать национальный перечень АОХВ.

Критериями отбора веществ в первоочередной список служили:

- принадлежность вещества к потенциально опасным при аварии, преимущественно при ингаляционном поступлении;**
- наличие вещества, производимого, используемого, хранящегося или транспортируемого в количествах, которые превышают нормативы безопасности, что обуславливает возможность массовых поражений людей;**
- отнесение вещества к соединениям, которые по статистическим данным послужили за последние годы причинами чрезвычайных ситуаций**

In order to increase the readiness of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Health of the Russian Federation for actions to eliminate the medical and sanitary consequences of chemical accidents, it is necessary to carry out a targeted selection of chemical substances taking into account the indicators of their accidental hazard.

The analyses conducted allow to develop a step-by-step Russian system of selection of chemical substances hazardous in accidents.

At the initial stage the priority list of ACHS is created and introduced into the practical activity of the Disaster Medicine Service. In the future it is necessary to develop, based on domestic and foreign experience, unified qualification characteristics of all categories of accident hazards and to form a national list of AHC.

The criteria for selection of substances to the priority list were:

- **belonging of the substance to potentially hazardous substances in case of an accident, mainly in case of inhalation;**
- **the presence of a substance produced, used, stored or transported in quantities that exceed safety standards, which causes the possibility of mass casualties;**
- **categorisation of the substance as one of the compounds that, according to statistical data, have caused emergencies in recent years.**

