ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
Гидрохимический институт
(г. Ростов-на-Дону)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБОСНОВАНИЮ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ И РАСЧЕТУ ВЫНОСА С РЕЧНЫМ СТОКОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1990

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Гидрохимический институт
(г. Ростов-на-Дону)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБОСНОВАНИЮ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ И РАСЧЕТУ ВЫНОСА С РЕЧНЫМ СТОКОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1990

УДК 504.64.36:547.912:556.162

Одобрено секцией по методам контроля и прогноза загрязненности природной среды Госкомгидромета СССР

Ответственный редактор
д-р геогр. наук, проф.
М. Н. ТАРАСОВ

М $\frac{1805040700\text{-}104}{069(02)\text{-}90}$ без объявл.

© Гидрохимический институт, 1990 г.

ВВЕДЕНИЕ

Нефть и продукты ее переработки относятся к числу наиболее опасных для природной среды загрязняющих веществ. Вместе с тем, постоянно растущая потребность в этих соединениях приводит к несокращающемуся выбросу в природную среду отходов переработки нефти и продуктов сгорания нефтепроизводного топлива. Наряду с образованием большого количества сточных вод не прекращаются и прямые потери нефти и нефтепродуктов при добыче и транспортировке. Общая сумма этих потерь в мире составляет 40–50 млн т/год [3, 7, 9, 18].

Значительная часть нефтяных загрязняющих веществ поступает в океан, внутренние моря и водоемы с речным стоком. По оценкам Национальной Академии Наук США, в океан ежегодно поступает около 6 млн т нефтяных углеводородов, приток с речными водами составляет 28 % [17]. Для внутренних морей и водоемов это значение возрастает. Так, например, в европейские моря с речным стоком ежегодно попадает от 30 до 50 % общего количества поступающих в них нефтяных углеводородов [15, 16, 19].

Глобальный характер загрязнения поверхностных вод нефтью и нефтепродуктами ведет к опасным для экосистем последствиям. В этой связи появились и развиваются две важные и взаимосвязанные проблемы:

1) разработка эффективных мероприятий по борьбе с потерями нефти при добыче и транспортировке, а также по сокращению на производстве потребления свежей воды и снижению сброса сточных вод в водные объекты (переход на оборотное водоснабжение, повторное использование сточных вод, совершенствование процессов очистки сточных вод и технологических процессов, вплоть до разработки безотходных технологий) [3, 4, 14];

2) развитие сложной комплексной системы контроля степени загрязненности природных вод этими веществами.

Эффективное решение проблемы контроля невозможно без организации обоснованной системы наблюдений за концентрацией и определения выноса нефтепродуктов с речным стоком в моря, озера и водохранилища. Особую сложность этой задаче придают многокомпонентность состава нефтепродуктов, присутствие их в природных водах в различных формах (растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности воды), трудности, связанные с отбором и обработкой проб воды и сложностью химического анализа.

В системе контроля выноса нефтепродуктов речным стоком большое внимание придается оценке этих величин и определению надежности их значений. Это необходимо, с одной стороны, для установления долговременных тенденций загрязнения контролируемых водных объектов, а с другой – для принятия обоснованных решений по сокращению выноса.

При планировании сети наблюдений необходимо стремиться к тому, чтобы число гидрохимических съемок и проб в сечении реки в течение расчетного периода обеспечивало необходимую точность расчета выноса нефтепродуктов. Практический опыт контроля, накопленный за последние 15 лет, свидетельствует, что для нефтепродуктов не существует понятие „створ полного смешения" и временна́я изменчивость концентрации не является закономерной даже в случае воздействия стационарных источников загрязнения природных вод этими веществами.

При достаточной частоте пространственно-временного контроля за содержанием нефтепродуктов в реке расчет выноса следовало бы проводить суммированием произведений средней концентрации по сечению на расход воды при равномерном распределении гидрохимических съемок во времени. Однако такой контроль при существующих технических возможностях его проведения практически нереален. В этой связи при оценке выноса целесообразно ввести некоторые допущения, которые, с одной стороны, позволили бы проводить контроль существующими сегодня методами, а с другой – позволили бы оценить погрешности расчета выноса.

Указанные принципы уже были применены ранее во Временной инструкции по расчету выноса нефтепродуктов реками в моря, озера и водохранилища [1] и во Временных методических рекомендациях по расчету выноса органических и биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком [2].

Настоящие методические рекомендации существенно отличаются от работы [1], во-первых, тем, что они основаны на значительно большем объеме полевых исследований и анализе длительных рядов наблюдений на сети ОГСНК, во-вторых, они более просты для использования. По общей схеме расчета рекомендации близки к работе [2]. Они учитывают относительные погрешности временно́го ряда средней концентрации, единичного определения концентрации нефтепродуктов и погрешность определения стока воды. Рекомендации позволят планировать и оптимизировать сеть наблюдений, по данным которой можно рассчитать вынос нефтепродуктов с заданной погрешностью.

Работа основана на результатах наблюдений за изменчивостью содержания нефтепродуктов во времени и по сечению на приустьевых участках ряда рек, в разной степени подверженных антропогенному воздействию и находящихся в различных физико-географических условиях (табл. 1), а также на результатах наблюдений ОГСНК за содержанием нефтепродуктов в замыкающих створах 52 рек СССР за период 1975–1985 гг.

