

Министерство природных ресурсов Российской Федерации

Федеральное государственное учреждение  
«Центр экологического контроля и анализа» (ФГУ «ЦЭКА»)

**Методическое пособие по применению «Критериев отнесения  
опасных отходов к классам опасности для окружающей  
природной среды»**

Москва, 2003г.

Настоящее пособие разработано в целях развития и детализации методических аспектов, изложенных в действующих «Критериях отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды».

Методическое пособие содержит методические рекомендации, разъяснения и дополнения по основным вопросам определения класса опасности для окружающей природной среды.

Основной целью разработки данного документа является доведение до широкого круга природопользователей, контролирующих органов по охране окружающей среды, организаций, занимающихся определением класса опасности отходов для окружающей природной среды, исходя из множества вопросов, которые поступали в Министерство природных ресурсов Российской Федерации и Федеральное государственное учреждение «Центр экологического контроля и анализа» (ФГУ «ЦЭКА»).

Пособие разработано коллективом сотрудников ФГУ «ЦЭКА» в составе: З.А. Васильченко (ответственный исполнитель), В.И. Ковалева, А.В. Ляшенко под общим руководством заместителя начальника Управления организационно-методического обеспечения государственного экологического контроля МПР России Н.Б. Нефедьева, начальника отдела по обращению с отходами МПР России С.Г. Псюрниченко, директора ФГУ «ЦЭКА» Г.М. Цветкова.

Настоящее пособие рассмотрено и одобрено на научно-техническом совете ФГУ «ЦЭКА» (протокол № 5 от 6 декабря 2002г.).

Пособие предназначено для работников подразделений по охране окружающей среды предприятий, специалистов научно-исследовательских, проектных и других организаций, занимающихся определением класса опасности отходов для окружающей природной среды, а также комитетов природных ресурсов МПР России и служб охраны окружающей среды, администраций городов и регионов России.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Методическое пособие по применению «Критериев по отнесению опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» для видов отходов, включенных в Федеральный классификационный каталог отходов .....	4
Раздел 1. Общие положения .....	5
<u>Раздел 2.</u> Пояснения по применению «Критериев по отнесению опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» для отходов органического природного происхождения (1 блок ФККО) .....	11
<u>Раздел 3.</u> Пояснения по применению «Критериев по отнесению опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» для отходов минерального происхождения (3 блок ФККО) .....	12
<u>Раздел 4.</u> Пояснения по применению «Критериев по отнесению опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» для отходов химического происхождения (5 блок ФККО).....	14
<u>Раздел 5.</u> Пояснения по применению «Критериев по отнесению опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» для коммунальных отходов (9 блок ФККО) .....	17
Примеры расчета .....	19
Приложение 1. Перечень сокращений .....	36
Приложение 2. Перечень рекомендуемой литературы .....	37

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

### ПО ПРИМЕНЕНИЮ «КРИТЕРИЕВ ОТНЕСЕНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ К КЛАССАМ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ» ДЛЯ ВИДОВ ОТХОДОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ФЕДЕРАЛЬНЫЙ КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ КАТАЛОГ ОТХОДОВ

Федеральный классификационный каталог отходов – перечень образующихся в Российской Федерации отходов, систематизированных по совокупности приоритетных признаков: происхождению, агрегатному и физическому состоянию, опасным свойствам, степени вредного воздействия на окружающую природную среду.

**Тринадцатизначный** код определяет вид отхода, характеризующий его классификационные признаки. Первые **восемь** цифр используются для кодирования происхождения отхода; **девятая и десятая** цифры используются для кодирования агрегатного состояния и физической формы отхода; **одиннадцатая и двенадцатая** цифры используются для кодирования опасных свойств и их комбинаций (00 - данные не установлены, 01 - токсичность (т), 02 - взрывоопасность (в), 03 - пожароопасность (п), 04 - высокая реакционная способность (р), 05 - содержание возбудителей инфекционных болезней (и), 06 - т+в, 07 - т+п, 08 - т+р, 09 - в+п, 10 - в+р, 11 - в+и, 12 - п+р, 13 - п+и, 14 - р+и, 15 - т+в+п, 16 - т+в+р, 17 - т+п+р, 18 - в+п+р, 19 - в+п+и, 20 - п+р+и, 21 - т+в+п+р, 22 - в+п+р+и, 99 – опасные свойства отсутствуют); **тринадцатая** цифра используется для кодирования класса опасности для окружающей природной среды (0 – класс опасности не установлен, 1 - I-й класс опасности, 2 - II-й класс опасности, 3 - III-й класс опасности, 4 - IV-й класс опасности, 5 - V-й опасности).