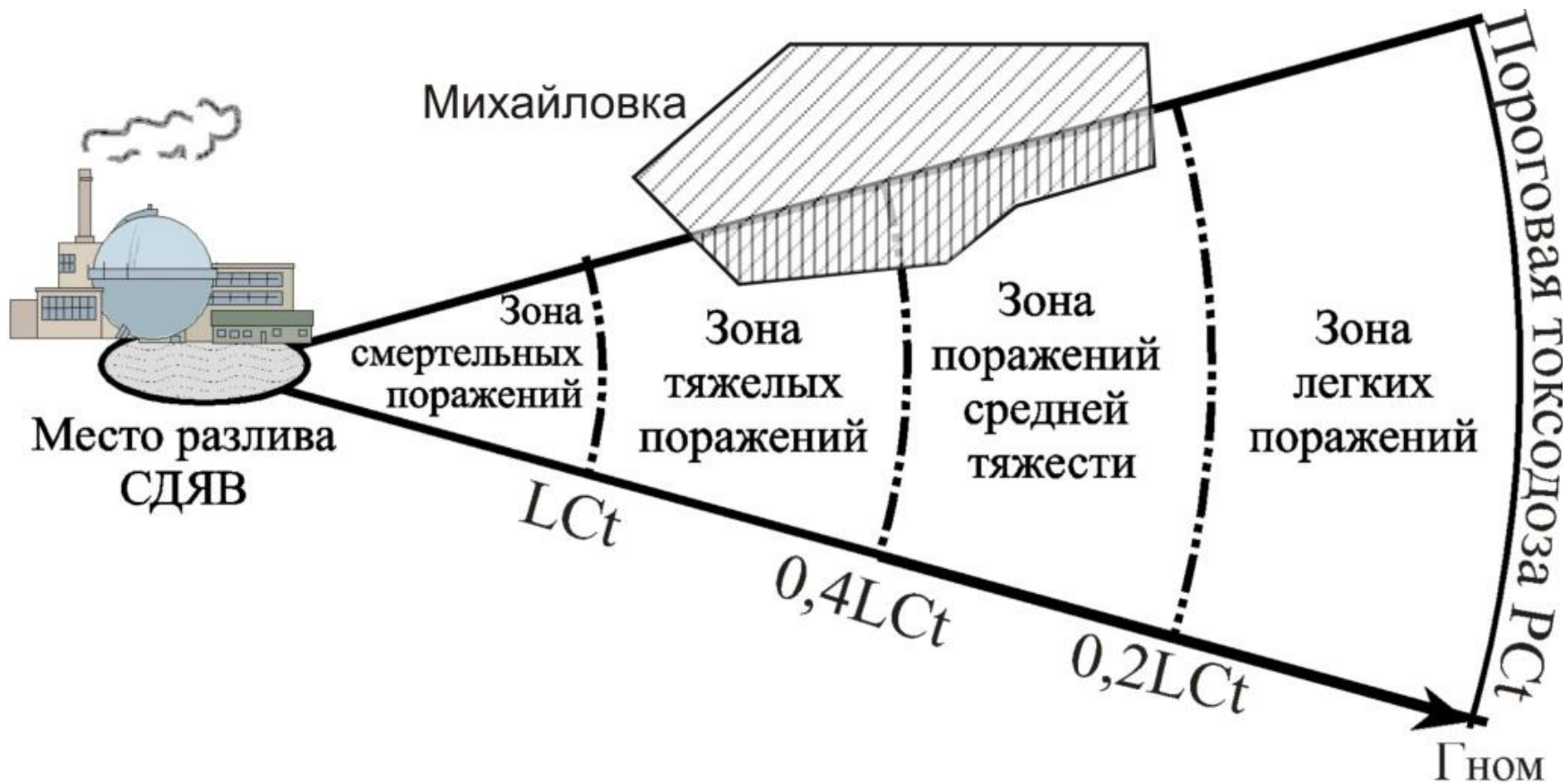
Первоочередной список АХОВ

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Хлор.2. Аммиак.3. Серная кислота.4. Фтористоводородная кислота.5. Соляная кислота.6. Азотная кислота.7. Четыреххлористый углерод.8. Дихлорэтан.9. Фосген.10. ФОС.11. Оксид углерода.12. Сероводород.13. Сероуглерод.14. Синильная кислота.15. Сернистый ангидрид.16. Метил хлористый. | <ol style="list-style-type: none">17. Формальдегид.18. Метил бромистый.19. Диметиламин.20. Фосфор треххлористый.21. Окись этилена.22. Хлорпикрин.23. Хлорциан.24. Метилакрил.25. Фосфора хлорокись.26. Триметиламин.27. Этилендиамин.28. Ацетонциангидрин.29. Ацетонитрил.30. Метиловый спирт.31. Гидразин и его производные. |
|---|---|

