

IAEA Specialists' Meeting on
"Instrumentation and Equipment for Monitoring and Controlling NPP Post-Accident
Situations"

Dimitrovgrad, Russian Federation, 12-15 September 1995.

**RADIOLOGICAL CONSEQUENCES COMPUTER CODE AS
EMERGENCY OPERATOR HELP IN CASE OF FISSION
PRODUCTS RELEASE DURING
REACTOR ACCIDENT**

**Kizin V.D., Efarov S.A., Shkokov E.I., Yakshin E.K.,
State Scientific Centre Research Institute of Atomic Reactors,
Dimitrovgrad, Russian Federation**

Seven research nuclear reactors are situated on the territory of SSC RIAR. Permanent work is carried out to improve the safety of reactor operation and to correct somehow actions of radiation accidents.

This report is dedicated to ideology of the computer code, the main purpose of which is the prediction of radiation consequences of fission products release into atmosphere. The principles of mode don't depend on type of reactors. Therefore, it is not necessary to speak about physical characteristics and scenarios of supposed accidents. It is important to have knowledge about range of parameters values, which are important for consequences.

On agree with existent possibilities first stage of work is only carried out now. One may propose the complex code, which is to control all accident processes from beginning to end (from initial event up to radiation damage). Design of such integrated code is planned in future.

Authors of the report believe, as the first step it is useful to have automatic operator code, which would base on real characteristics weather and fission product release into atmosphere, which are measured continuously. Such code is described in the report.

Institute's nuclear reactors (except BOR-60) use light water for cooling their cores. It is necessary to note, that radiation harm will be define gaseous fission products (GFP) and volatile compounds of iodine until core is not damaged. In case emergency at BOR-60 a large quantity of high activity sodium aerosols may be released. However in accordance with the results of calculations, the influence of radioactive sodium aerosols will not be essential. Such tape of accidents has been taken into account in reactors project, and protective measure had been provided.

The value of discharge activity depends on leakages of coolant, activity concentration, failed fuel rods number, leakage from the boxes. Respective date for nuclear reactors are given in table 1.

Table 1.

Some Characteristics of SRIAR's nuclear reactors

| Parameter | Name of reactors | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | VK-50 | BOR-60 | MIR-1M | SM-2 | RBT-10 |
| Power, MW | 170 | 60 | 100 | 100 | 10 |
| Coolant | H ₂ O | Na | H ₂ O | H ₂ O | H ₂ O |
| Coolant volume, m ³ | 50 | 25 | 76 | 45 | 67 |
| Pressure, MPa | 7 | <0.5 | | 5 | 0.18 |
| Temperature, °C | 274 | 320-520 | 83 | 86 | 60 |
| Volume of hermetic boxes, m ³ | 4500 | 800 | 2000 | 22520 | 480 |
| Activity concentration in emergency boxes, Bq/m ³ | 6.29·10 ⁷ | 5.5·10 ¹⁰ | 7.03·10 ⁷ | 7.4·10 ⁸ | 6.66·10 ⁶ |

If the core is damaged, the gaseous and volatile fission products will determine the primary radiation harm also. Long time radiation consequences will be determined by Cs, Sr, Ru, Ce, Ba, Pu and other radionuclides. The contribution of other radionuclide core components will be least of all. Such type accidents are referred to overprojective (severe) accidents. Countermeasures are recommended in special (manual's) guidance. They come into operation in case when the event project accident may become to severe accident. In case of severe accidents with core damage the most essential factors are the reactor power, duration of company (work period), corium temperature.

Research reactors computers code that would calculate consequences of severe accidents including vapor explosion, core melting and core-concrete interaction are probably not designed. Therefore, our code do not take into account fission product release of such accidents.

Presented code are destined for task, which independent of different reactor's peculiarity and accident scenario. Code is based on direct measurements of some physical values, that improves reliability of results. The algorithm (procedure) of calculation has a speedy decision, and all time of procedure is defined by initial date's input time. As a result the time of taking protective measures increases. That is just the aim of code and operator of institute central control office in case of the first accident features are emerged.

The FP escape is possible out of emerged building (if it has damages) in a few seconds after accidents beginning. The FP release from high altitude stack may occur in 1-3 minutes after accidents. The duration of accidental release may be going from 4 up to 10 hours. The time of FP expansion to settlements is from 0.15 to 1.5 hours in dependence on weather conditions. This time is that for taking measures to protect population.

