имени Гагарина Ю.А.

КУРС – Экология

Кафедра «Экология»

Установочная лекция с пояснениями практического задания:

Моделирование процессов загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий

д.б.н., профессор кафедры «Экология»
СГТУ имени Гагарина Ю.А. Антонова Ольга Михайловна

Экология **– наука о взаимодействии живых организмов между собой и с окружающей средой.**

Цель экологии как науки – обеспечение общества суммой знаний, достаточных для создания условий для сохранения жизни на планете.

Современный этап развития человеческого общества характеризуется резким обострением экологических проблем:

-истощением природных ресурсов;
-загрязнением и деградацией среды обитания человека;
-ростом экологического сознания и тревоги мировой общественности за судьбу земной цивилизации.

Основные задачи

- Изменить отношение к природе, бережно относиться ко всему живому: природе и человеку, экономить природные ресурсы, перерабатывать отходы.

Реализация национального проекта «Экология» в части создания инфраструктуры для обращения с отходами I-II классов опасности

Мировой тренд – ресурсосбережение и экологичность

Стратегия повышения	Стратегия ограничений
▪ Ресурсосбережение: ▪ Выстраивание системы центров переработки ▪ Применение наилучших доступных технологий	▪ Снижение выбросов ▪ Отказ от использования токсичных веществ в промышленности ▪ Отказ от захоронения

Заводы по переработке в Европе

Создается сеть современных экотехнопарков

7 ЭКОТЕХНОПАРКОВ
по переработке и обезвреживанию отходов I-II классов

ОБЩАЯ ПРОЕКТНАЯ МОЩНОСТЬ
Порядка **350 000** тонн/год

4 модернизируемые

К концу 2023 года:

- Удмуртская Республика
- Кировская область
- Курганская область
- Саратовская область

3 планируемые

Будут созданы на площадках к концу 2024 года

Национальный проект «ЭКОЛОГИЯ»
Срок реализации: 01.10.2018 – 31.12.2024 г.г.

Цели:

1. Эффективное обращение с отходами производства и потребления, включая ликвидацию всех выявленных на 1 января 2018 г. несанкционированных свалок в границах городов.
2. Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, в том числе уменьшение не менее, чем на 20 % совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в наиболее загрязненных городах.
3. Повышение качества питьевой воды для населения, в том числе для жителей населенных пунктов, не оборудованных современными системами централизованного водоснабжения.
4. Экологическое оздоровление водных объектов, включая реку Волгу, и сохранение уникальных водных систем, включая озера Байкал и Телецкое.
5. Сохранение биологического разнообразия, в том числе посредством создания не менее 24 новых особо охраняемых природных территорий.
6. Обеспечение баланса выбытия и воспроизводства лесов в соотношении 100% к 2024 г.

