# Расчет 2. РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА ПРИ ОПАСНОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА

Одиночный точечный источник загрязнения атмосферы на практике встречается очень редко. Однако для понимания общей картины рассеивания за основу берут расчет рассеивания выбросов от данного источника.

Расчет рассеивания выбросов и установление нормативов ПДВ осуществляется в соответствии с методами расчета, утвержденными Приказом Минприроды от 6 июля 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (далее – Приказ 273), по заданным характеристикам источника загрязнения как расчет максимальной приземной концентрации.

Методы подлежат обязательному применению с 01.01.2018, предназначены для расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных (загрязняющих) веществ (за исключением радиоактивных), в том числе включенных в перечень веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды.

Настоящие Методы применяются юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями для выполнения расчетов рассеивания выбросов ЗВ в атмосферном воздухе в двухметровом слое над поверхностью Земли на расстоянии не более 100 км от источника выброса, а также вертикального распределения концентраций ЗВ при:

1) определении нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;

2) разработке перечня мероприятий по охране окружающей среды в составе разделов проектной документации;

3) обосновании ориентировочных размеров санитарно-защитных зон;

4) разработке и обоснования организационно-технических мероприятий, оказывающих влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха, при оценке их результатов;

5) оценке воздействия намечаемой хозяйственной или иной деятельности на качество атмосферного воздуха;

6) оценке краткосрочных и долгосрочных уровней загрязнения атмосферного воздуха и соответствующих концентраций загрязняющих атмосферу веществ, создаваемых всеми источниками выброса, исключая рассматриваемые (непосредственно учитываемые в расчете рассеивания выбросов) (далее - фоновые концентрации ЗВ).

Приземная разовая концентрация вредных загрязняющих веществ при выбросе газовоздушной смеси (ГВС) из одиночного точечного источника с круглым устьем достигает максимального значения при неблагоприятных метеорологических условиях (опасной скорости ветра, на расстоянии *x*м, м, от источника выброса.

Максимальную приземную разовую концентрацию загрязняющих веществ *c*м, мг/м3, определяют по формуле 1:

, (1)

где *A* - безразмерный коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, т.е. определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе. Коэффициент *А* соответствует неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна (для Москвы и Московской области А=140 (табл.1);

*М* – масса загрязняющего вещества воздух в единицу времени (мощность, выбрасываемого в атмосферный воздух выброса) вредного вещества, г/с. Значение М следует относить к 20 - 30-минутному периоду осреднения исходя из реально возможных при безаварийных условиях эксплуатации предприятия в течение года, при которых достигается максимальная концентрация ЗВ. В том числе и в случаях, когда продолжительность выброса менее 20 минут и принимать в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами;

*F* - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы). Значение безразмерного коэффициента F при отсутствии данных о распределении на выбросе частиц аэрозолей по размерам определяется следующим образом:

для газообразных ЗВ и мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм F = 1;

для аэрозолей (за исключением мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм) при наличии систем очистки выбросов значение безразмерного коэффициента F приведено в табл. 2.

Таблица 1

Значения коэффициента A

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Регион | Коэффициент |
| 1. | Республика Бурятия и Забайкальский край | 250 |
| 2. | Районы европейской территории Российской Федерации южнее 50° с.ш., остальные районы Нижнего Поволжья, азиатская территория Российской Федерации, кроме указанных в пунктах 1 и 3 настоящей Таблицы | 200 |
| 3. | Европейская территория Российской Федерации и Урала от 50° с.ш. до 52° с.ш. включительно, за исключением попадающих в эту зону районов, перечисленных в пунктах 1 и 2 настоящей Таблицы, а также для районов азиатской территории Российской Федерации, расположенных к северу от Полярного круга и к западу от меридиана 108° в.д. | 180 |
| 4. | Европейская территория Российской Федерации и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением центра европейской территории Российской Федерации) | 160 |
| 5. | Владимирская, Ивановская, Калужская, Московская, Рязанская и Тульская области | 140 |

Таблица 2 - Значения коэффициента *F* в зависимости от степени очистки

|  |  |
| --- | --- |
| **Степень очистки** | **Коэффициент F** |
| При среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов свыше 90% | 2 |
| При среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов от 75% до 90% включительно | 2,5 |
| При среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов менее 75% или отсутствии очистки выбросов | 3 |