Model of code takes into account:

- gaseous fission product released contents;
- contents of iodine volatile compounds in discharge;
- contents of fission product's aerosols in discharge;
- escape of the radioactive air out of the building;
- discharge of radioactive air out of ventilation stack;
- weather conditions;
- relief of the region;
- structure of region economy;
- contamination and use of food products;
- secondary wind lifting.

The results of code calculation:

- at early stage of accident is:
 - external irradiation from the radioactive cloud;
 - internal irradiation as a result of radionuclides inhalation;
 - irradiation dose in settlements;
 - irradiation dose on the axis of the cloud track;
 - track picture of the cloud on the map;
 - picture of zones with different contamination;
 - recommendation to protect the population and choose action in contaminated zones;
- at middle stage of accident is:
 - levels of surface contamination on cloud motion path;
 - surface contamination from secondary wind lifting;
 - use of contaminated vegetation by agriculture animals;
 - use of contaminated foods by people.

The structural scheme of code is presented on Figure 1.

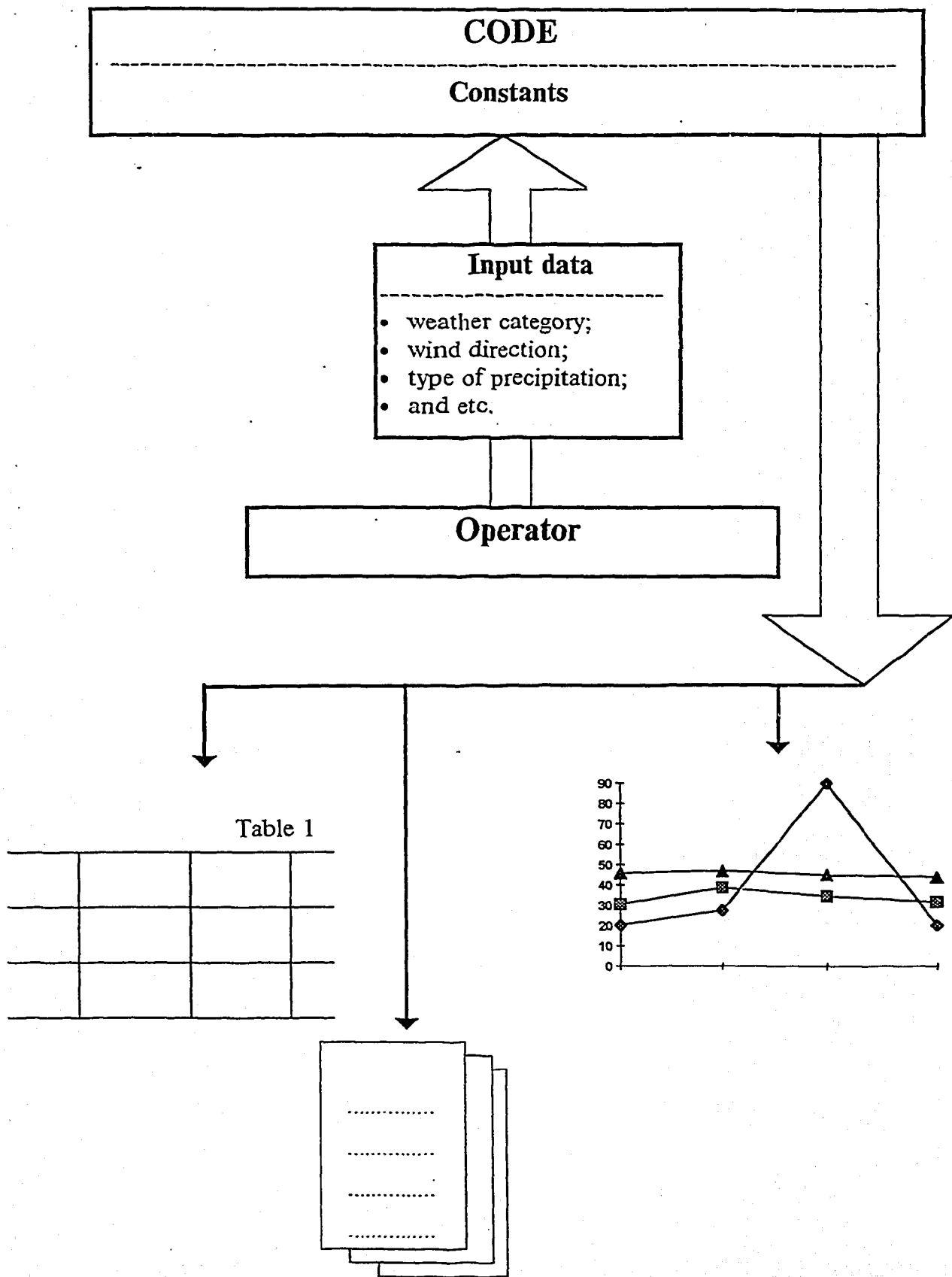


Fig. 1.

The picture shows, that code uses two data types :

- constants;
- initial input data.

The constants are:

- characteristics of radionuclides;
- coordinates of settlements;
- data of region relief;
- radionuclides source (coordinates, geometric dimensions, temperature of released air, etc.).

The input data are:

- value and duration of discharge;
- wind direction;
- type of precipitation;
- precipitation intensity;
- weather category;
- dosimetric characteristic of emergency reactor.

The integration users code environment allows:

- to input quickly data in dialog mode;
- to view and correct all input data;
- to obtain a short information about emergency reactor, accident danger degree and etc.;
- to carry out the calculation of radiation consequences;
- to view the results of calculations in graphic (maps, scheme) and textual (tables) forms;
- to output the results of calculations in form of specific certificate.

A prognosis of radiological consequences, based on real activity measurements of radioactive discharge and surface contamination, does allow to shorten the work period and increase the effectiveness of activities.

Совещание специалистов МАГАТЭ "Программно-технические средства контроля и управления послеварийными ситуациями на АЭС"