## Раздел 1

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

#### 1.1. Методика формирования системы первичных показателей опасности компонента отхода

1.1.1. В основу расчета класса опасности отхода положена математико-статистическая модель, основанная на использовании систематизированного набора первичных показателей опасности компонента отхода. На основе этой модели определено, что для полного описания любого компонента отхода необходимо и достаточно 12 показателей.

1.1.2. Система первичных показателей опасности для окружающей природной среды для каждого компонента отхода формируется на основе приведенных в таблице 1 эколого-токсикологических и физико-химических параметров, при условии наличия в соответствующей справочной литературе данных по тому или иному показателю опасности для данного компонента. Число первичных показателей, включаемых в систему, может быть любым от 1 до 19.

Если в соответствующих нормативных документах и справочниках имеются данные для показателя опасности с меньшим порядковым номером, то следует использовать этот показатель, и только при отсутствии данных следует использовать показатель с большим порядковым номером. Иными словами, приоритетными являются показатели с меньшим порядковым номером.

1.1.3. В систему в качестве обязательного показателя должен быть включен дополнительный показатель – показатель информационного обеспечения.

Показатель информационного обеспечения характеризует сформированную систему с точки зрения достаточности исходной информации для оценки экологической опасности отхода и определяется путем деления числа включенных в систему первичных показателей опасности  $n$  (т.е. показателей, по которым имеется информация в соответствующих нормативных документах и официальных справочниках), на число показателей для полной системы ( $N=12$ ). Показатель информационного обеспечения учитывает опасность, обусловленную дефицитом данных по первичным показателям опасности для того или иного компонента отхода.

#### 1.2. Установление значения относительного параметра опасности компонента отхода

1.2.1. Для каждого первичного показателя опасности компонента отхода установлены 4 интервала его значений либо указаны иные 4 характеристики, которые отвечают четырем уровням опасности компонента отхода. Каждому уровню опасности компонента отхода соответствует определенный балл.

Таблица 1

№ п/п	Наименование первичных показателей опасности компонента отхода	Значения, интервалы и характеристики первичных показателей опасности компонента отхода			
1.	ПДКп <sup>1)</sup> (ОДК), мг/кг	<1	1-10	10,1-100	>100
2.	Класс опасности в почве	1	2	3	-
3.	ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
4.	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	2	3	4
5.	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	<0,001	0,001-0,01	0,011- 0,1	>0,1
6.	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	1	2	3	4
7.	ПДКс.с. (ПДКм.р., ОБУВ), мг/м <sup>3</sup>	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
8.	Класс опасности в атмосферном воздухе	1	2	3	4
9.	ПДКпп (МДУ, МДС), мг/кг	<0,01	0,01-1	1,1-10	>10
10.	Lg(S, мг/л/ПДКв, мг/л)	>5	5-2	1,9-1	<1
11.	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ПДКр.з)	>5	5-2	1,9-1	<1
12.	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ПДКс.с. или ПДКм.р.)	>7	7-3.9	3,8-1,6	<1.6
13.	lg Kow(октанол/вода)	>4	4-2	1,9-0	<0
14.	LD <sub>50</sub> , мг/кг	<15	15-150	151-5000	>5000
15.	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	<500	500-5000	5001-50000	>50000
16.	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96ч	<1	1-5	5,1-100	>100
17.	БД= БПК <sub>5</sub> / ХПК	<0,1	0,1-0,6	0,61-0,9	>0,91
18.	Персистентность (трансформация в окружающей природной среде)	Образование более токсичных продуктов, в т.ч. обладающих отдаленными эффектами или новыми свойствами	Образование продуктов с более выраженным влиянием других критериев опасности	Образование продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходного вещества	Образование менее токсичных продуктов
19.	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	Выраженное накопление во всех звеньях	Накопление в нескольких звеньях	Накопление в одном из звеньев	Нет накопления
	<b>БАЛЛ (степень опасности компонента отхода для ОПС)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

<sup>1)</sup> – Используемые сокращения приведены в Приложении 1.

1.2.2. Значения первичных показателей опасности отдельных компонентов отхода выбираются по справочным данным из научно-технической официально изданной литературы. Перечень рекомендуемых

источников приведен в Приложении 2; допустимо использование и другой официальной информации.

1.2.3. В случае отсутствия ПДК отдельного компонента отхода допустимо использование другой нормативной величины, указанной в скобках.

1.2.4. При нахождении ПДКп выбираются значения подвижной формы.

Допустимо использование значений валового содержания при отсутствии значений подвижной формы, или если имеется обоснование для подобного выбора.

1.2.5. При нахождении ПДКв (ОДУ, ОБУВ) используются значения ПДК для воды хозяйственно-питьевого назначения.

1.2.6. Растворимость компонента отхода (S) находится из справочников как растворимость в воде при температуре 20° С. При отсутствии данных для температуры 20°С допускается использование данных для «холодной воды».