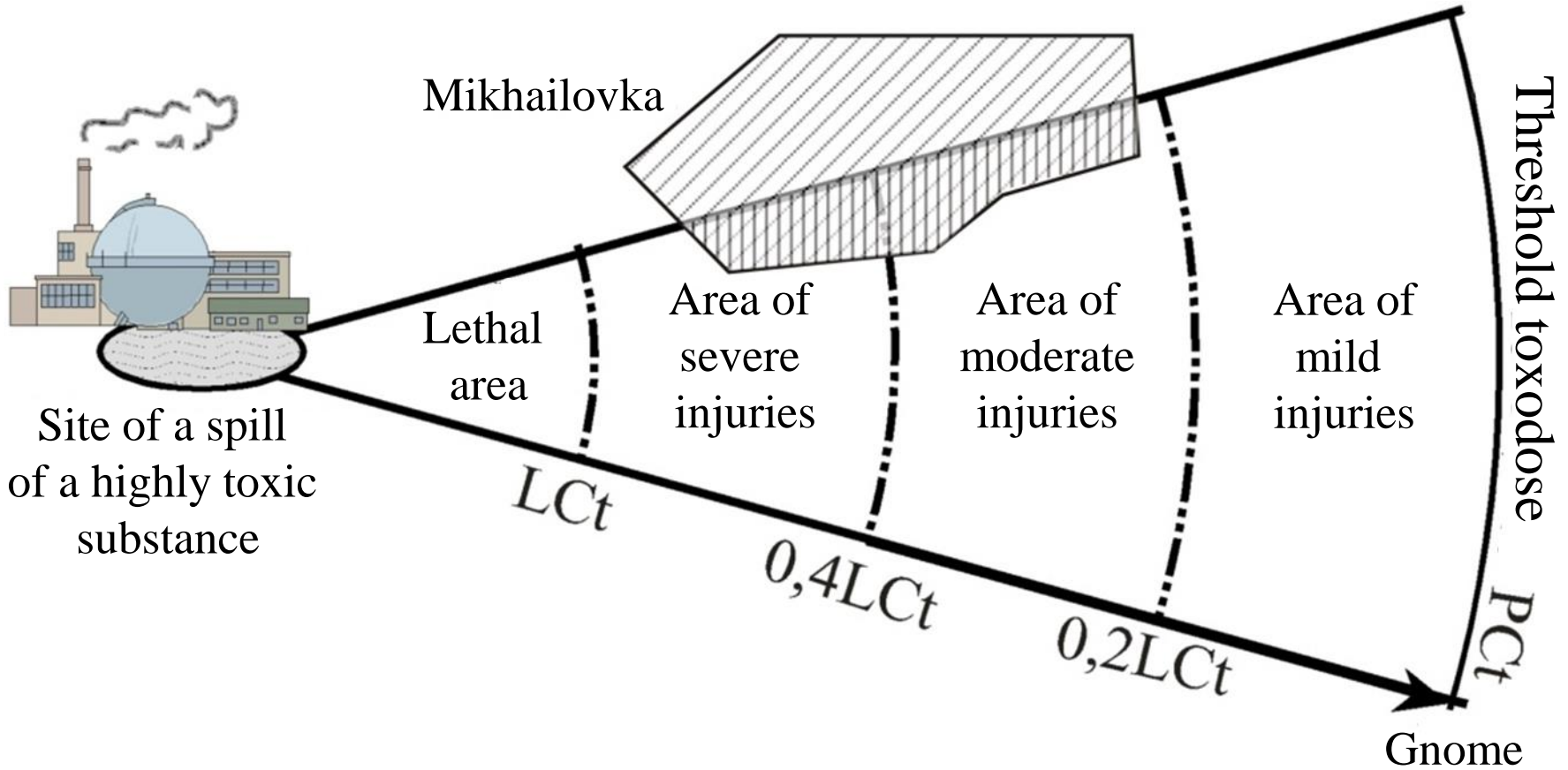
Priority list of ACHS

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Chlorine.2. Ammonia.3. Sulphuric acid.4. Hydrofluoric acid.5. Hydrochloric acid.6. Nitric acid.7. Carbon tetrachloride.8. Dichloroethane.9. Phosgene.10. Organophosphorus compound.11. Carbon monoxide.12. Hydrogen sulphide.13. Carbon sulphide.14. Hydrocyanic acid.15. Sulphur dioxide.16. Methyl chloride. | <ol style="list-style-type: none">17. Formaldehyde.18. Methyl bromide.19. Dimethylamine.20. Phosphorus trichloride.21. Ethylene oxide.22. Chloropicrin.23. Chlorocyanine.24. Methylacryl.25. Phosphorus chloroxide.26. Trimethylamine.27. Ethylenediamine.28. Acetone cyanohydrin.29. Acetonitrile.30. Methyl alcohol.31. Hydrazine and its derivatives. |
|--|--|

Зоны химического поражения



Areas of chemical affection



Наличие в РФ большого числа ХОО создает угрозу возникновения крупномасштабных аварий.

Статистика свидетельствует, что на территории России число таких аварий ежегодно исчисляется сотнями.

За последние 40 лет наиболее крупные аварии на территории СССР и России произошли:

- в г. Дзержинске (1961 г., разрыв хлоропровода, 44 пораженных),
- г. Кемерово (1983 г., повреждение цистерны с хлором, 230 пораженных, из них 26 смертельно),
- г. Ионава (1989 г., разрушение емкости с аммиаком и окислами азота, 57 пораженных различной степени и 7 - смертельно),
- г. Хабаровске (1997 г., горение гексахлормеламина, 238 пораженных, 1-смертельно).

При аварии (разрушении) на ХОО происходит выброс (пролив, утечка) АХОВ, что приводит к образованию облака (первичного или вторичного).

Место выброса (пролива, россыпи, утечки) опасного химического вещества называется *очагом химической аварии*.

При выбросе АХОВ в газообразном состоянии образуется *первичное облако*, а при проливе (утечке) АХОВ и в результате его последующего испарения - *вторичное облако*. Облако АХОВ перемещается преимущественно по направлению ветра, образуя зону заражения.

The presence of a large number of chemically hazardous facilities (CHF) in the Russian Federation creates a threat of large-scale accidents.

The statistics shows that the number of such accidents in Russia is hundreds annually.

Over the last 40 years, the largest accidents on the territory of the USSR and Russia occurred:

- in the city of Dzerzhinsk (1961, rupture of a chlorine pipeline, 44 people injured),
- the city of Kemerovo (1983, damage to a chlorine tank, 230 people affected, 26 of them fatally),
- the city of Ionava (1989, destruction of a tank with ammonia and nitrogen oxides, 57 people were affected to various degrees and 7 fatally),
- the city of Khabarovsk (1997, burning of hexachloromelamine, 238 affected, 1 fatally).

In the event of an accident (destruction) at a CHF, a release (spill, leak) of a ACHS occurs, resulting in the formation of a cloud (primary or secondary).

The place of release (spill, placer, leak) of a hazardous chemical substance is called a *chemical accident center*.