г.Дмитровград, Российская Федерация 12-15 сентября 1995 года

Компьютерная программа поддержки оператора для оперативного прогнозирования радиационных последствий аварий на АС с выбросом продуктов деления в атмосферу.

**Якшин Е.К., Ефаров С.А., Кизин В.Д., Шкоков Е.И., ГНЦ НИИАР
г.Дмитровград, Российская Федерация**

На территории ГНЦ НИИАР располагаются и работают семь исследовательских и опытно-промышленных реакторных установок. Проводится систематическая работа по совершенствованию безопасности их эксплуатации и уточнению действий при радиационных авариях.

Настоящий доклад посвящен идеологии (принципам) компьютерной программы, главной целью которой является прогнозирование (предсказание) радиационных последствий в случае выхода продуктов деления в атмосферу. Принципы программы не зависят от типа реакторной установки. Поэтому нет необходимости говорить о физических характеристиках и сценариях предполагаемых аварий. Нужно лишь иметь представление об интервалах тех величин, которые имеют значение для последствий.

В настоящее время выполнен только первый этап работы, который соответствует существующим возможностям. Можно представить себе более сложную "комплексную" программу, которая должна контролировать весь процесс развития аварии от начала до конца (от начального отклонения технологических параметров до радиационного ущерба). Составление такой программы или комплекса программ - дело будущего.

Авторы доклада считают, что очень полезно, как минимум иметь автоматизированную программу для оператора, которая в качестве исходных данных имеет непрерывно измеряемые характеристики погоды и выбросов продуктов деления в атмосферу. Такая программа и докладывается.

Реакторные установки института (кроме БОР-60) охлаждаются водой, которая циркулирует по замкнутому контуру. Существенно то, что в случае аварии радиационный ущерб будет определяться газообразными продуктами деления (ГПД) и летучими соединениями йода, если активная зона не разрушена. И только при аварии на БОР-60 возможно выделение большого количества аэрозолей натрия. Однако, как показывает расчет, влияние аэрозолей натрия так же не является определяющим. Этот класс аварий учтен при проектировании и предусмотрены меры защиты.

Количество выброшенной активности зависит от расхода протечек, концентрации активности, числа негерметичных твэлов, плотности помещений. Соответствующие сведения по реакторным установкам приведены в табл.1.

Таблица 1.

