

Инженерная экология

Лекция 11

Антропогенное воздействие на гидросферу

5.2. Предельная концентрация загрязнения.

Предельная концентрация загрязнения в стоке $C_{ст\ пред.}$ определяемая по формуле (2.19) и сопоставляется с $C_{ст\ сред.}$

Если необходимо уменьшить величину $C_{ст\ сред.}$, то с учётом каждого стока в отдельности ($q_1 C_{ст1}$; $q_2 C_{ст2}$, ...) решается, на каком стоке экономически выгодней осуществить меры по уменьшению количества и концентрации загрязнителя. При прочих равных условиях доступней и эффективней это осуществлять на стоке с более высокой концентрацией. Повторный проверочный расчёт для концентрации загрязнения у первого пункта водопользования ведут по формуле (2.21), записанной в виде:

$$C_{п.вод.} = \frac{q_{сум} C_{ст.сред.} + \gamma Q C_p}{q_{сум} + \gamma Q} \quad (2.22)$$

C_p и $C_{п\ вод}$ сопоставляются с $C_{пред\ доп.}$ и делаются соответствующие выводы.

5.2. Предельная концентрация загрязнения.

Если в общем стоке промышленные загрязнения относятся к одной группе по лимитирующему показателю вредности, но ПДК этих веществ разные и каждое из веществ обнаруживается в стоке в определённой концентрации, то по формуле (2.21) определяют предельные уровни концентрации в стоке каждого из веществ отдельно: сначала для первого вещества у первого пункта водопользования:

$$C_{п.вод1} = \frac{qC_{ст1} + \gamma Q C_{р1}}{q + \gamma Q}, \quad (2.23)$$

и таким же образом определяют $C_{п.вод2}$ и т.д. после этого составляют уравнение:

$$\frac{C_{п.вод1}}{ПДК_1} + \frac{C_{п.вод2}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_{п.водn}}{ПДК_n} \leq 1. \quad (2.24)$$

Если сумма отношений концентраций всех веществ одного лимитирующего признака к своим ПДК оказалась больше 1, то следует рассмотреть возможные способы уменьшения концентраций каждого из веществ в воде.

5.2. Предельная концентрация загрязнения.

При этом в процессе проектирования имеется возможность выбора тех веществ (из всех участвующих в комбинированном действии), которые поддаются уменьшению в стоках наиболее доступными способами. Затем делается повторный проверочный расчёт с учётом эффективности осуществлённых мероприятий, чтобы удостовериться, что сумма отношений концентраций в первом пункте водопользования не больше единицы.

Если в промышленном стоке, который проектируется к отведению в водоём, содержатся вещества разных групп по лимитирующему признаку вредности:

- а) вначале группируются вредные вещества по их лимитирующему признаку вредности (санитарно-токсикологическому или органолептическому);
- б) для каждой из этих групп расчёты осуществляются по формулам (2.23) и (2.24);
- в) если в стоке содержится вещество, которое лимитируется по другому лимитирующему признаку, к примеру, по влиянию на санитарный режим водоёма, то расчёт отведения стока в водоём по этому веществу осуществляется по формуле (2.19).

5.3. Кратность разбавления сточных вод в реке

Кратность начального разбавления n_n учитывается при выпуске сточных вод в водоток в следующих случаях:

- а) для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоток при скоростях реки и стока V_p и V_{CT} удовлетворяющих условию $V_{CT} > 4 V_p$,
- б) при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска более 2 м/с (при меньших скоростях $n_n = 1$);
- в) для не зарегулированных водотоков – расчетный минимальный среднемесячный расход воды;
- г) для зарегулированных водотоков – установленный гарантированный расход ниже санитарного пропуска (плотины) с учетом исключения возможных обратных течений в нижнем бьефе.

Кратность основного разбавления n_0 определяется по методу З.А. Фролова - И.Д. Родзиллера:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q} \quad (2.25)$$

где Q - расчетный расход водостока, м³/с;

γ - коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа.