Пробы воды и поверхностной пленки отбирались согласно рекомендациям работ [10, 11]. Раздельное выделение из проб воды растворенных, эмульгированных и сорбированных на взвешенных частицах нефтепродуктов не проводилось в связи со значительными экспериментальными трудностями при массовом отборе проб и невхождением их в схему контроля [11], т. е. определялось суммарное содержание нефтепродуктов в

Таблица 1

Объем полевых исследований

Река	Длина участка реки, км	Годы наблюдений	Число						Источник информации
			съемок	створов	вертикалей	точек отбора на вертикали	отобранных проб: воды	отобранных проб: пленки	
Западная Двина	48,2	1972	1	4	3	2–3	35	12	[1]
Сунжа	66,0	1972	1	4	3	2	24	12	[1]
Селенга	83,5	1972	1	4	3	3	44	15	[1]
То же		1976, 1977	13	1	3	2–3	88	–	Материалы лаборатории гидрохимии озер
Дон	22,5	1987, 1988	6	5–7	5	1–3	498	131	Собственные исследования
Северский Донец	3,8	1986–88	7	5	5	1–3	565	124	То же
Кубань	2,7	1987, 1988	4	5	3	1–3	260	71	"
Кальмиус	13,5	1986–88	7	3	3	1–3	262	94	"
		Итого					1776	457	

трех названных формах.

Нефтепродукты определялись методом тонкослойной хроматографии с ИК- и УФ-спектрофотометрическим и люминесцентным окончанием [11].

Исследования по содержанию пленочной нефти на приустьевых участках рек показали, что в пробах пленки, отобранных на стрежне и в среднем по ширине реки, доля пленочной нефти составляет 0,1–3,0 % суммарного ее содержания в воде, т. е. ниже погрешности определения нефтепродуктов и поэтому может не учитываться при расчете их выноса реками.

Таким образом, настоящие методические рекомендации содержат основные положения по проведению наблюдений в замыкающих створах рек за суммарным содержанием растворенных, эмульгированных и адсорбированных на взвешенных веществах нефтепродуктов, обработке полученных материалов, расчету выноса и оценке погрешности расчета выноса этих форм нефти[1]. Рекомендации могут использоваться в системе ОГСНК Госкомгидромета СССР, а также на предприятиях и в других учреждениях, деятельность которых связана с использованием и охраной поверхностных вод (при составлении балансов нефтепродуктов в морях, при оценке

[1] Здесь не рассматриваются особенности поведения нефти при поступлении речных вод в эстуарии.

эффективности водоохранных мероприятий на речных водосборах и для других целей).

Рекомендации составлены Отделом прогнозирования химического состава поверхностных вод суши Гидрохимического института.

В работе принимали участие д-р геогр. наук, проф. М. Н. Тарасов (руководство работой и редактирование методических рекомендаций); д-р хим. наук А. Г. Страдомская (методическое руководство аналитическими работами); канд. хим. наук Н. П. Матвеева (руководство проведением полевых и лабораторных исследований, составление методических рекомендаций); канд. техн. наук И. А. Крючков (НИМИ, математическая обработка материалов, составление методических рекомендаций); канд. геогр. наук А. В. Быстров (проведение гидрометрических и гидрохимических съемок на водных объектах, обеспечение гидрологической информацией).

В проведении экспедиционных и аналитических работ и в обработке информации принимали участие сотрудники Лаборатории методов прогнозирования химического состава поверхностных вод Л. А. Герасимова, А. И. Осипов, Р. Б. Щегловская и сотрудники Комплексной гидрохимической и гидробиологической экспедиции ГХИ В. С. Букуров и Н. А. Глазкова.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТА ВЫНОСА НЕФТЕПРОДУКТОВ РЕКАМИ

Нефтепродукты являются загрязняющими веществами антропогенного происхождения, поступление которых в реки имеет случайный неупорядоченный характер[1]. Проведенная статистическая обработка временных рядов концентрации нефтепродуктов и соответствующих значений расхода воды на ряде рек СССР однозначно подтвердила отсутствие корреляционной зависимости между этими показателями. Абсолютные значения коэффициента корреляции не превышают 0,3. Аналогичный вывод был сделан на основании анализа временных рядов концентрации нефтепродуктов и расходов воды за 10-летний период по р. Оке [13]. В этом случае значение коэффициента корреляции меньше 0,2.

Отсутствие связи между концентрацией нефтепродуктов и расходом воды позволяет рекомендовать для расчета выноса нефтепродуктов реками формулу

$$G = \bar{C}\,Q, \qquad (1)$$

где G – вынос нефтепродуктов за расчетный период, например, за год; $\bar{C}$ – средняя арифметическая концентрация нефтепродуктов; Q – сток воды за этот период.

[1] Здесь не рассматривается вопрос естественного продуцирования углеводородов в водных объектах.

Отсутствие связи между концентрацией нефтепродуктов и расходами воды позволяет рассчитывать вынос без выделения гидрологических фаз, что значительно упрощает методику расчета и оценку точности полученных результатов.