Вне зависимости от эффективности очистки значение коэффициента F принимается равным 3 при расчетах концентрации пыли в атмосферном воздухе для производств, в выбросах которых содержание водяного пара соответствует температуре точки росы, которая выше используемой в расчетах температуры атмосферного воздуха на *Т*в 5°С и более;

*m, n* - безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, η = 1. Если перепад высот превышает 50 м на 1 км, то коэффициент η устанавливается на основе анализа картографического материала;

*Н* - высота источника выбросов загрязнений над уровнем земли, м;

*V1* – расход газовоздушной смеси, исходящей из трубы, за единицу времени, (м3/с), определяемый по формуле 2:

*V1 = ω0* (2);

где *D* – диаметр устья источника выброса, м;

*ω0* – средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с;

*∆T* - это разность температур выбрасываемой газовоздушной смеси *T*г и температурой окружающего атмосферного воздуха *Т*в, °С.

При определении величины *∆T* для предприятий, работающих по сезонному графику, допускается принимать значения расчетной температуры окружающего атмосферного воздуха *Т*в равными средним месячным температурам воздуха за самый холодный месяц по Свод правил СП 131.13330.2020 "СНиП 23-01-99\* Строительная климатология" (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 24 декабря 2020 г. N 859/пр).

Для остальных источников выбросов расчетная температура *Т*в принимается равной средней максимальной температуре воздуха наиболее теплого месяца года согласно СП 131.13330.2020.

Вышеприведенная формула используется при расчетах рассеивания выбросов от дымовых труб, вентиляционных шахт, а также от источников организованного выброса загрязняющих атмосферный воздух веществ из установленных отверстий (далее – от точечных источников выброса) при условии, что скорость *ω0* выхода ГВС из устья источника выброса не превосходит скорости звука в атмосферном воздухе (т.е. менее 330 м/с), а температура *T*г ГВС не превышает 3000°С.

Мощности *М* выброса, высоты источников *H*, диаметры устьев *D*, температуры *T*г и расходы *V1* ГВС при проектировании предприятий должны определяться расчетом в технологической части проекта (для проектируемых, вводимых в эксплуатацию построенных и реконструированных объектов), а для действующих производств должны определяться по результатам инвентаризации стационарных источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

**Выполнение типового расчета**

***Для выполнения типового расчета необходимо проделать следующие этапы:***

С помощью Государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (<https://uonvos.rpn.gov.ru/>) (см. вариант задания из табл. 3) определить:

1. Организацию, оказывающую негативное воздействие на окружающую среду
2. Категорию объекта
3. Количество и состав выбросов, оказывающих воздействие на атмосферный воздух

По заданным характеристикам источника загрязнения (см. вариант задания из табл. 3):

1. рассчитать максимальную приземную концентрацию вредного вещества. При расчете следует использовать формулы:

(для холодных источников) и

(для горячих источников) применительно к каждому из вредных веществ;

1. рассчитать расстояние, на котором достигается данная концентрация для одиночного точечного источника при заданных направлении и опасной скорости ветра;
2. рассчитать опасную скорость ветра, при которой достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества;
3. дать токсикологическую характеристику вещества характеристику вещества в соответствии с представленным планом:

* Применение.
* Получение.
* Физические и химические свойства.
* Общий характер действия.
* Токсическое действие (острое и хроническое отравление человека и животных).
* Действие на кожу.
* Распределение в организме, превращения и выделение.
* Неотложная терапия.
* Предельно допустимая концентрация.

## Варианты задания для типового расчета

Таблица 3 - Исходные данные для расчета санитарно-защитной зоны. H, D – размер трубы, L – расстояние до границы жилого массива