5.3. Кратность разбавления сточных вод в реке

Кратность разбавления может быть рассчитана как отношение концентрации ЗВ в месте выпуска к концентрации в рассматриваемом сечении водотока:

$$n = (C_{ст.в.} - C_{\phi}) / (C_x - C_{\phi}) \quad (2.26)$$

где $C_{ст.в.}$ и C_x – концентрации ЗВ в сточной воде и в рассматриваемом створе после выпуска сточных вод, соответственно, мг/дм³.

C_{ϕ} – фоновая концентрация ЗВ в фоновом месте водоема до выпуска сточных вод, мг/дм³.

5.4. Разбавление сточных вод в водохранилище

При поступлении сточных вод в водохранилище степень возможного их разбавления определяется по методу М.А. Руффеля, по которому полное разбавление ($n_{полн}$) является результатом совместного влияния начального разбавления ($n_{нач}$), происходящего непосредственно у выпуска сточных вод, и основного ($n_{осн}$), продолжающегося по мере продвижения от места выпуска сточных вод:

$$n_{полн} = n_{нач} \cdot n_{осн} .$$

(2.27)

5.4. Разбавление сточных вод в водохранилище

Полное разбавление определяется по формуле:

$$n_{\text{полн}} = \frac{q + 0,111 \cdot V_{\text{ср}} \cdot H^2_{\text{ср}}}{q + 0,111 \cdot V_{\text{ср}} \cdot r \cdot H^2_{\text{ср}}} \left[1 + 0,412 \cdot \left(\frac{L}{\Delta x} \right)^{0,627 + 0,0002 \cdot \frac{L}{\Delta x}} \right]. \quad (2.28)$$

На основании наблюдений и расчётов $V_{\text{ср}}$ принимается (в зависимости от направления ветра и ветровых течений), равной: для верхней трети глубины водохранилища - 0,106, для средней - 0,28 и для нижней - 0,078 м/с;

q - расход сточной жидкости;

$H_{\text{ср}}$ - глубина, определяемая при средних глубинах водохранилища:

3-4 м - на участке протяжённостью 60 м,

5-6 м - на участке протяжённостью 150 м,

7-8 м - на участке протяжённостью 200 м,

9-10 м - на участке протяжённостью 250 м;

r - принимается равным: 0,1 - при выпуске в верхней трети глубины или в мелководной прибрежной части и 0,05 - при выпуске в нижней трети глубины;

L - расстояние от места выпуска сточных вод до населённого пункта;

Δx - отрезок расстояния от места выпуска сточных вод до населённого пункта.

5.5. Полное разбавление при поверхностном выпуске сточных вод

При расчёте полного разбавления при поверхностном выпуске сточных вод сначала определяется $n_{\text{нач}}$ при $r = 0,1$ и $V_{\text{ср}} = 0,106$ м/с по формуле:

$$n_{\text{нач}} = \frac{q + 0,111 \cdot 0,106 \cdot H_{\text{ср}}^2}{q + 0,111 \cdot 0,106 \cdot 0,1 \cdot H_{\text{ср}}^2} = \frac{q + 0,0118 \cdot H_{\text{ср}}^2}{q + 0,00118 H_{\text{ср}}^2}.$$

$$n_{\text{нач}} = \frac{q + 0,0118 \cdot H_{\text{ср}}^2}{q + 0,00118 \cdot H_{\text{ср}}^2} \quad (2.29)$$

Из-за сложности вычислений правой части равенства М.А. Руффелем рекомендована номограмма (рис.1), по которой сразу находится величина полного разбавления. Номограмма имеет пучок прямых, соответствующих начальному разбавлению $n_{\text{нач}}$, и пучок кривых, соответствующих средней глубине участка водохранилища.