1.1. Оценка достоверности расчета выноса нефтепродуктов

При расчете выноса нефтепродуктов по формуле (1) относительная погрешность выноса составит по А. С. Чеботареву [12]

$$S_G = \sqrt{S_Q^2 + S_K^2}, \qquad (2)$$

где S_Q – относительная погрешность определения стока воды[1]; S_K – относительная погрешность средней концентрации нефтепродуктов за расчетный период.

Погрешность определения стока воды (~ 7 %) значительно меньше погрешности расчета средней концентрации (~30–50 %), в связи с чем последняя величина является основной составляющей погрешности расчета выноса.

Погрешность определения средней концентрации нефтепродуктов складывается из двух элементов: 1) погрешности расчета средней концентрации нефтепродуктов в сечении реки, которая связана с числом проб, точностью анализа каждой отдельно взятой пробы и неравномерностью распределения нефтепродуктов в сечении реки; 2) погрешности, возникающей вследствие того, что концентрация нефтепродуктов в сечении реки, определенная по данным *i*-й гидрохимической съемки и распространенная на весь соответствующий расчетный период, недостаточно точно характеризует действительную среднюю концентрацию нефтепродуктов за этот период. Эту составляющую можно назвать погрешностью среднего значения временного ряда концентрации. Она зависит от изменчивости средней концентрации нефтепродуктов в расчетном створе реки во времени и от числа гидрохимических съемок.

По У. Крамбайну и Ф. Грейбилу [5], оценку относительной погрешности средней концентрации нефтепродуктов S_K можно вычислить по формуле

$$S_K = \sqrt{(\nu_c^2/K + \nu_в^2)/n}, \qquad (3)$$

где n – число гидрохимических съемок за расчетный период; $\nu_в$ и ν_c – средние относительные погрешности временного ряда средней концентрации нефтепродуктов в сечении реки и единичного определения концентрации нефтепродуктов в сечении соответственно; K – число проб в сечении реки.

---

[1] S_Q в каждом конкретном случае зависит от условий и детальности наблюдений и рассчитывается в соответствующих Управлениях по гидрометеорологии.

Величина ν_c – функция числа проб в сечении реки, изменчивости в пространстве исследуемого показателя и точности единичного аналитического определения нефтепродуктов в пробе. Тогда

$$\nu_c = \sqrt{\nu_a^2 + \nu_п^2}, \quad (4)$$

где ν_a – относительная погрешность аналитического определения концентрации нефтепродуктов в пробе; $\nu_п$ – относительная погрешность концентрации нефтепродуктов в сечении реки, связанная с числом отбираемых проб и изменчивостью в пространстве концентрации нефтепродуктов в этом сечении.

Значение $\nu_п$ можно рассчитать как осредненную оценку коэффициента вариации нефтепродуктов в сечении реки

$$\nu_п = \sqrt{(1/n)\,\Sigma\sigma_c^2 / \bar{C}}, \quad (5)$$

где σ_c – среднеквадратическое отклонение единичного определения концентрации нефтепродуктов, связанное с вариацией ее значений в сечении реки; $\bar{C}$ – средняя концентрация нефтепродуктов за расчетный период;

$$\bar{C} = \Sigma\,\bar{C}_j / n, \quad (6)$$

где $\bar{C}_j$ – средняя концентрация нефтепродуктов в сечении реки по данным j-й съемки.

Величина σ_c рассчитывается по формуле

$$\sigma_c = \pm\sqrt{\Sigma\,(C_{ij} - C_j)^2 / (1 - K)}, \quad (7)$$

где C_{ij} – концентрация i-й пробы соответствующего j-го сечения реки.

Значение ν_a обычно не превышает 10–15 % осредненной концентрации нефтепродуктов $\bar{C}$. Погрешность $\nu_п$ колеблется от 20 до 80 % $\bar{C}$. В связи с этим технической погрешностью аналитического определения нефтепродуктов ν_a можно пренебречь (т. е. $\nu_c = \nu_п$) и рассчитывать ν_c по формуле (5).

Величину $\nu_в$ можно оценить коэффициентом вариации, характеризующим относительную изменчивость средней концентрации нефтепродуктов в сечении реки в течение расчетного периода:

$$\nu_в = \sigma_в / \bar{C}, \quad (8)$$

где $\sigma_в$ – оценка среднеквадратического отклонения временного ряда средней концентрации нефтепродуктов в сечении реки.

Величина $\sigma_в$ рассчитывается по известной формуле

$$\sigma_в = \pm\sqrt{\Sigma\,(\bar{C}_j - \bar{C})^2 / (n - 1)}. \quad (9)$$

Относительная погрешность расчета выноса нефтепродуктов S_G вычисляется по формуле (2). Умножая значение выноса G на относительную погрешность его расчета S_G, получаем погрешность выноса в абсолютном выражении

$$\Delta G = \pm G S_G. \quad (10)$$

1.2. Определение частоты наблюдений для расчета выноса нефтепродуктов с заданной точностью

Программа наблюдений для расчета выноса нефтепродуктов определяется требуемой точностью расчета выноса нефтепродуктов, изменчивостью концентрации нефтепродуктов в сечении реки и во времени экономическими возможностями сети ОГСНК.