Характеристики реакторных установок ГНЦ НИИАР

| Параметры | Реакторные установки | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | ВК-50 | БОР-60 | МИР-1М | СМ-2 | РБТ-10 |
| Мощность тепловая, МВт | 170 | 60 | 100 | 100 | 10 |
| Теплоноситель | H ₂ O | Na | H ₂ O | H ₂ O | H ₂ O |
| Объем теплоносителя, м ³ | 50 | 25 | 76 | 45 | 67 |
| Давление, МПа | 7 | <0.5 | | 5 | 0.18 |
| Температура, °С | 274 | 320-520 | 83 | 86 | 60 |
| Объем герметичной зоны, м ³ | 4500 | 800 | 2000 | 22520 | 480 |
| Концентрация РВ в аварийном помещении, Бк/м ³ | 6.29·10 ⁷ | 5.5·10 ¹⁰ | 7.03·10 ⁷ | 7.4·10 ⁸ | 6.66·10 ⁶ |

При разрушении активной зоны первоначальный радиационный ущерб также определяется упомянутыми выше продуктами деления. На долговременные последствия будут влиять радионуклиды Cs, Sr, Ru, Ce, Ba, Pu и др. Другие компоненты активной зоны не дадут заметного вклада в радиационное загрязнение. Все аварии такого рода отнесены к запроектным. Меры управления рекомендованы в инструкциях по управлению авариями. Они активизируются при угрозе перехода проектной аварии в запроектную. Для запроектных аварий с повреждением активной зоны самым существенным фактором является мощность реактора, длительность его работы, температура кориума.

Для исследовательских реакторов нет лицензированных компьютерных кодов расчета последствий тяжелых аварий, сопровождаемых взрывом активной зоны, проплавлениями корпуса, взаимодействием расплава с бетоном. Предлагаемая программа поэтому также не учитывает последствия выхода продуктов деления в атмосферу при таких авариях.

Рассматриваемая компьютерная программа решает задачу, не зависящую от множества особенностей разных реакторных установок и сценариев аварий. Она основана на прямых измерениях физических величин, что определяет ее достоверность. Заложенный в нее алгоритм решения практически мгновенно, а время процедуры зависит только от времени ввода исходных данных. В результате

высвобождается драгоценное время для принятия мер защиты населения. Это и есть главная задача программы и оператора центральной диспетчерской института при первых признаках аварии.

Утечка радиоактивных продуктов из аварийных зданий может происходить спустя несколько секунд после начала аварии, и через 1-2 минуты - в высотную трубу. Длительность выброса при авариях до 10 часов. До населенных пунктов радиоактивный шлейф может двигаться от 0.15 до 1.5 часов (в зависимости от погодных условий). Это время является временем для принятия решений по выполнению мер по защите населения.

Алгоритм программы учитывает:

- состав ГПД в выбросе;
- состав летучих соединений йода в выбросе;
- состав нелетучих продуктов деления - аэрозолей в выбросе;
- истечение радиоактивного воздуха в высотную трубу;
- истечение радиоактивного воздуха из зданий;
- погодные условия;
- рельеф местности;
- инфраструктуру местного хозяйства;
- загрязнение и потребление пищевых продуктов;
- вторичный ветровой перенос.

Результатом расчета компьютерной программы являются:

- на ранней стадии аварии:
 - внешнее облучение от радиоактивного облака;
 - внутреннее облучение от ингаляции радионуклидов;
 - доза облучения в населенных пунктах;
 - доза облучения на оси следа выброса в заданных точках;
 - изображение следа выброса на карте местности;
 - изображение зон с различными уровнями загрязнения;
 - рекомендации по защите населения и действиям в зоне радиоактивного загрязнения;
- на средней стадии аварии:
 - уровни загрязнения местности на пути движения облака;
 - загрязнение местности от вторичного ветрового переноса;
 - потребление загрязненной растительности с/х животными;
 - потребление загрязненных пищевых продуктов человеком.

Структурная схема программы представлена на рис.1.