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Шифр предприятия | Вредные вещества в выбросе | Масса выбросов, г/с | *ω*0,  м/с | *Т*г,  °С | *Н*,  м | *D*,  м | *L*, м |
| 1. | 04-0124-000075-П | Гидроксибензол (фенол) | 3,35 | 17 | 40 | 80 | 5 | 1000 |
| 2. | 05-0125-002959-П | Азот (II) оксид | 0,0048 | 10 | 90 | 100 | 4 | 800 |
| 3. | 05-0125-003005-П | Сера диоксид (Ангидрид сернистый) | 3,27 | 10 | 100 | 100 | 6 | 700 |
| 4. | 24-0137-001009-П | Метилбензол (Толуол) | 0,145 | 200 | 30 | 90 | 5 | 1000 |
| 5. | 25-0138-002408-П | Гидрохлорид (по молекуле HCl) | 0,098 | 15 | 100 | 90 | 3 | 800 |
| 6. | 29-0177-011412-П | Метилбензол (Толуол) | 11,11 | 17 | 28 | 100 | 5 | 600 |
| 7. | 32-0142-000138-П | Азот (II) оксид | 5,5 | 100 | 28 | 100 | 4 | 1000 |
| 8. | 32-0142-000140-П | Азота диоксид | 3,47 | 17,5 | 30 | 80 | 4 | 1000 |
| 9. | 32-0142-000290-П | Сера диоксид (Ангидрид сернистый) | 2,44 | 10 | 130 | 90 | 2.5 | 1000 |
| 10. | 32-0242-000033-П | Углерод (Сажа) | 1,12 | 90 | 30 | 90 | 3 | 1000 |
| 11. | 47-0151-000045-П | диЖелезо триоксид /в пересчете на железо/ (Железа оксид) | 26,9 | 15 | 30 | 80 | 2.5 | 800 |
| 12. | 50-0154-001052-П | Азота диоксид | 175,82 | 80 | 40 | 100 | 3 | 900 |
| 13. | 57-0159-001534-П | Пыль неорганическая: до 20% SiO2 | 56,39 | 10 | 80 | 120 | 4 | 800 |
| 14. | 61-0162-000267-П | Этанол | 1,34 | 15 | 80 | 85 | 3 | 700 |
| 15. | 73-0163-003182-П | Углерод оксид | 11,5 | 15 | 120 | 80 | 3 | 900 |
| 16. | 76-0175-000146-П | Бенз/а/пирен | 0,15 | 20 | 100 | 80 | 2.5 | 900 |
| 17. | 78-0176-001124-П | Метанол | 0,212 | 40 | 80 | 90 | 2.5 | 1000 |
| 18. | 80-0102-000874-П | Углеводороды предельные C12-C19 | 0,22 | 20 | 120 | 100 | 4 | 1000 |
| 19. | 86-0110-000168-П | Сера диоксид (Ангидрид сернистый) | 2300 | 15 | 120 | 80 | 3 | 900 |
| 20. | МВ-0183-001005-П | Бензол | 0,078 | 20 | 50 | 90 | 3 | 1000 |

**Пример расчета 1.**

**Расчет максимальной приземной концентрации и расстояния, на котором достигается данная концентрация, для одиночного точечного источника при заданных направлении и опасной скорости ветра в случае соответствия ПДК**

Определить максимальную приземную концентрацию *с*м вредных веществ, на каком расстоянии *х*м и при какой опасной скорости ветра *u*м достигается данная концентрация. Сравнить величину *с*м с допустимым значением концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

*Исходные данные:* При сжигании топлива на ТЭС в атмосферу выбрасывают без очистки сажу в определенном количестве (см. табл. 4).

Источник загрязнения атмосферы (дымовая труба) высотой *H*, м и диаметром устья *D*, м. Скорость выхода газовоздушной смеси из устья ω0 = 12 м/с. Место расположения источника – Москва и Московская область, местность ровная.

Таблица 4 - Исходные данные для примера 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вредные вещества в выбросе | *ω*0,  м/с | *Т*г,  °С | *Н*,  м | *D*,  м | *L*,  м | F | ПДК,  мг/м3 | Класс опасности |
| Сажа | 12 | 120 | 120 | 4 | 1000 | 3 | 0,15 | 3 |

*Решение.* Величину , определяем по формуле

# Расчет выполняем для наиболее невыгодного с позиций рассеивания теплого периода года. Для Москвы температура наружного воздуха наиболее теплого месяца *Т*в = 24,5 °С (СП 131.13330.2020 Строительная климатология). Температуру выбросов ТЭС принимаем *T*г = 120 °С. Тогда

Расход пылевоздушной смеси определяем по формуле (2):

*V1 =* ω0, (2)

Для Москвы принимаем коэффициент А=140. Коэффициент, учитывающий влияние рельефа, при ровной местности =1. Коэффициент оседания частиц сажи F=3, т.к. система выбрасывает сажу без очистки. Коэффициенты m и n определяем после нахождения параметров f, соответственно по формулам:

Находим f:

Находим

.