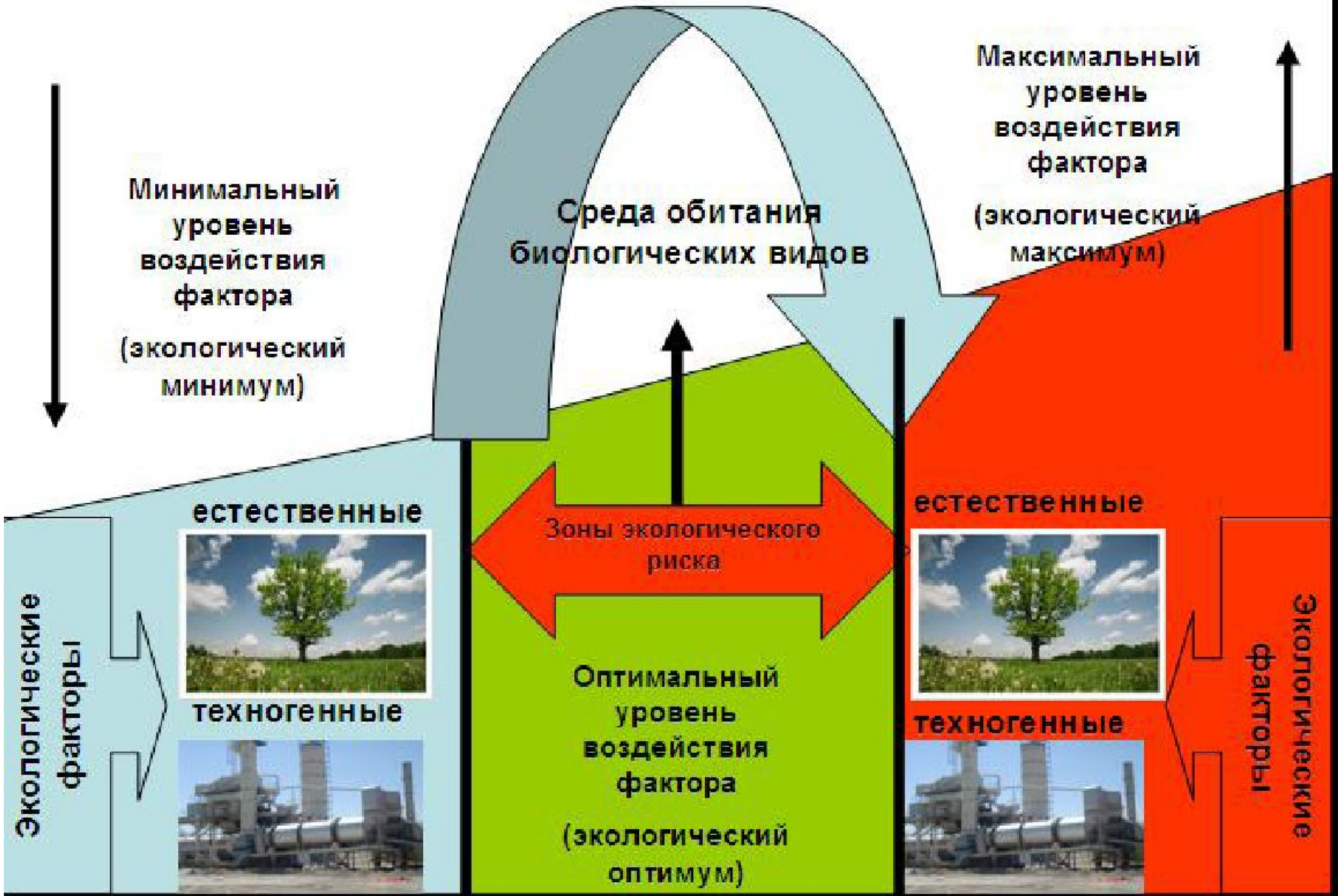
ПОНЯТИЕ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- **Экологическая безопасность** – комплекс состояний, явлений и действий, обеспечивающий экологический баланс на Земле и в любых ее регионах на уровне, к которому физически, социально-экономически, технологически и политически готово человечество.

Объектами экологической безопасности

- являются геосоциоэкосистемы различного уровня: глобального, национального, регионального, местного, уровня отдельного предприятия или человека, подвергаемые экологическим угрозам, под которыми понимают «прогнозируемые последствия или потенциальные сценарии развития событий катастрофического характера, которые обусловлены изменениями состояния окружающей среды и способны нанести вред жизненно важным интересам личности, общества, государства, мирового сообщества».
- Недостаточность природных ресурсов для обеспечения безопасных условий жизнедеятельности человека обуславливает ухудшение качества предоставляемых человеку средств существования (например, недостаток плодородия почв вызывает их интенсивную химизацию для увеличения объема получаемой в дальнейшем пищи — при этом ухудшается качество продукта, а его употребление сказывается на здоровье людей).