Основной составляющей относительной погрешности расчета выноса нефтепродуктов является допустимая относительная погрешность расчета средней концентрации нефтепродуктов за расчетный период, которая определяется по формуле

$$S_K = \sqrt{S_G^2 - S_Q^2}, \qquad (11)$$

Величины $\nu_в$ и $\nu_с$, входящие в формулу (3), являются коэффициентами вариации, отражающими изменчивость концентрации нефтепродуктов во времени и пространстве. Они объективно характеризуют распределение нефтепродуктов в данной реке. Числа гидрохимических съемок n и проб в сечении реки K могут быть выбраны произвольно так, чтобы относительная погрешность определения средней концентрации нефтепродуктов не превышала допустимую относительную погрешность расчета концентрации, полученную по формуле (10). Задавая число проб, отбираемых в сечении реки, и зная характеристики изменчивости концентрации нефтепродуктов $\nu_в$ и $\nu_с$, можно определить при заданной погрешности расчета средней концентрации необходимое число гидрохимических съемок в течение расчетного периода

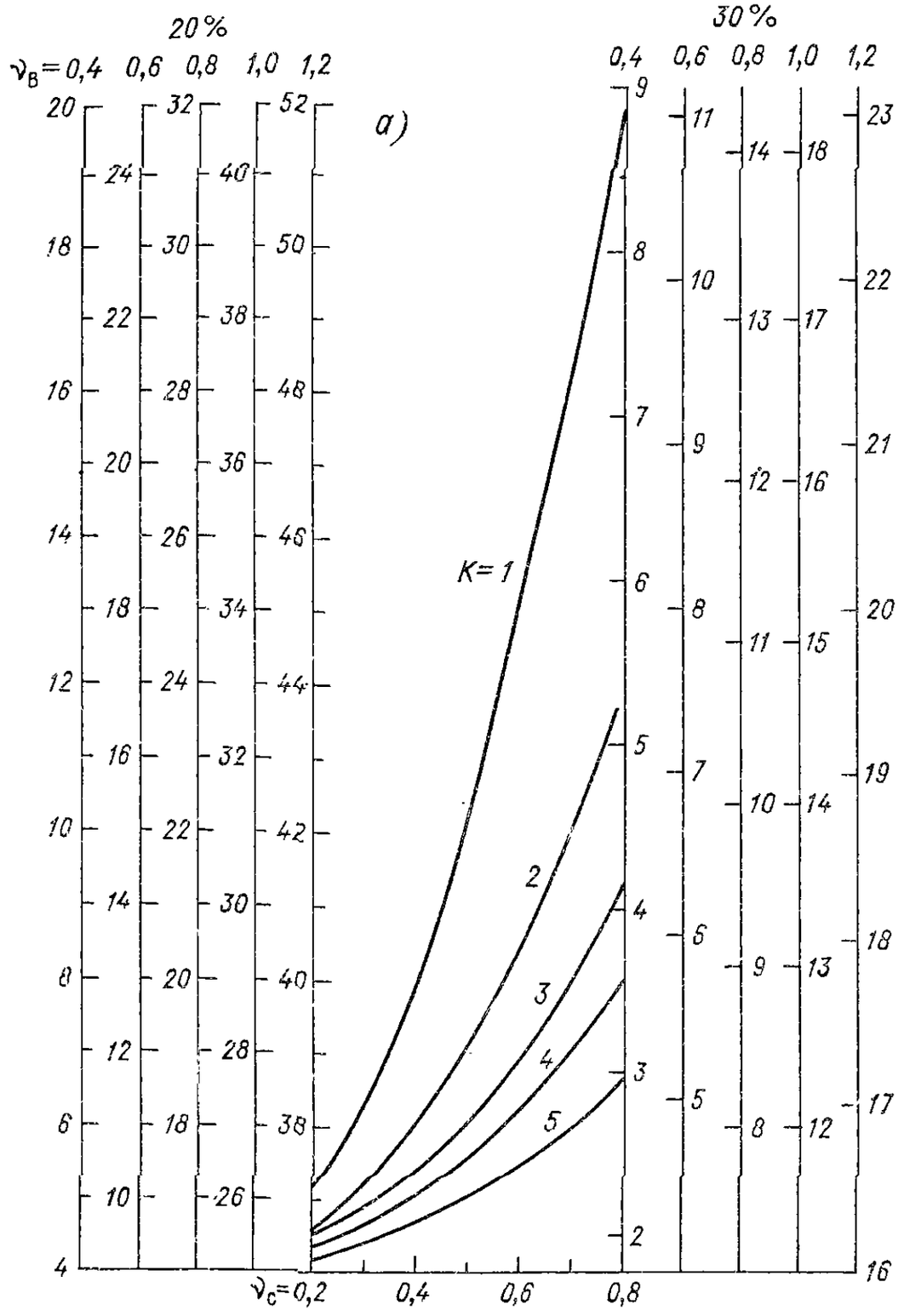
$$n = (\nu_в^2 + \nu_с^2/K)/S_K^2, \qquad (12)$$