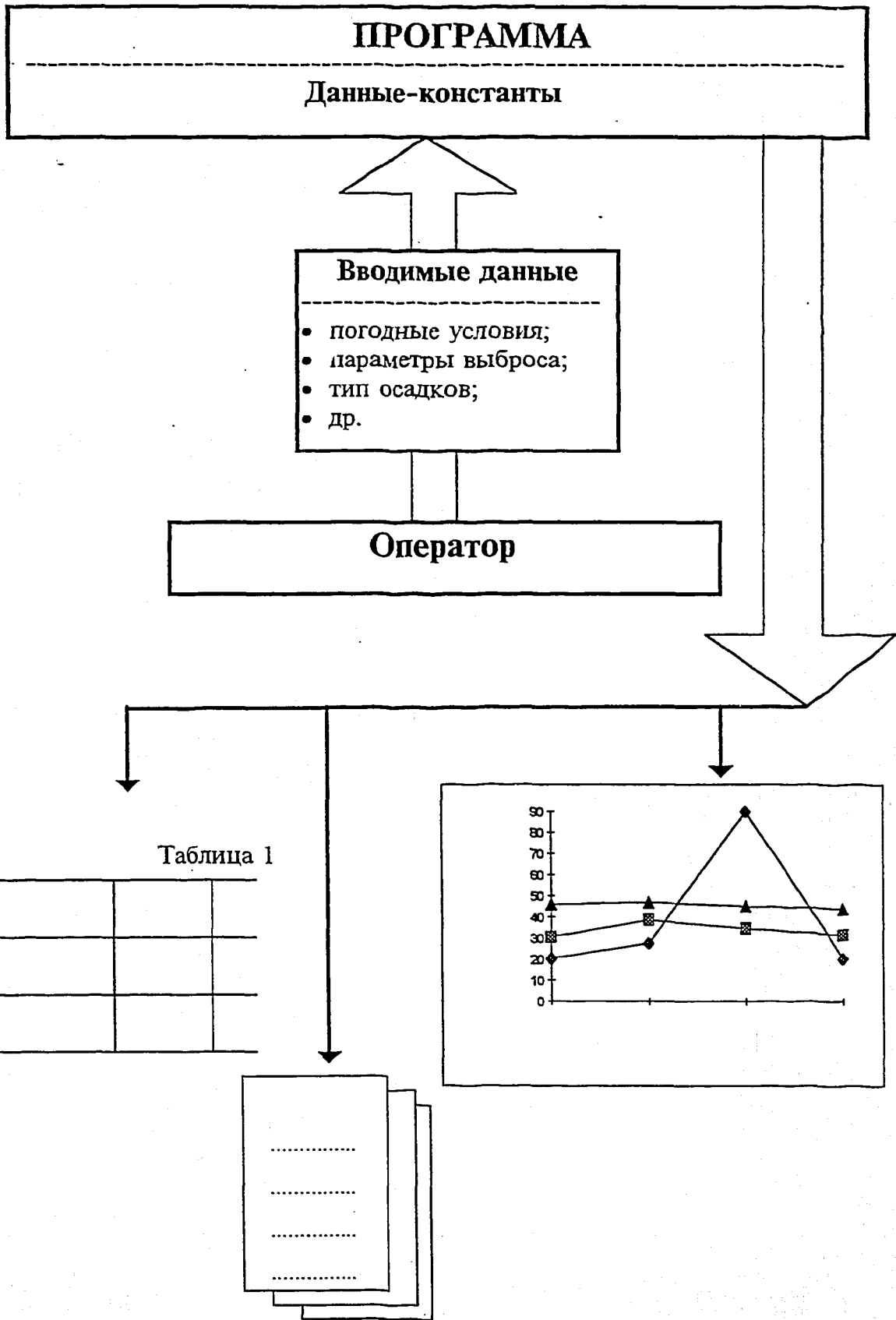


Рис.1

Как видно из рисунка программа оперирует с двумя типами данных:

- константы;
- вводимые данные.

Данными-константами программы являются:

- характеристики радионуклидов;
- координаты населенных пунктов;
- данные о рельефе местности;
- параметры источника выброса (координаты, геометрические размеры, температура рабочей среды и т.д.).

Вводимыми данными программы являются:

- величина и продолжительность выброса;
- направление выброса;
- скорость ветра;
- тип осадков;
- интенсивность осадков;
- категория погоды;
- дозиметрические характеристики аварийного реактора.

Сервисная оболочка программы позволяет:

- вводить информацию в диалоговом режиме в течение короткого промежутка времени;
- просматривать и корректировать все введенные данные;
- получать краткую справочную информацию об аварийном реакторе, о степени опасности аварии и т.д.;
- производить расчет радиационных последствий;
- просматривать результаты расчетов в графическом (карты, схемы) и текстовом (таблицы) виде;
- выдавать результаты расчетов в виде формализованной справки.

Таким образом использование программы позволяет в кратчайший срок оценить степень опасности возникшей аварии и принять меры по защите населения от воздействия радиоактивных веществ.