Пределы экологической безопасности



Цель практической работы:

- 1) разработать поведение примеси загрязняющих веществ в атмосфере; установить зависимости уровня концентрации, создаваемой выбросами предприятий, от местоположения источника выбросов, особенностей газовоздушной смеси, выходящей из источника и метеорологических параметров;
- 2) определить расстояния от n – го источника выброса, на котором концентрация í - го вредного вещества достигнет максимального значения;
- 3) разработать комплекс атмосферных мероприятий по снижению уровня концентрации, провести контрольные расчеты, подтверждающие достаточность мероприятия.

Основные понятия

- ***Предельно-допустимая концентрация (ПДК)*** – количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.
- ***Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДКсс)*** – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом вдыхании.
- **Предельно допустимая максимальная разовая концентрация** вредного (загрязняющего) вещества в воздухе населенных мест **(ПДКм.р. мг/м)** - это такая концентрация, которая не вызывает рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.
- ***Предельно допустимый выброс (ПДВ) или сброс (ПДС)*** – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному предприятию выбрасывать в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

- ***Зона повышенной концентрации (ЗПК)*** - территория с уровнем концентрации больше одного ПДК.
- ***Атмосферные мероприятия*** - комплекс организационно-технических решений, направленных на снижение уровня воздействия на воздушный бассейн.
- **Максимально приземный слой** это граница почвы и воздуха (со стороны воздуха). Максимальная концентрация загрязнения (C_{Mi}) в приземном слое будет зависеть от дальности

Таблица 1

Выбросы в атмосферу

№ ис-ка	Координаты источника		Параметры источника выброса		Параметры ГВС			Наименование вещества	Фактический выброс, M_i		Факт. концент. C_{Mi} мг/м3	ПДВ$_i$ Т/год	ПДК$_i$ мг/м3		
Труба-источник	X	Y	Высота, H, м.	Диаметр устья D, м	Скорость ω_0 м/с	Расход V_1 M^3/c	Темпе-ратура выбросов $T_{гвс}$,°C		г/с	т/год			Среднесут	Макс разовые	Рабочей зоны
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	535	530	25	1,2	2,5	2,8	120	Зола	3,9		~~До очистки~~		0,02	0,05	70
								Сернистый ангидрид	0,15				0,05	0,5	10
								Оксид углерода	0,36				3,0	5,0	20
								Оксиды азота	0,13				0,04	0,085	5
2	500	500	6,3	0,5	2,14	0,42	30	Пыль неорганическая	0,0056				0,05	0,5	4
3	510	505	8	0,5	2,19	0,43	25	Пыль неорганическая	0,8				0,05	0,5	4