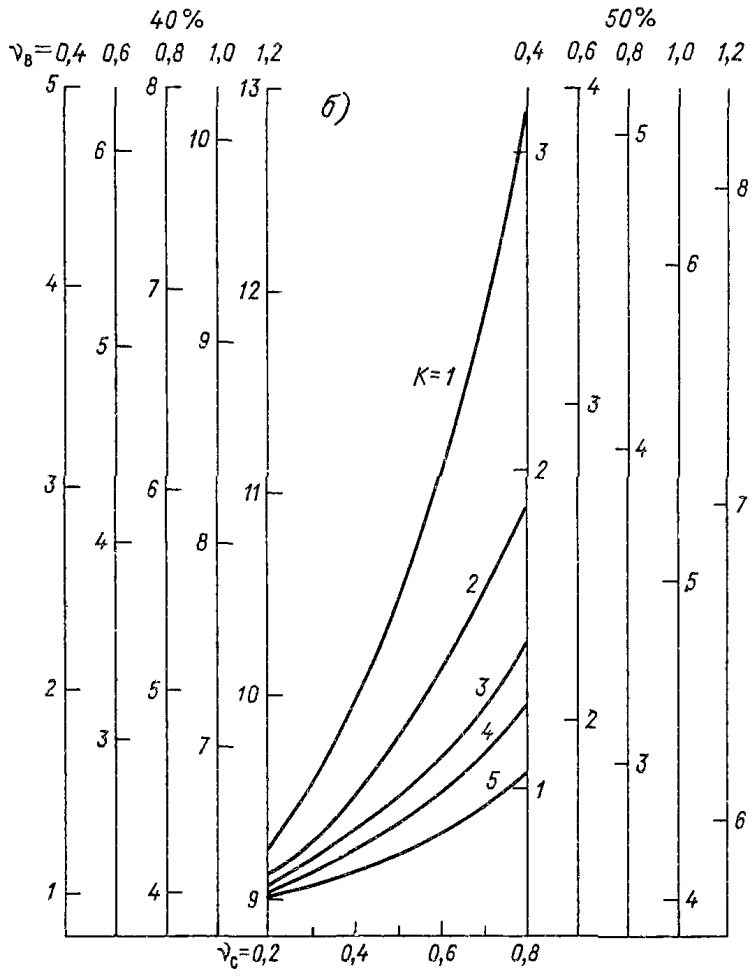
и наоборот

$$K = \nu_с^2/(nS_K^2 - \nu_в^2). \qquad (13)$$

Для этой цели удобнее использовать номограммы (см. рисунок), составленные для значений погрешности расчета 20, 30, 40 и 50 %. По оси абсцисс отложены значения $\nu_с$, кривые на номограмме соответствуют различным значениям числа проб в сечении реки K. Необходимое число гидрохимических съемок в течение расчетного периода определяется на оси ординат, где имеется несколько шкал с соответствующими значениями $\nu_в$.

Рассмотрим случай, когда $\nu_с = 0{,}6$, $\nu_в = 1{,}2$, заданная относительная погрешность определения средней концентрации $S_K = 30$ %. Если планируется отбор только одной пробы в сечении реки, то на кривой $K = 1$ находим точку с абсциссой 0,6. По шкале ординат $\nu_в = 1{,}2$ определяем соответствующее этой точке число гидрохимических съемок $n = 20$. Если бы планировалось отбирать по четыре пробы при каждой съемке, то нужно было бы воспользоваться кривой $K = 4$. В этом случае число гидрохимических съемок $n = 17$.


20 %
30 %
ϑ_B = 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2
0,4 0,6 0,8 1,0 1,2
а)
K = 1
2
3
4
5
ϑ_c = 0,2 0,4 0,6 0,8



Номограммы для определения числа проб воды в сечении реки и числа гидрохимических съемок для расчета средней концентрации нефтепродуктов за расчетный период с погрешностью 20, 30 (а), 40 и 50 % (б).

Формула (3) и номограммы могут быть использованы для выбора оптимального варианта наблюдений за содержанием нефтепродуктов, при котором заданная погрешность расчета выноса нефтепродуктов будет достигнута при минимальном числе проб воды, отбираемых в течение расчетного периода. В этой связи следует кратко рассмотреть основные закономерности пространственно-временно́го распределения нефтепродуктов в реках.

Распределение нефтепродуктов в сечении и во времени изучалось на примере рек Дона, Западной Двины, Кальмиуса, Кубани, Северского Донца, Селенги и Сунжи, на которых Гидрохимическим институтом проводились детальные гидрохимические исследования (см. табл. 1). Использовались также данные наблюдений ОГСНК за содержанием нефтепродуктов в замыкающих створах рек.

Установлено, что распределение нефтепродуктов в сечении реки носит случайный характер. Какая-либо стратификация значений концентрации нефтепродуктов в сечении реки отсутствует. Этот вывод был сделан на основе сравнения значений концентрации нефтепродуктов в придонном и поверхностном слоях с помощью непараметрического критерия рангов [8]. По результатам анализа, имеющиеся расхождения несущественны при уровне значимости 1 %. Отсюда следует, что отбор придонных проб необязателен.