5.5. Полное разбавление при поверхностном выпуске сточных вод

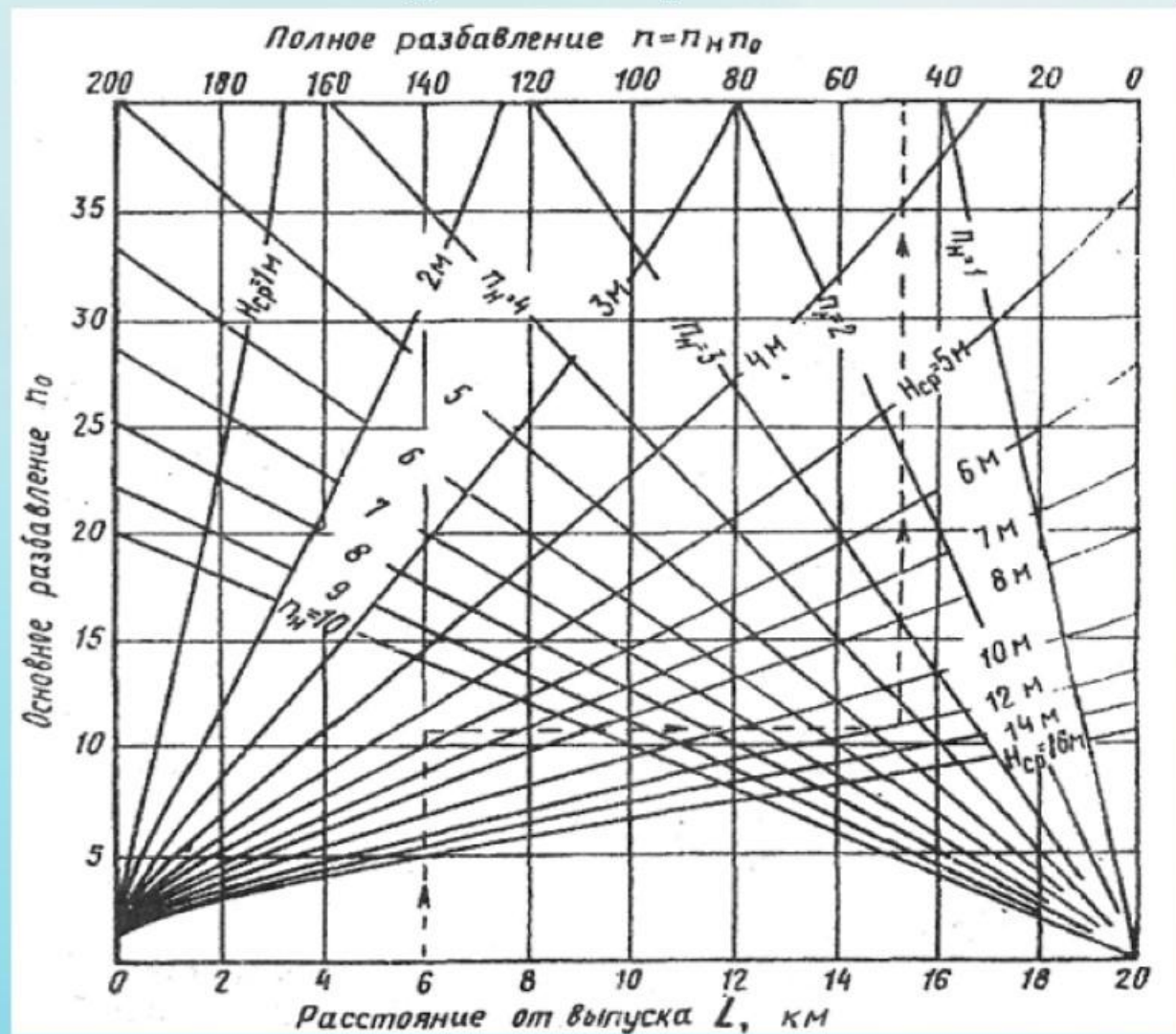


Рис. 2.3 Номограмма для расчета разбавления сточных вод в водохранилище при выпуске у берега

5.5. Полное разбавление при поверхностном выпуске сточных вод

Для нахождения $n_{\text{полн}}$ на оси абсцисс (ось L) находят точку, соответствующую расстоянию L от места выпуска сточных вод до ближайшего прибрежного населённого пункта; из этой точки проводится вертикаль до пересечения с наклонной линией, соответствующей $H_{\text{ср}}$.

Из точки пересечения с $H_{\text{ср}}$ проводится горизонталь до пересечения с наклонной линией, соответствующей $n_{\text{нач}}$, далее поднимается вертикаль до пересечения с верхней абсциссой, где находят величину полного разбавления $n_{\text{полн}}$.

5.6. Полное разбавление при глубинном выпуске.