Находим

;

=112,49

Коэффициент m определяют в зависимости от f по формулам:

Так как , то по формуле (5.8)

Коэффициент n при в зависимости от определяют или вычисляют по формулам:

Для и (холодные выбросы) величину n определяют

как

По формуле (1):

При и используют следующую формулу:

где

Согласно **СанПиН 1.2.3685-21**​ "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" для сажи (углерод) максимально-разовая ПДК=0,15 . Следовательно, величина *с*м не превышает допустимую величину содержания сажи в приземном слое атмосферного воздуха.

Расстояние *х*м, м, на котором приземная концентрация достигает значения *с*м , определяем по формуле (12)

где d – безразмерный коэффициент, при ,

При и используют следующую формулу:

Безразмерный коэффициент определяем по формуле (13):

Тогда расстояние по формуле (5.12):

Опасную скорость , при которой приземная концентрация достигает максимального значения, при значение по формулам:

При и используют следующую формулу:

Опасная скорость ветра:

*Результат.* Максимальная приземная концентрация *с*м= достигается на расстоянии от источника при опасной скорости ветра равен

*Вывод*. Величина *с*м не превышает гигиенический норматив качества атмосферного воздуха для сажи (углерод черный) ПДКм.р=0,15. Следовательно, максимально разовый выброс *М* = 20 г/с не превышает ПДВ.

**Токсикологическая характеристика сажи**

**Сажа** (углерод) представляет собой массу частиц [углерода](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Carbonaceous), образующихся в результате неполного сгорания углеводородов.

Сажа как загрязнитель окружающей среды, находящийся в воздухе, имеет различные источники, которые являются результатом той или иной формы [пиролиза](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Pyrolysis).  К ним относятся сажа от сжигания [угля](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Coal), двигателей внутреннего сгорания,  котлов электростанций, судовых котлов, центральных паровых котлов, сжигания [отходов, природных](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Waste_incineration) пожаров, пожаров в домах, каминов и печей.

Основные виды действия сажи на организм: канцерогенное, мутагенное, раздражающее.

Сажа, особенно от [выхлопных газов дизельных](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Diesel_exhaust) двигателей, составляет более четверти от общего количества опасных загрязнений в воздухе.

Среди компонентов  выбросов в атмосферу [твердые частицы](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Particulates) представляют серьезную проблему для здоровья человека из-за их воздействия на органы дыхания. Прежде всего при воздействии частиц сажи возникают хронические заболеваниями [легких, рак](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Lung_cancer) легких,  бронхиальная астма и отмечается повышенный уровень [смертности](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Mortality_rate) населения. Чем меньше размер частиц, тем легче они проникают в легкие.

Доказано, что длительное [воздействие](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Exposure_to_toxins) [загрязнения воздуха](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Urban_air_pollution), содержащего сажу, увеличивает риск развития [ишемической болезни](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c85c623d-63eb9609-d4d843ea-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Coronary_artery_disease) сердца.

**Пример расчета 2**

**Расчет максимальной приземной концентрации и расстояния, на котором достигается данная концентрация, для одиночного точечного источника при заданных направлении и опасной скорости ветра в случае не соответствия ПДК**

Определить максимальную приземную концентрацию *с*м вредных веществ, на каком расстоянии *х*м и при какой опасной скорости ветра *u*м достигается данная концентрация. Сравнить величину *с*м с допустимым значением концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

Исходные данные: При сжигании топлива на ТЭС в атмосферу выбрасывают без очистки бенз(а)пирен в определенном количестве (табл.5). Источник загрязнения атмосферы (дымовая труба) высотой *H*, м и диаметром устья *D*, м. Скорость выхода газовоздушной смеси из устья ω0, м/с. Место расположения источника – Москва и Московская область, местность ровная.