At release of AHC in a gaseous state a *primary cloud* is formed, and at spillage (leakage) of AHC and as a result of its subsequent vaporisation - a *secondary cloud*. The AHC cloud moves mainly along the wind direction, forming a contamination area.

Зоной химического загрязнения (заражения) называется территория с находящимися на ней населенными пунктами, в пределах которой распространены АХОВ в количествах, создающих в пределах определенного периода возможность поражения людей, животных и растений, находящихся на данной территории.

Зона загрязнения, концентрация АХОВ в которой равна или менее ПДК, является безопасной.

Ее внешние границы с подветренной стороны находятся на максимальном удалении от очага химической аварии, с наветренной стороны - за очагом и по вектору, перпендикулярному направлению ветра (оси следа облака); таким образом, путь до безопасной зоны оказывается наименьшим.

Именно в этом направлении должен быть организован вывоз, вынос (выход) пораженных из очага химического поражения, и может быть развернут пункт сбора пораженных, пункт оказания медицинской помощи.

Очагом химического поражения (ОХП) называется территория, в пределах которой в результате воздействия АХОВ произошло заражение техники, транспорта и других объектов, массовое поражение населения, животных и растений. ОХП является частью зоны химического заражения,

Район химической аварии - это территория, непосредственно прилегающая к очагу аварии (разрушения) на ХОО, где создается наибольшая концентрация АХОВ и возникает наибольшая опасность поражения людей, животных и растений.

Район распространения зараженного воздуха - это территория, на которую распространился воздух под воздействием ветра с учетом метеорологических, топографических и других условий.

The chemical pollution (contamination) area is the territory with settlements located on it, within which the ACHS are spread in the quantities, creating within a certain period of time the possibility of affecting people, animals and plants located on this territory.

The pollution area, the concentration of AHC in which is equal or less than MPC, is safe.

Its outer boundaries on the leeward side are at the maximum distance from the chemical accident center, on the windward side - behind the center and along the vector perpendicular to the wind direction (axis of the cloud trace); thus, the path to the safe area is the shortest.

It is in this direction that the carrying out (exit) of the affected people from the chemical accident center should be organised, and a collecting point for the affected and a medical aid point can be deployed.

A ***chemical contamination center (CCC)*** is an area within which, as a result of exposure to ACHS, contamination of equipment, transport and other facilities, mass casualties of the population, animals and plants have occurred. The CCC is a part of the chemical contamination area,

An ***area of chemical accident*** is the territory immediately adjacent to the center of accident (destruction) at the CHF, where the greatest concentration of AHC is created and the greatest danger of affecting people, animals and plants arises.

An ***area of contaminated air spreading*** is the territory where the air spreads under the influence of wind, taking into account meteorological, topographical and other conditions.

Классификация очагов аварии

Для полной характеристики очагов химического поражения необходимо учитывать свойства веществ, определяющие стойкость очага, степень опасности химического загрязнения, возможность вторичного поражения.

В зависимости от продолжительности загрязнения местности и быстроты действия токсического агента на организм ОХП подразделяются на 4 вида:

- нестойкий очаг поражения быстродействующими веществами;
- стойкий очаг поражения быстродействующими веществами;
- нестойкий очаг поражения медленнодействующими веществами;
- стойкий очаг поражения медленнодействующими веществами.