Полное разбавление при глубинном выпуске с учётом, что $V_{\text{ср}} = 0,078$ м/с и $r = 0,05$, определяется по формуле:

$$n_{\text{полн}} = \frac{q + 0,0087 \cdot H_{\text{ср}}^2}{q + 0,000435 \cdot H_{\text{ср}}^2} \left[1,85 + 2,32 \cdot \left(\frac{L}{\Delta x} \right)^{0,41 + 0,0064 \frac{L}{\Delta x}} \right], \quad (2.30)$$

в которой первый сомножитель соответствует $n_{\text{нач}}$, а второй в квадратных скобках - $n_{\text{осн}}$.

5.6. Полное разбавление при глубинном выпуске

Для этого случая М.А. Руффель составил номограмму (рис.2), аналогичную номограмме для спуска стоков у берегов. Сначала определяется начальное разбавление по формуле:

$$n_{\text{нач}} = \frac{q + 0,0087 \cdot H_{\text{ср}}^2}{q + 0,000435 \cdot H_{\text{ср}}^2} \quad (2.31)$$

Для нахождения $n_{\text{полн}}$ на оси абсцисс находят точку, соответствующую расстоянию выпуска от берега; из этой точки проводят вертикаль до пересечения кривой, соответствующей средней глубине ($H_{\text{ср}}$). Из точки пересечения с $H_{\text{ср}}$ проводится горизонталь до пересечения с наклонной линией, соответствующей $n_{\text{нач}}$; далее вертикаль поднимается до пересечения с верхней абсциссой, где находят величину полного разбавления $n_{\text{полн}}$.