Таблица 5 - Исходные данные для примера 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вредные вещества в выбросе | *ω*0,  м/с | *Т*г,  °С | *Н*,  м | *D*,  м | *L*,  м | *F* | ПДК,  мг/м3 | Класс опасности |
| Бенз(а)пирен | 18 | 120 | 100 | 4 | 1000 | 3 | - | 1 |

*Решение.*

Величину ,, определяем по формуле

Расчет выполняем для наиболее невыгодного с позиций рассеивания теплого периода года. Для Москвы температура наружного воздуха наиболее теплого месяца Тв = 24,5 °С (СП 131.13330.2020 Строительная климатология). Температуру выбросов ТЭС принимаем *T*г = 120 °С. Тогда

Расход пылевоздушной смеси определяем по формуле (2):

Подставим численные данные в формулу (2), получим:

Для Москвы принимаем коэффициент *А*=140. Коэффициент, учитывающий влияние рельефа, при ровной местности =1. Коэффициент оседания частиц *F*=3, т.к. система выбрасывает бенз(а)пирен без очистки. Коэффициенты *m* и *n* определяем после нахождения параметров *f*, соответственно по формулам:

Находим *f*:

Находим

Находим

Находим

=656,02.

Коэффициент *m* определяют в зависимости от *f* по формулам:

Так как , то по формуле (7):

Коэффициент *n* при в зависимости от определяют или вычисляют по формулам:

В нашем случае *n=*1*,* так как *.*

Тогда по формуле (1):

Согласно **СанПиН 1.2.3685-21**​ "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"​ для бенз(а)пирена ПДК максимально разовой нет, так как это вещество не обладает рефлекторным действием, поэтому воспользуемся среднесуточным значением предельно допустимой концентрации равным 0,1мкг/100=. Следовательно, величина *с*м значительно превышает допустимую величину содержания бенз(а)пирена в приземном слое атмосферного воздуха, в дальнейшем потребуется провести защитные мероприятия.

Расстояние *х*м, м, на котором приземная концентрация достигает значения *с*м , определяем по формуле (12)

где *d* – безразмерный коэффициент, при ,

Безразмерный коэффициент определяем по формуле (13):

Тогда расстояние по формуле (12):

Опасную скорость , при которой приземная концентрация достигает максимального значения, при значение по формулам:

Тогда опасная скорость ветра, по формуле (16), равна:

*Результат.* Максимальная приземная концентрация *с*м= достигается на расстоянии от источника при опасной скорости ветра, равной

**Токсикологическая характеристика.**

Бензпире́н, или бенз(а)пире́н — химическое соединение, представитель семейства полициклических углеводородов, вещество первого класса опасности. Вещества первого класса опасности (чрезвычайно опасные) характеризуются очень высокой степенью вредного воздействия на окружающую среду (экологическая система необратимо нарушается, отсутствует период восстановления).

В чистом виде представляет собой жёлтые пластинки и иглы, легко расслаивающиеся на более мелкие. Хорошо растворим в неполярных органических растворителях, бензоле, толуоле, ксилоле, ограниченно растворим в полярных, практически нерастворим в воде.

Бенз(а)пирен был открыт в 1933 г. Исследования, подтверждающие его канцерогенность, были проведены еще в 1935 г. академиком Л.М. Шабад в СССР.

Образуется при сгорании углеводородного жидкого, твёрдого и газообразного топлива (в меньшей степени при сгорании газообразного). В окружающей среде бенз(а)пирен накапливается преимущественно в почве, меньше в воде. Из почвы поступает в ткани растений и продолжает своё движение дальше в трофической цепи, при этом на каждой её ступени содержание в природных объектах возрастает на порядок. Бенз(а)пирен является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды, он опасен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции.

Будучи химически сравнительно устойчивым, бенз(а)пирен может долго мигрировать из одних объектов в другие.

Бенз(а)пирен оказывает также мутагенное действие. Международная группа экспертов отнесла бенз(а)пирен к числу агентов, для которых имеются ограниченные доказательства их канцерогенного действия на людей и достоверные доказательства их канцерогенного действия на животных. В экспериментальных исследованиях бенз(а)пирен был испытан на девяти видах животных, включая обезьян. В организм бенз(а)пирен может поступать через кожу, органы дыхания, пищеварительный тракт и трансплацентарным путём. При всех этих способах воздействия удавалось вызвать злокачественные опухоли у животных.