В результате аварии с выбросом АХОВ образуется очаг химического заражения



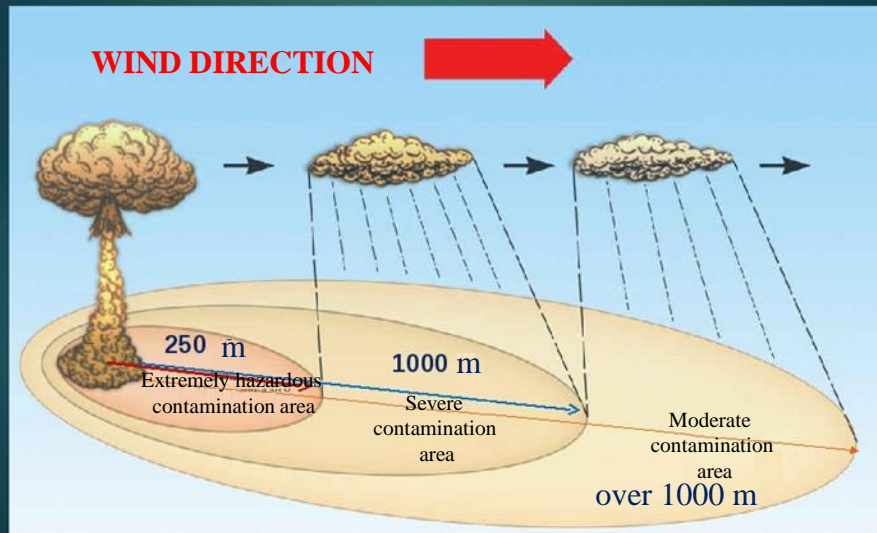
Classification of accident centers

For complete characterisation of chemical contamination center it is necessary to take into account the properties of substances that determine the persistence of the center, the degree of danger of chemical pollution, the possibility of secondary damage.

Depending on the duration of contamination of the area and the rapidity of action of the toxic agent on the organism, CCC are divided into 4 types:

- unstable contamination center with fast-acting substances;
- persistent contamination center with fast-acting substances;
- non-persistent contamination center with slow-acting agents;
- a persistent contamination center with slow-acting substances.

A chemical contamination center is formed as a result of an accident involving the release of hazardous chemicals



Химическая разведка

Обычно сразу после аварии СМК организует санитарно-химическую разведку.

К ней привлекают специалистов - гигиениста, токсиколога и химика-аналитика. Ее цель – определение участков вероятного скопления АХОВ (подвалы, колодцы, плохо проветриваемые помещения и т.п.) и мест возможного укрытия населения, определение величины и структуры потерь населения, условия медико-санитарного обеспечения.

Оценка степени загрязненности окружающей среды проводится методами экспресс-анализа токсичных веществ на месте с помощью портативных приборов (ПХР-МВ, МПХР и т.д.), переносных и подвижных лабораторий, а также путем отбора проб воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов и смывов с поверхности.

Отобранные пробы доставляются в стационарную лабораторию для дальнейшего исследования, уточнения и подтверждения данных экспресс-анализа.

Выбор аналитической аппаратуры и комплектация переносных и подвижных лабораторий определяются предполагаемым перечнем АОВ для региона, территории или объекта.

При оценке химической обстановки для службы медицины катастроф необходимы следующие сведения: предельное время пребывания в загрязненной зоне, вид средств индивидуальной защиты, степень их использования, способы дегазации и степень ее эффективности, первоочередные лечебные мероприятия. При необходимости решается вопрос об эвакуации.

Chemical reconnaissance

Usually, immediately after an accident, the Disaster Medicine Service organises a sanitary-chemical survey.

It involves specialists - a hygienist, a toxicologist and an analytical chemist. Its purpose is to identify areas of probable accumulation of ACHS (basements, wells, poorly ventilated rooms, etc.) and places of possible shelter for the population, to determine the size and structure of population losses, and the conditions of medical and sanitary support.

Assessment of the degree of environmental contamination is carried out by methods of express analysis of toxic substances on site using portable devices (Chemical reconnaissance device for medical and veterinary services - PKhR-MV, Medical chemical reconnaissance device - MPKhR, etc.), portable and mobile laboratories, as well as by sampling of air, water, soil, food products and surface washes.

The collected samples are transported to the stationary laboratory for further investigation, clarification and confirmation of the rapid analysis data.

The choice of analytical equipment and equipment of portable and mobile laboratories is determined by the expected list of ACHS for the region, territory or facility.

When assessing the chemical situation, the following information is necessary for the disaster medicine service: maximum time of stay in the contaminated area, type of personal protective equipment, degree of its use, methods of decontamination and degree of its efficiency, first-priority treatment measures.

If necessary, the issue of evacuation is considered.



BIIXP
Military chemical reconnaissance device, VPKhR

ПХР-МВ



Chemical reconnaissance device for medical and veterinary services, PKhR-MV



MIIXP
Medical chemical reconnaissance device - MPKhR



**Индикаторные трубки
Indicator tubes**



PXM - C
Chemical reconnaissance vehicle, RKhM-C



БРДМ - 2 рхб
Armoured reconnaissance and patrol vehicle, BRDM - 2 rhb



УАЗ - 469 рхб
UAZ - 469 rhb



PXM - 4 - 01
Chemical reconnaissance vehicle, RKhM - 4 - 01



**Комплекс дистанционной
химической разведки КДХР
Remote chemical reconnaissance
complex KDKhR**



**Машина дистанционной
радиационной разведки КУЧУМ-1
Remote radiation reconnaissance
vehicle KUCHUM-1**