5.6. Полное разбавление при глубинном выпуске

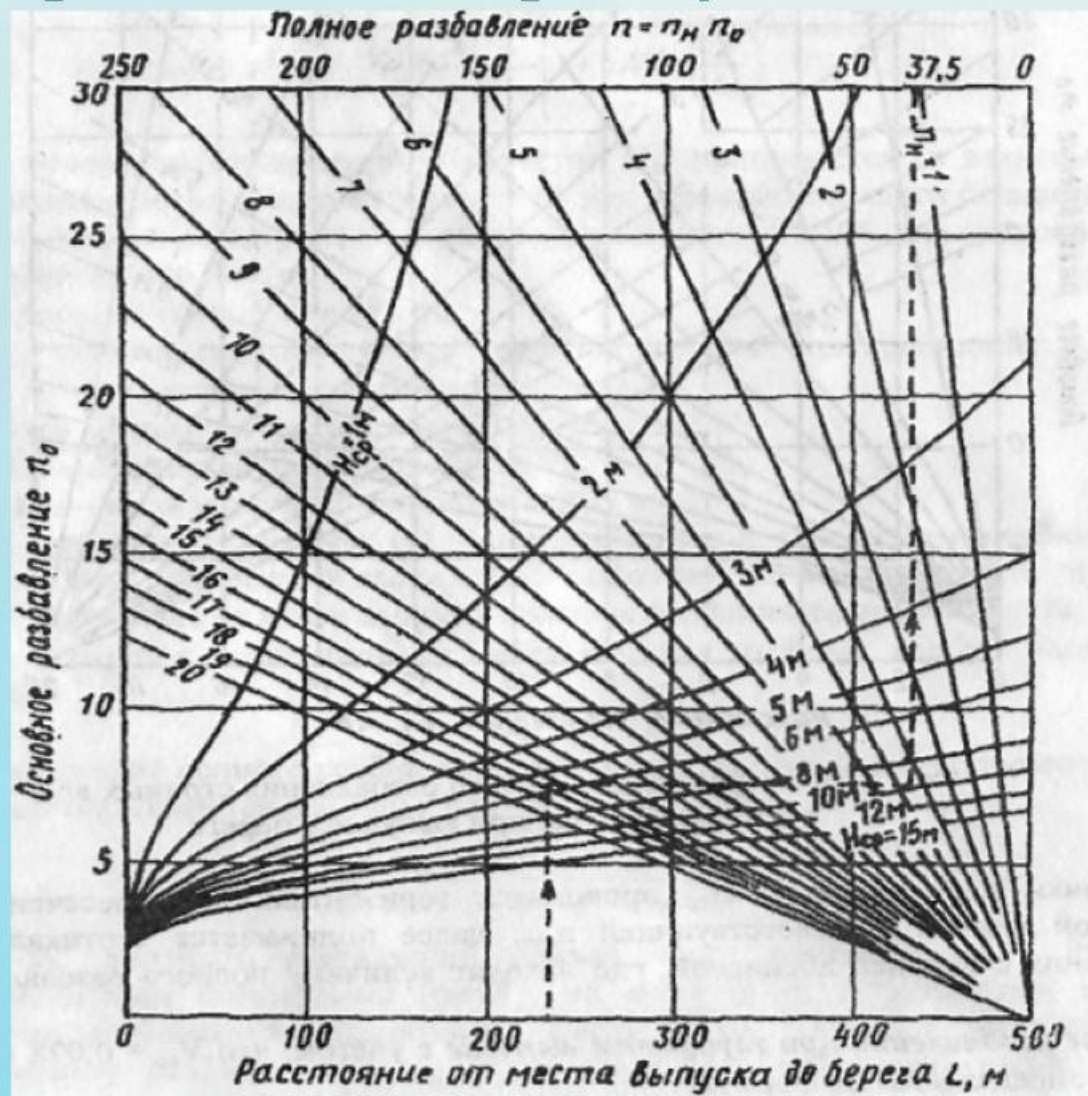


Рис. 2.4 Номограмма для расчета разбавления сточных вод в водохранилище при глубинном выпуске на расстоянии от берега

5.7. Расчет НДС

Под НДС понимается масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению (в установленном режиме) в единицу времени. Для каждого конкретного случая при установлении лимита отведения сточных вод в водный объект и для прогнозирования степени загрязнения водного объекта вниз по течению проектируемого выпуска расчет значения НДС производится на основе уравнения баланса, учитывающего фоновую концентрацию, гидрологические, гидравлические и гидродинамические особенности водного объекта.

Значение НДС, г/с, или г/ч, или т/год, с учетом требований к составу и качеству воды в водном объекте определяется как произведение наибольшего расхода сточных вод (обычно среднечасового) q , м³/г, и разрешенной предельной концентрации вредного вещества в сточных водах $C_{\text{пдо}}$ г/м³. При расчете условий сброса сточных вод сначала находится значение $C_{\text{пдс}}$, обеспечивающее нормативное качество воды в контрольных сбросах, а затем - НДС согласно уравнению

$$\text{НДС (ПДС)} = q_{\text{ст в}} C_{\text{НДС ст в}} \quad (2.32)$$

$$\text{НДС} = q \cdot (n \cdot (\text{ПДК} - C_p) + C_p) \quad (2.33)$$

5.7. Расчет НДС

Сброс, соответствующий НДС, должен быть увязан с расходом сточной воды, так как уменьшение расхода при сохранении значения НДС приводит к концентрации вещества в водном объекте, превышающей ПДК. Если концентрация загрязняющего вещества в водном объекте превышает ПДК, то $C_{\text{ПДС}}$ в каждом конкретном случае согласовывается с инспекционными органами.

При расчете условий сброса без учета неконсервативности ЗВ сначала определяется величина допустимой среднегодовой концентрации ($C_{\text{НДС ст в}}$), обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе, она учитывает ПДК и фоновые концентрации ЗВ:

$$C_{\text{НДС ст в}} = n \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} \quad (2.34)$$

Где $C_{\text{ПДК}}$ – ПДК ЗВ в водах водотока, г/м³;

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация ЗВ в воде водотока (г/м³) выше выпуска сточных вод (величина, определяемая в соответствии с действующими документами по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков);

n – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке, равная произведению кратности начального разбавления на кратность основного разбавления.

5.7. Расчет НДС

При сбросе и разбавлении сточных вод необходимо, чтобы НДС и $C_{НДС\ ст\ в}$ обеспечивали концентрацию ЗВ в контрольном створе меньшую или равную их ПДК. С учетом консервативности ЗВ величина допустимой среднегодовой концентрации рассчитывается по формуле:

$$C_{НДС\ ст\ в} = n \cdot (C_{ПДК} \cdot e^{kt} - C\phi) + C\phi \quad (2.35)$$

Где k – коэффициент неконсервативности органического вещества, показывающий скорость потребления кислорода, зависящий от характера органического вещества. сут^{-1} ;

t – время добегаания от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сут.