Если  $S = \infty$ , то  $Lg S/ПДКв = \infty$ , балл = 1

Если  $S = 0$ , то  $Lg S/ПДКв = -\infty$ , балл = 4.

1.2.7. Значения  $C_{нас}$  определяются:

а) по таблицам термодинамических данных [32];

б) рассчитываются по уравнению:

$Lg C_{нас} = A - B/T + CT + DLg T$ ,  
коэффициенты которого приведены в [33];

в) рассчитываются по формуле

$$C_{нас} = \frac{M \cdot P \cdot 1000}{18,3}, \text{ мг/м}^3, \quad \text{где:}$$

$M$  – молекулярный вес вещества

$P$  – давление насыщенных паров при 20°С, мм рт. ст.

Если давление насыщенных паров установлено при других температурах, то расчет проводится по формуле:

$$C_{нас} = \frac{16 M \cdot P \cdot 1000}{T}, \text{ мг/м}^3, \quad \text{где}$$

$T$  – абсолютная температура в градусах К, при которой производилось определение давления насыщенных паров.

Ниже приведены результаты расчетов насыщающих концентраций в воздухе ( $C_{нас}$ ) для некоторых веществ и элементов при 25°С и нормальном давлении.

Наименование элементов	Символ	$C_{нас}$ , мг/м <sup>3</sup>
Свинец	Pb	$3,3 \times 10^{-22}$
Оксид свинца	PbO	$5,7 \times 10^{-35}$
Мышьяк	As	$1,5 \times 10^{-36}$
Мышьяк	As <sub>2</sub>	$4,7 \times 10^{-19}$
Мышьяк	As <sub>4</sub>	$3,2 \times 10^{-9}$
Марганец	Mn	$1,3 \times 10^{-33}$
Цинк	Zn	$2,5 \times 10^{-9}$
Медь	Cu	$3,0 \times 10^{-44}$
Хром	Cr	$4,5 \times 10^{-56}$
Ванадий	V	$5,5 \times 10^{-77}$

Оксид ванадия	VO	$3,4 \times 10^{-85}$
Никель	Ni	$1,8 \times 10^{-43}$
Кадмий	Cd	$3,5 \times 10^{-6}$
Сурьма	Sb <sub>1</sub>	$1,1 \times 10^{-32}$
Сурьма	Sb <sub>2</sub>	$1,2 \times 10^{-24}$
Стронций	Sr	$5,4 \times 10^{-17}$
Ртуть	Hg	270

1.2.8. При наличии в источниках информации нескольких значений для показателей LD<sub>50</sub> и LC<sub>50</sub> (например, для разных видов животных) выбирается величина, соответствующая максимальной опасности, т.е. наименьшее значение LD<sub>50</sub> или LC<sub>50</sub>.

При отсутствии необходимой величины допускается применение ближайшего по смыслу показателя (например: вместо LD<sub>50</sub> при пероральном поступлении можно взять аналогичные данные, полученные при внутривенном, внутрибрюшинном и т.п. введении ксенобиотика в организм).

1.2.9. Биологическая диссимиляция определяет устойчивость вещества к биодеградации и равна отношению БПК<sub>5</sub> к ХПК.

Значения биологического и химического показателей кислорода (БПК<sub>5</sub> и ХПК) определяют экспериментальным путем.

1.2.10. Для видов отходов, размещаемых непосредственно на поверхности земли без соблюдения требований по обустройству объекта, исключающих попадание загрязнений в окружающую природную среду, (воздух, подземные и поверхностные воды, почва) необходимо определять и учитывать в расчетах pH.

Если pH = 3,5 – 5,0 или pH = 9,0 - 10,0 и если эти отходы по «Критериям ....» отнесены к 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 4 (четвертого) класса опасности для ОПС.

Если показатель pH = 2,5 - 3,5 или pH = 10,1 - 11,5 и если эти отходы по «Критериям...» отнесены к 4 или 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 3 (третьего) класса опасности для окружающей природной среды.

Если показатель pH имеет значение менее 2,5 или более 11,5 и если эти отходы по «Критериям ...» отнесены к 3, 4 или 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 2 (второго) класса опасности для окружающей природной среды.

1.2.11. По каждому показателю в соответствии с его значением выставляют балл от 1 до 4, соответствующий уровню опасности компонента отхода. Соответствующий балл выставляют также уровню информационного обеспечения системы показателей (таблица 2).

Таблица 2

ДИАПАЗОНЫ изменения показателя информационного обеспечения (n /N)	БАЛЛ
<0,5 (n < 6)	1
0,5 – 0,7 (n = 6 – 8)	2
0,71 – 0,9 (n = 9 – 10)	3
>0,9 (n > 11)	4

1.2.12. Определяют значение относительного параметра опасности компонента отхода (X) путем деления суммы баллов по всем показателям на число этих показателей. Общее число показателей в системе равно количеству



первичных показателей опасности компонента отхода плюс 1 (показатель информационного обеспечения).