Методика расчета

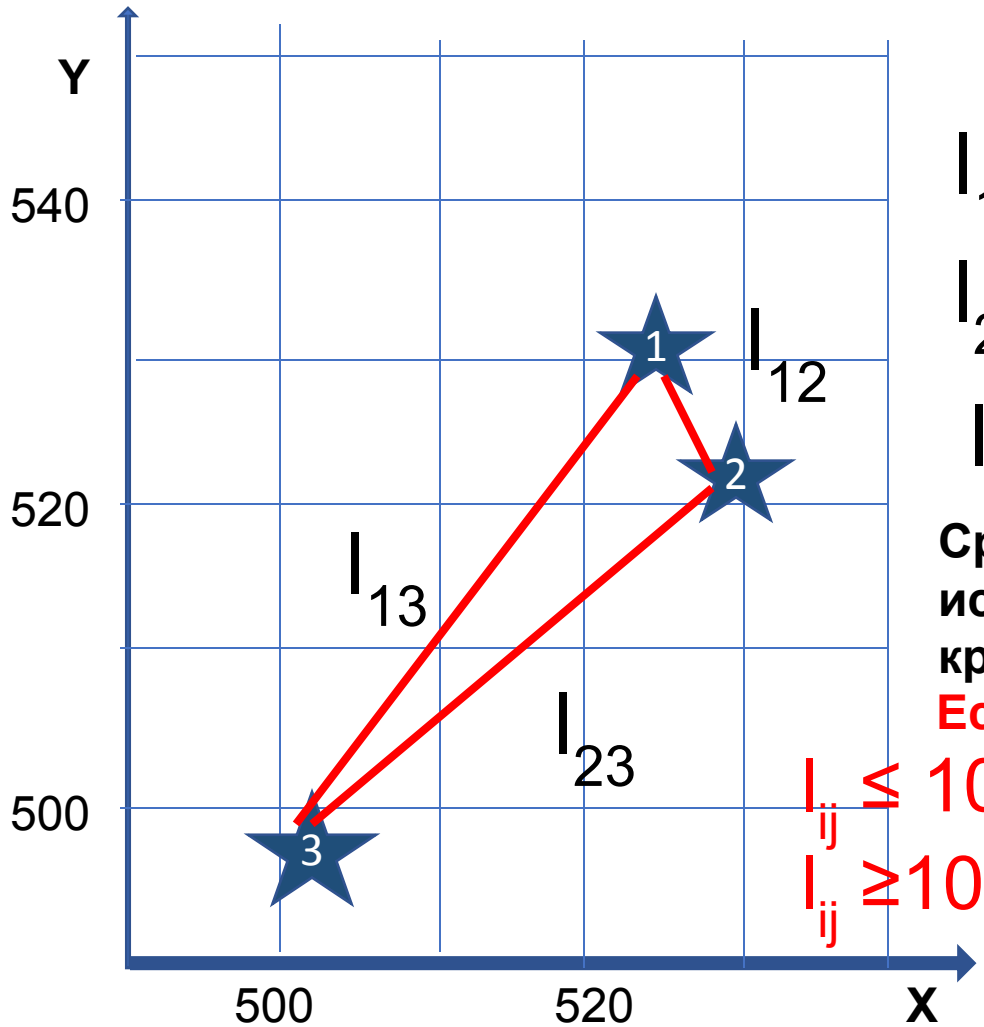
- **1. По теореме Пифагора рассчитать расстояние между источниками:**

$$z = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

где y_i ; x_i – координаты источника.

График расположения источников выбросов

№ п.п	Y	X
1	535	530
2	500	500
3	510	505



сравнение выбросов – попарно

$$l_{12} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad (1)$$

$$l_{23} = \sqrt{(X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2} \quad (2)$$

$$l_{13} = \sqrt{(X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2} \quad (3)$$

Сравнивают значение выбранного источника с условно выбранным критерием удаленности.

Если:

$l_{ij} \leq 10$ **близкорасположенный источник;**

$l_{ij} \geq 10$ **дальнерасположенный источник.**

2. Определить максимальное значение приземной концентрации i – го химического вещества C_{Mi}, мг/м^3

- Определение C_{Mi} при выбросе газовоздушной смеси проводится в зависимости от расположения источников относительно друг друга.

Если:

2.1. l_{ij} ≥10 м **дальнерасположенный источник;**

2.2. l_{ij} < 10 м **близкорасположенный источник.**

- Для дальнерасположенных источников значения максимальной концентрации загрязнения (C_{Mi}) определяют для каждого выбрасываемого компонента рассматриваемой пары источников.
- Для пары близкорасположенных источников определяют одну общую усредненную концентрацию всех компонентов, рассматриваемой пары источников.

2.1 Если источники находятся на расстоянии более 10 м друг от друга, то значение C_{Mi}, мг/м^3, *i-компонента* определяют по формуле:

$$C_{Mi} = \frac{A \cdot M_i \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (4)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, безразмерный; для территории от 50° с.ш. до 52° с.ш. равен 180 (Саратовская область);

M_i - масса *í - го* вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; (графы 10, табл. 1);

F - коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ, безразмерный; равен:

а) для газообразных вредных веществ – 1;

в) для конденсированных веществ в твердом (аэрозоль) или жидком (аэрозоль) состоянии

$F_{т, ж} = 3$;

H - высота источника над уровнем земли, м; (графа 4 таблицы 1);

V_1 - расход газовоздушной смеси, м^3/с; (графа 7 табл. 1);

ΔT - разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха, равной согласно СНиП 2.01.01.–82, средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, 20,6°; $\Delta T = T_B - 20{,}6°$ (T_B по табл. 1 графа 8)

η - коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, безразмерный; в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот не превышающим 50 м на 1 км, равен 1 (52° с.ш.);

m, n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, определяют в зависимости от параметров *f*, $U_м$.