Изменчивость концентрации нефтепродуктов в сечении реки и во времени количественно оценивалась с помощью коэффициента вариации. Значения коэффициента вариации концентрации нефтепродуктов в сечении реки колеблются от 0,2 до 0,8, составляя в среднем 0,4 (табл. 2).

Изменчивость временного ряда средней концентрации в сечении реки значительно более высокая – коэффициент вариации колеблется в пределах 0,4–1,2 составляя в среднем 0,8 для периода 1 года. При этом значения коэффициента вариации концентрации нефтепродуктов, полученные для одной и той же реки, по данным поверхностных и придонных проб практически одинаковы.

Мало различаются средние значения концентрации нефтепродуктов, рассчитанные по соседним створам. Коэффициенты вариации средней концентрации по нескольким створам одной и той же реки колеблются от 0,1 до 0,45. Приблизительно такими же значениями характеризуется изменчивость временно́го ряда средней концентрации нефтепродуктов в сечении реки, рассчитанная по данным суточных станций.

Таким образом, основным источником погрешности при расчете средней концентрации, а следовательно, и выноса нефтепродуктов, будет высокая изменчивость временно́го ряда средней концентрации, полученной по данным гидрохимических съемок.

Из изложенного следует, что наиболее рациональным способом повышения точности расчета средней концентрации нефтепродуктов за определенный период времени является увеличение числа гидрохимических

Таблица 2

Изменчивость концентрации нефтепродуктов в сечении реки по данным детальных гидрохимических съемок

Река	Год наблюдений	Среднее значение коэффициента вариации
Кальмиус	1986	0,43
	1987	0,24
	1988	0,19
	1988	0,40
Кубань	1987	0,30
	1987	0,38
	1988	0,41
	1988	0,33
Дон	1987	0,43
	1987	0,28
	1987	0,52
	1988	0,24
	1988	0,39
	1988	0,54
Северский Донец	1986	0,75
	1987	0,57
	1987	0,56
	1988	0,31
	1988	0,50
	1988	0,71
Западная Двина	1972	0,26
Сунжа	1972	0,25
Селенга	1972	0,37

съемок при одновременном уменьшении числа проб воды, отбираемых в сечении реки. Из формулы (3) видно, что увеличение числа гидрохимических съемок n приводит к уменьшению погрешности расчета концентрации нефтепродуктов в $\sqrt{n}$ раз, в то время как увеличение числа проб в сечении реки K уменьшает только одну из составляющих погрешности – ν_c^2/K. Это наглядно видно на примере, рассмотренном при описании номограммы. Действительно, в первом случае при отборе одной пробы воды в сечении реки потребуется 20 гидрохимических съемок, т. е. 20 проб в год. Во втором случае при отборе 4 проб воды в сечении потребуется 17 съемок, что составит 68 проб. Однако если объединить четыре пробы в одну (сливную), то число анализируемых проб в обоих случаях будет примерно одинаковым.

Кроме того, не исключены случаи, когда по соображениям организационного порядка (удаленность, труднодоступность устьевого створа и т. д.) число гидрохимических съемок в течение года нужно ограничить. В таких случаях уменьшение числа съемок должно быть компенсировано увеличением числа проб воды, отбираемых в сечении реки. Таким обра-

зом, выбор оптимального варианта сети наблюдений будет определяться факторами экономического и организационного порядка.

2. Планирование системы наблюдений за содержанием нефтепродуктов в воде рек, обеспечивающей заданную погрешность расчета выноса нефтепродуктов

На основании изложенного рекомендуется следующий порядок планирования системы наблюдений за содержанием нефтепродуктов в воде рек для расчета их выноса с заданной погрешностью.

1. На основе заданной погрешности расчета выноса и относительной погрешности определения стока воды по формуле (1) рассчитывается допустимая относительная погрешность средней концентрации нефтепродуктов за расчетный период.

2. Для рек, на которых наблюдения проводились в течение определенного периода, по данным выполненного ранее гидрохимического анализа рассчитываются характеристики изменчивости концентрации нефтепродуктов в сечении реки (v_c) по формуле (5) и во времени ($v_в$) по формуле (8).

Для неизученных рек рекомендуется на начальном этапе принять средние значения $v_c = 0{,}4$ и $v_в = 0{,}8$. Если такая возможность имеется, то значения v_c могут быть получены по данным оперативно выполненных гидрохимических съемок по нескольким створам.[1]

3. По заданному числу проб K в сечении реки по формуле (12) или по номограммам определяется число гидрохимических съемок n в течение расчетного периода либо по заданному числу съемок n определяется число проб в сечении реки K.

4. Створ наблюдений должен быть замыкающим на приустьевом участке реки, где исключено возможное влияние моря.

5. Число гидрохимических съемок распределяется по возможности равномерно в течение расчетного периода (года).

6. Одна проба воды отбирается на стрежне реки у поверхности (0,2–0,3 м от поверхности воды летом и у нижней поверхности льда зимой) [6], надо избегать отбора проб у берегов, где могут задерживаться пятна мазута и других нефтепродуктов.

7. При отборе нескольких проб воды в сечении реки обязателен их отбор на стрежне реки, остальные пробы распределяются равномерно по ширине реки кроме прибрежных участков с замедленным течением.