Значения коэффициентов неконсервативности принимаются по данным натуральных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры и скорости течения воды реки.

При установлении НДС по БПК расчетная формула принимает вид:

$$C_{НДС\ ст\ в} = n \cdot [(C_{ПДК} - C_{см}) \cdot e^{k_0 t} - C\phi] + C\phi \quad (2.36)$$

5.7. Расчет НДС

Где k_0 – осредненное значение коэффициента неконсервативности органического вещества, обуславливающих БПК_{полн} фона и сточных вод, сут⁻¹.

$C_{см}$ - БПК_{полн}, обусловленная метаболитами и органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега.

Значение $C_{см}$ принимается равным для горных рек – 0,6-0,8 г/м³; для равнинных рек, протекающих по территории, почва которой не слишком богата органическими веществами, – 1,7-2 г/м³; для рек болотного питания или протекающих по территории, с которой смывается повышенное количество органических веществ, – 2,3-2,5 г/м³. Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, $C_{см}$ принимается = 0.

Иногда расчет проводится с учетом обобщённого показателя вредности по составу стока $R_{ст}$ и составу вод реки выше сброса R_p

$$R_{ст} = \frac{1}{\sum \text{ПДК}} \cdot \sum \frac{\alpha_{сти}}{\xi_i} = \frac{4,56}{2,2} = 2,07; \quad R_p = \frac{1}{\sum \text{ПДК}} \cdot \sum \frac{\alpha_{pi}}{\xi_i} = \frac{5,95}{2,2} = 2,70. \quad (2.37)$$

5.7. Расчет НДС

Где промежуточные показатели рассчитываются как:

$$\alpha_{ст} = C_{сти}/\Sigma C_{ст}; \alpha_p = C_{pi}/\Sigma C_p; \xi_i = ПДК_i/ \Sigma ПДК \quad (2.38)$$

А НДС будет равен

$$НДС = \frac{Q \cdot (1 - C_p \cdot R_p)}{R_{ст}} \quad (2.39)$$

Расчет НДС для выпусков сточных вод в водохранилища и озера определяется с учетом специфики гидродинамического и биохимического состояния данных объектов и места выпуска сбросов в водоемы по глубине. Считается, что полное разбавление сточных вод в водоеме является результатом совместного влияния начального разбавления, происходящего вблизи водовыпуска за счет скорости и турбулентности струи, и основного разбавления, осуществляющегося вследствие диффузии.

Озера могут быть непроточными и проточными. В первом случае перемешивание вод происходит лишь за счет ветровых течений, направление которых изменчиво. Поэтому сброс стоков с берега крайне нежелателен, т.к. с определенной степенью вероятности ветер будет дуть в сторону сброса от водоёма, что приведет к очень сильному загрязнению прибрежной зоны, а ветер, дующий вдоль берега, будет приводить к загрязнению большой прибрежной зоны.

5.7. Расчет НДС

Углубленный сброс вдали от берега возможен, но для установления НДС необходимо подробное изучение гидрологии данного водоема.

Разбавление сточных вод в морях связано с рядом особенностей. Плотность сточной воды всегда меньше, чем плотность морской воды, поэтому при глубинном сбросе струи стоков всегда поднимаются, и при этом происходит их разбавление. «Расход» морской воды всегда много больше расхода стока, а концентрация ЗВ в створе примерно равна его концентрации в исходной морской воде, т.к. максимальная кратность разбавления стремится к бесконечности. Для ряда сбросов сточных вод в моря на значительной глубине, на основе их экспериментальных исследований разработаны индивидуальные методы расчета НДС, но из-за существенной разницы в гидрологии мест сброса их применение для других видов сбросов не всегда возможно.

Проект НДС разрабатывается и утверждается для действующих и проектируемых организаций водопользователей. НДС разрабатывается на 5 лет. В случае изменения показателей водного объекта (более чем на 20 %) или изменения технологии производства, возможно уточнение величин НДС. Сброс веществ, не указанных в проекте НДС, водопользователю запрещен.