РАСЧЕТ *m*

Эффективность оседания примеси в атмосфере:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot Д}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (5)$$

где ω_0 - средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с; линейная скорость поступления примеси в атмосферу (6 графа табл. 1)

Д - диаметр устья источника выброса, м (5 графа табл. 1).

Коэффициент m определяется в зависимости от f по формуле:

$$\text{при } f<100 \rightarrow \qquad m=\frac{1}{0{,}67+0{,}4\sqrt{f}+0{,}34\sqrt[3]{f}} \tag{6}$$

$$\text{при } f\geq 100 \rightarrow \qquad m=\frac{1{,}47}{\sqrt[3]{f}} \tag{7}$$

РАСЧЕТ n

Коэффициент n определяется в зависимости от $v_м$ по формуле:

$$v_м = 0{,}65\cdot\sqrt[3]{\frac{V_1\Delta T}{H}} \tag{8}$$

$$\text{при } v_м \geq 2 \rightarrow \qquad n=1 \tag{9}$$

$$\text{при } 0{,}5\leq v_м < 2 \rightarrow \qquad n=0{,}532v_м^2-2{,}13v_м+3{,}13 \tag{10}$$

$$\text{при } v_м < 0{,}5 \rightarrow \qquad n=4{,}4v_м \tag{11}$$

2.2. Для близкорасположенных источников (менее 10 м), определяют выброс суммарной концентрации веществ данной пары по формуле:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V \cdot \Delta T}} \qquad (12)$$

где M - суммарная массовый выброс всех компонентов данной пары близкорасположенных источников в атмосферу ($M = \sum_{i}^{n} M_i$), г/с;

V - суммарный расход газовоздушной смеси от данной пары близкорасположенных источников выброса ($V_1 + V_2$), м/с;

N - количество источников выброса ($N = 2$).

ВАЖНО ПОНИМАТЬ!

На рисунке приведен пример дальне расположенного источника − №3, а близкорасположенные будут обозначаться как № 1 и 2 источники (далее будут рассматриваться, как один обобщенный источник), таким образом, Вы производите расчёт только для двух источников – 3 и (1 и 2 - обобщенный). В обобщенном источнике (1 и 2) параметры показаний необходимые для расчетов концентрации вещества суммируют или находят среднеарифметическую в зависимости от того или иного параметра, игнорируя структуру вещества, то есть по всем перечисленные показания веществ для 1 и 2 источника находите одно значение M (сумма); V (сумма); N (всегда 2), для D, H, ΔT, ω_0 находите – среднеарифметическое значение и обращаете внимание только на результирующее значение полученной приземной концентрации при сравнении ее с ПДК. В конечном итоге Вы должны сравнить полученное значение приземной концентрации (это значение будет одно) с величиной ПДК самого токсичного соединения в Вашем списке (см. свой вариант – это будет самое низкое значение). Далее, если расчетное значение $C_м$ превышает значение ПДК, то проводите мероприятие по уменьшению выброса, ставя фильтры и проводите соответствующие расчеты.