8. В тех случаях, когда планируется отбор нескольких проб воды в сечении реки, следует объединять их в одну сливную пробу, это позволит в несколько раз уменьшить затраты труда и времени на анализ этих проб.

---

[1] Достаточно провести съемку по трем створам (или три съемки по одному створу) с отбором трех проб в сечении реки.

2.1. Пример расчета выноса нефтепродуктов и оценка погрешности расчета по проведенным ранее исследованиям

Для створа реки с годовым объемом 15 км^3 были выполнены 12 гидрохимических съемок в течение календарного года. Исходные данные, а также параметры, полученные в ходе расчета, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные и вспомогательные параметры к расчету выноса нефтепродуктов и определению его погрешности

№ гидрохимической съемки	Дата	Концентрация нефтепродуктов (мг/дм^3) по сечению реки в пробах				K	$\bar{C}_j$ мг/дм^3	σ_c мг/дм^3
		1	2	3	4			
1	15.01	0,17	0,15	0,24	0,12	4	0,170	0,051
2	16.02	0,16	0,20	0,26	0,22	4	0,210	0,042
3	14.03	0,14	0,17	0,24	0,15	4	0,175	0,045
4	17.04	0,50	0,08	0,30	0,65	4	0,383	0,247
5	15.05	0,24	1,30	0,17	0,48	4	0,548	0,519
6	14.06	0,11	0,14	0,24	0,28	4	0,193	0,081
7	13.07	0,41	0,18	0,34	0,24	4	0,293	0,103
8	19.08	0,13	0,33	0,14	0,33	4	0,233	0,113
9	12.09	0,69	0,11	0,36	0,15	4	0,328	0,265
10	18.10	0,33	0,20	0,11	0,08	4	0,180	0,112
11	15.11	0,11	0,30	0,11	0,18	4	0,175	0,089
12	12.12	0,14	0,09	0,28	0,32	4	0,208	0,110
$n = 12$							$\Sigma\bar{C}_j = 3,096$	

1. По результатам каждой гидрохимической съемки рассчитывается среднее арифметическое значение концентрации нефтепродуктов в сечении реки $\bar{C}_j$, а затем по этим значениям рассчитывается среднегодовая концентрация нефтепродуктов C по формуле (6)

$$\bar{C} = \Sigma \bar{C}_j / n = (0,170 + 0,210 + ... + 0,208)/12 = 3,091/12 = 0,258 \text{ мг/дм}^3.$$

2. Годовое значение выноса нефтепродуктов вычисляется по формуле (1)

$$G = \bar{C} Q = 0,258 \cdot 15 = 3,87 \text{ тыс. т.}$$

3. Затем определяются погрешности расчета выноса нефтепродуктов:

а) значения среднеквадратического отклонения единичного определения концентрации σ_c рассчитываются по формуле (7)

$$\sigma_c = \pm\sqrt{(C_{ij} - \bar{C})^2/(K-1)}.$$

Для первой съемки

$$\sigma_c = \pm\sqrt{[(0{,}17-0{,}17)^2+(0{,}15-0{,}17)^2+(0{,}24-0{,}17)^2+(0{,}12-0{,}17)^2]}:$$

$$:\sqrt{(4-1)} = 0{,}051 \text{ мг/дм}^3$$

и т. д. для остальных съемок;

б) средняя относительная погрешность единичного определения концентрации нефтепродуктов рассчитывается по формуле (5)

$$\nu_c = \sqrt{(1/n)\Sigma\sigma_c^2/\bar{C}} = \sqrt{(1/12)(0{,}051^2+0{,}042^2+\ldots+0{,}110^2)/0{,}258} = 0{,}77;$$

в) оценка среднеквадратического отклонения временно́го ряда средней концентрации $\sigma_в$ рассчитывается по формуле (9)

$$\sigma_в = \pm\sqrt{\Sigma(\bar{C}_i-\bar{C})^2/(n-1)} =$$

$$= \pm\sqrt{[(0{,}170-0{,}258)^2+(0{,}210-0{,}258)^2+\ldots+(0{,}208-0{,}258)^2]/(12-1)} =$$

$$= \pm 0{,}114 \text{ мг/дм}^3;$$

г) средняя относительная погрешность временно́го ряда средних концентраций $\nu_в$ вычисляется по формуле (8)

$$\nu_в = \sigma_в/\bar{C} = 0{,}114/0{,}258 = 0{,}442;$$

д) относительная погрешность определения концентрации нефтепродуктов определяется по формуле (13)

$$S_K = \sqrt{(\nu_c^2/K+\nu_в^2)/n} = \sqrt{(0{,}77^2/4+0{,}442^2)/12} = 0{,}169;$$

е) относительная погрешность расчета выноса нефтепродуктов рассчитывается по формуле (2)

$$S_G = \sqrt{S_Q^2+S_K^2}.$$

В данном примере относительная погрешность определения годового стока воды принята равной 12 %. С учетом этого

$$S_G = \sqrt{0{,}19^2+0{,}12^2} = 0{,}207 = 20{,}7\ \%.$$

Погрешность расчета выноса нефтепродуктов за год в абсолютном выражении составит по формуле (10)

$$\Delta G = \pm G S_G = \pm 3{,}87 \cdot 0{,}207 = \pm 0{,}801 \text{ тыс. т.}$$

2. 2. Пример планирования сети наблюдений за выносом нефтепродуктов на неизученной реке

Необходимо спланировать сеть наблюдений на реке, где наблюдения ранее не производились, для обеспечения расчета выноса нефтепродуктов с погрешностью 30 %. Годовой сток воды определяется с погрешностью 10 %.