Все остальные параметры, подставляемые в формулы, при расчете максимальной приземной концентрации *i – го* химического вещества от объединенных источников, усредняются:

- $\bar{D} = 1/2\ (D_1 + D_2)$; (13)
- $\bar{H} = 1/2\ (H_1 + H_2)$;
- $\Delta\bar{T} = 1/2\ (T_1 + T_2)$; (14)
- $\bar{\omega}_0 = 1/2\ (\omega_{01} + \omega_{02})$. (15)

(16)

При расчете коэффициентов *m* и *n* для близкорасположенных источников необходимо определить средние величины $\bar{f}$ и $\bar{v}_м$ по формулам (17, 18):

$$\bar{f} = 1000 \frac{\bar{\omega}_0^2 \cdot \bar{Д}}{\bar{H}^2 \cdot \Delta\bar{T}} \quad (17); \qquad \bar{v}_м = 0{,}65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\bar{V}_1 \Delta\bar{T}}{\bar{H}}} \quad (18),$$

посредством усредненных параметров ($\bar{D}, \bar{H}, \Delta\bar{T}, \bar{\omega}_0$), рассчитанных с использованием уравнений (13-16).

Затем, необходимо выбрать формулу для расчета коэффициентов *m* и *n*, как в случае дальнерасположенных источников. Для *m* по формулам (19, 20) при $\bar{f} \rightarrow \bar{m}$:

$$\text{при } \bar{f} < 100 \rightarrow \qquad \bar{m} = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}4\sqrt{\bar{f}} + 0{,}34\sqrt[3]{\bar{f}}} \quad (19)$$

$$\text{при } \bar{f} \geq 100 \rightarrow \qquad \bar{m} = \frac{1{,}47}{\sqrt[3]{\bar{f}}} \quad (20)$$

Коэффициент $\overline{n}$ определяется в зависимости от $\overline{v}_м$ по формуле (18) при условии $\overline{v}_м \rightarrow \overline{n}$:

$$\text{при } \overline{v}_м \geq 2 \rightarrow \quad \overline{n}=1$$

$$\text{при } 0{,}5 \leq \overline{v}_м < 2 \rightarrow \quad \overline{n}=0{,}532\overline{v}_м^{\,2} - 2{,}13\overline{v}_м + 3{,}13$$

$$\text{при } \overline{v}_м < 0{,}5 \rightarrow \quad \overline{n}=4{,}4\overline{v}_м$$

- **По формуле (12) определяют суммарную концентрацию *i – го* вещества (C_{Mi}).**
- **Если необходимо провести расчеты C_{Mi} для одной трубы, то считают при условии как для дальне расположенной трубы.**

3. Определение (радиуса) расстояния $X_м$ (n) , м, от n – го источника выброса, на котором приземная концентрация $C_{мi}$, мг/м^3 , достигнет максимального значения.

$$X_м = \frac{5-F}{4} \cdot \alpha \cdot H \qquad (21)$$

где α - безразмерный коэффициент, определяется в зависимости от f, $v_м$, $v'_м$, f_e .

$$v'_м = 1{,}3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot Д}{H} \qquad (22);$$

$$f_e = 800\,(v'_м)^3 , \qquad (23)$$

при $f < 100$

$v_м \le 0{,}5 \rightarrow \alpha = 2{,}48\,(1 + 0{,}28\sqrt[3]{f_e})$,

$0{,}5 < v_м \le 2 \rightarrow \alpha = 4{,}95\, v_м\,(1 + 0{,}28\,\sqrt[3]{f_e})$,

$v_м > 2 \rightarrow = 7\sqrt{v}\,(1 + 0{,}28\sqrt[3]{f_e})$;

при $f > 100$

$v'_м \le 0{,}5 \rightarrow \alpha = 5{,}7$,

$0{,}5 < v'_м \le 2 \rightarrow \alpha = 11{,}4\, v'_м$,

$v'_м > 2 \rightarrow \alpha = 16\sqrt{v'_м}$.

Радиус выброса гипотетического вещества

$$X_м = \frac{5-F}{4} \cdot \alpha \cdot H$$

близкорасположенные источники (№1 и №2) – рассматриваются как один модельный (усредненный) источник, центр которого находится по середине расстояния между ист. №1 и ист. №2

Радиусы для 3 дальне-расположенного источника:

- Радиус выброса веществ может быть одинаковый (например, для X и Y), (чёрным), если имеют одно агрегатное состояние F.

Радиус выброса гипотетического вещества для модельного источника (близкорасположенные) (ист. 1 и 2) равен :

- Радиус выброса для веществ(а) А источника (красным) F=1, если агрегатное состояние – газообразное.
- Радиус выброса для веществ(а) В источника (зеленым) F=3, если агрегатное состояние вещества жидкость или твердое.

4. Разработка комплекса атмосферных мероприятий, направленных на снижение уровня концентрации до значений ПДК *(установка пылегазоочистного оборудования, изменение режимов работы технологического оборудования, увеличение высоты источника выборов).*

Атмосфероохранные мероприятия разрабатываются только для веществ, создающих концентрацию выше ПДК.

Выбор мероприятия зависит от уровня загрязнения, создаваемого источником выброса, и расстояния, на котором фиксируется максимальная концентрация. При выборе пылегазоочистного оборудования необходимо учитывать степень очистки, а также исключить возможность образования не растворимых соединений веществ, приводящих к закупорке выходных отверстий и выводу установки из действия.

Эффективность ряда основных пылегазоулавливающих аппаратов:

пылегазоулавливающий аппарат	Ki эффективность усл. ед. (%)
Пылеосадительная камера	0,80 (80%)
Обычный фильтр	0,99 (99%)
Электрофильтр	0,995 (99,5 %)
Циклон	0,95 (95%)
Скруббер с мокрой очисткой	0,995 (99,5 %)

Эффективность таких установок (усл. ед.) определяется по формуле:

$$K = (1 - K_i)$$

- В случае недостаточности установки одного аппарата возможна установка несколько последовательно стоящих аппаратов (две и более ступеней очистки), например, фильтры – циклон; фильтр – скруббер; циклон – пылеосадительная камера; фильтр – циклон - пылеосадительная камера; батарейные циклоны.
- Эффективность таких установок (%) определяется по формуле:

$$K = (1 - K_1)(1 - K_2)\ldots(1 - K_n),$$

где $K_1, K_2, \ldots, K_n$ - эффективность первого, второго и последующих аппаратов.

В качестве атмосфероохранного мероприятия может быть использовано изменение режима работы технологического оборудования, например, не совместное, а последовательное выполнение ряда операций. Использование данного мероприятия не связано с затратами, но требует знаний техпроцесса и не подходит для непрерывного техпроцесса (например, химическое производство).

Определим для каждого вещества соотношение $Cm_i/ПДК$.

Результат дает уровень загрязнения в долях ПДК:

например, $Cm_{пыль} = 0{,}062$ мг/м^3; $ПДК_{пыль} = 0{,}5$ мг/м^3; соотношение 0,062/0,5 = 0,124.

Уровень загрязнения воздуха по пыли $0{,}124ПДК < 1$, т.е. загрязнение по пыли отсутствует $Cm_{зола} = 0{,}18$ мг/м^3; $ПДК_{зола} = 0{,}05$ мг/м^3; соотношение 0,18/0,05 = 3,6.

Уровень загрязнения воздуха по золе $3{,}6ПДК > 1$.

Для золы соотношение > 1, т.е. создается повышенный уровень загрязнения. Необходимо пылегазоочистное оборудование на источник 1, средний эффект очистки которого 95 % (К=95%), а именно, циклон. Проверим эффективность мероприятия:

$$M'_I = M_{зола}\,(1\text{-}К/100) = 0{,}9\times(1\text{-}0{,}95) = 0{,}045\ г/с.$$

$$Cm'_i = \frac{180\times M'_{зола}\times 2\times 0{,}91\times 1{,}36\times 1}{25^2\times\sqrt{1{,}5\times 99{,}4}} = \frac{180\times 0{,}045\times 2\times 0{,}91\times 1{,}36\times 1}{25^2\times\sqrt{1{,}5\times 99{,}4}} = 0{,}006\ мг/м^3 < 1.$$

Соотношение 0,006/0,05 = 0,12. Уровень загрязнения воздуха по золе стал 0,12*ПДК* < 1, т.е. данное мероприятие эффективно.