1. По формуле (11) определяем допустимую относительную погреш-

ность расчета средней концентрации нефтепродуктов за расчетный период

$$S_K = \sqrt{30^2 - 10^2} = 28{,}3\,\% \approx 28\,\%.$$

2. Задавая число проб в сечении реки $K = 1$ и приняв средние значения коэффициентов вариации концентрации во времени $\nu_в = 0{,}8$ и в сечении $\nu_с = 0{,}4$, в правой части номограммы (*а*) находим ориентировочное число гидрохимических съемок $n = 9$. Для двух проб в сечении реки там же находим, что в течение расчетного периода следует сделать восемь гидрохимических съемок.

3. Точнее необходимое число гидрохимических съемок можно рассчитать по формуле (12). При отборе одной пробы в сечении реки необходимое число гидрохимических съемок составит

$$n = (0{,}8^2 + 0{,}4^2/1)/0{,}28^2 \approx 10.$$

При двух пробах

$$n = (0{,}8^2 + 0{,}4^2/2)/0{,}28^2 \approx 9.$$

Планирование сети наблюдений в каждом конкретном случае определяется условиями на месте проведения работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временная инструкция по расчету выноса нефтепродуктов реками в моря, озера и водохранилища. – Новочеркасск: Изд. ГХИ, 1975. – 30 с.

2. Временные методические рекомендации по расчету выноса органических, биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком. – М.: Гидрометеоиздат, 1983. –32 с.

3. Герлах С. А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. –260 с.

4. Каминский В. С., Сафронова К. И. Охрана поверхностных вод СССР и оценка их состояния. – Водные ресурсы, 1987, № 6, с. 67–78.

5. Крамбайн У., Грейбил Ф. Статистические модели в геологии. – М.: Мир, 1969. –397 с.

6. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета СССР в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. –40 с.

7. Панов Г. Е., Петряшин Л. Ф., Лысяный Г. Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1986. –244 с.

8. Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. –212 с.

9. Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 1. Динамика и прогноз загрязнения океанических вод / Под ред. А. И. Симонова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. –145 с.

10. Рекомендации по методике отбора представительных проб воды для определения нефтепродуктов. – Новочеркасск: Изд. ГХИ, 1972. –19 с.

11. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. –540 с.

12. Чеботарев А. С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятности. – М.: Геодезиздат, 1958. –606 с.

13. Черногаева Г. М., Носов А. В., Соловьева Т. Ю. О статистических связях между показателями качества воды в р. Оке. – Труды ИПГ, 1982, вып. 44, с. 16–21.

14. Шицкова А. П. и др. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1980. –174 с.

15. Dörr G. Geht die Welt am Öl zugrundl? – Wir und Vögel, 1980, 12, N 3, s. 4–7.

16. Ölverschmutcyng der Nordsee. – Gefahrl. Lad., 1983, 28, N 10, s. 435– 437.

17. Petroleum in the marine environment. – Rep. US Nat. Acad. of Science Workshop on Inputs Fates and Effects of Petroleum in the Marine Environment. Washington, 1975. –438 p.

18. Producing oil wells reach record level. – World Oil, 1984, 198, N 3, p. 104.

19. Spengler D. Olunfallbekampfung im Bereich der Seeschiffanrtswege, Kusten und Hafen der Bundesrepublik Deutschland. – Jahrb. Hafenbautechn. Ges., Berlin e. a., 1986, 41 Bd., s. 277–303.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Теоретическое и экспериментальное обоснование расчета выноса нефтепродуктов реками 6
1.1. Оценка достоверности расчета выноса нефтепродуктов 7
1.2. Определение частоты наблюдений для расчета выноса нефтепродуктов с заданной точностью 9
2. Планирование системы наблюдений за содержанием нефтепродуктов в воде рек, обеспечивающей заданную погрешность расчета выноса нефтепродуктов 14
2.1. Пример расчета выноса нефтепродуктов и оценка погрешности расчета по проведенным ранее исследованиям 15
2.2. Пример планирования сети наблюдений за выносом нефтепродуктов на неизученной реке 16
Список литературы 17

Нормативно-производственное издание

Методические рекомендации по обоснованию системы наблюдений и расчету выноса с речным стоком нефтепродуктов

Редактор А. Б. Иванова

Н/К

Набрано на типо-тайпере в издательстве.

Подписано в печать 05.09.90. Формат 60x90/16. Бумага типографская. Печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1.1.

Тираж 550 экз. Заказ 1071 Индекс ГЛ-53. Цена 5 коп.

Гидрометеоиздат, 199226, Ленинград, В. О., ул. Беринга, д. 38.

ФОП ВНИИГМИ-МЦД

249020, Обнинск, ул. Королева, д. 6.

gost.e-ecolog.ru