### 1.3. Определение коэффициента степени экологической опасности компонента отхода

1.3.1. Относительный параметр опасности компонента отхода для  $i$ -го компонента отхода ( $X_i$ ) связан с унифицированным относительным параметром экологической опасности ( $Z_i$ ) следующим соотношением:

$$Z_i = 4 X_i / 3 - 1/3$$

1.3.2. Зависимость между коэффициентом степени экологической опасности  $i$ -го компонента отхода ( $W_i$ ) с унифицированным относительным параметром экологической опасности ( $Z_i$ ) устанавливается следующей функцией:

$$\lg W_i = \begin{cases} 4 - 4 / Z_i ; & \text{Для } 1 \leq Z_i < 2 \\ Z_i ; & \text{Для } 2 \leq Z_i < 4 \\ 2 + 4 / (6 - Z_i) ; & \text{Для } 4 \leq Z_i \leq 5 \end{cases}$$

1.3.3. По найденному  $\lg W_i$  определяют  $W_i$ .

### 1.4. Определение класса опасности отхода

1.4.1. Показатели степени опасности отдельных компонентов отхода рассчитывают по формулам:

$$K_1 = C_1 / W_1; \quad K_2 = C_2 / W_2 \quad \dots \dots \dots K_n = C_n / W_n$$

где:

$W_1, W_2, \dots, W_n$  - коэффициент степени экологической опасности  $i$ -го компонента отхода (мг/кг).

$C_1, C_2, \dots, C_n$  - концентрация  $i$ -го компонента в отходе (мг/кг)

Если состав отхода качественно и количественно представлен в виде неорганических соединений (например,  $\text{NiO}$  – 5%,  $\text{CuSO}_4$  – 5%), а значения первичных показателей определены по элементам (Ni, Cu), то концентрация (C) каждого отдельного компонента пересчитывается на опасный элемент.

1.4.2. Показатель степени опасности отхода определяют как сумму показателей степени опасности отдельных компонентов отхода:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_n ;$$

где:

$K$  – показатель степени опасности отхода,

$K_1, K_2, \dots, K_n$  – показатели степени опасности отдельных компонентов отхода.

1.4.3. Следует обратить внимание на то, что обязательно должно быть соблюдено следующее условие:

$$C_1 + C_2 + \dots + C_n = 10^6 \text{ (мг/кг)}$$

Это условие полного учета всех компонентов, входящих в отход.

1.4.4. Класс опасности отхода определяется на основе значений показателя степени опасности отхода (К) в соответствии с таблицей 3

Таблица 3

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОПС (К)
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$
V	$K \leq 10$

### 1.5. Выбор метода определения класса опасности отхода

1.5.1. «Критерии отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды» применяются к тем видам отходов, для которых в Федеральном классификационном каталоге отходов класс опасности для окружающей среды не установлен.

1.5.2. Если качественный и количественный состав отхода определить возможно, то применяется расчетный метод определения класса опасности отхода.

а) Если в результате расчетного метода получен 5-й класс опасности, то обязательно его подтверждение методом биотестирования.

Если метод биотестирования не подтверждает 5-й класс опасности, а расхождение между расчетом и биотестированием не превышает одну ступень, отходу устанавливается 4-й класс опасности. При большем расхождении следует пересмотреть качественный состав отхода с целью идентификации наиболее опасного компонента и заново пересчитать класс опасности.

б) Если в результате расчетного метода получены классы опасности 1-й, 2-й, 3-й или 4-й, то в применении экспериментальных методов необходимости нет.

Однако по желанию заинтересованной стороны можно применить метод биотестирования. В этом случае из полученных результатов выбирается более опасный.

в) Если в отходе присутствуют органические или биогенные вещества и в результате расчетного метода получены классы опасности с 1-го по 4-й включительно, то по желанию можно применить метод биодеградаци для решения вопроса о возможности отнесения отхода к классу меньшей опасности. Однако в этом случае класс опасности отхода не может быть понижен более, чем на одну ступень.

1.5.3. Если у отхода невозможно определить качественный и количественный состав, для определения его класса опасности применяется один из экспериментальных методов (биотестирования или биодеградаци).

## Раздел 2

### ПОЯСНЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ «КРИТЕРИЕВ ПО ОТНЕСЕНИЮ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ К КЛАССУ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ» ДЛЯ ОТХОДОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (1 БЛОК ФККО)

2.1. В 1-й блок Федерального классификационного каталога отходов включены органические отходы природного происхождения (растительного или животного).

В этом блоке многие виды отходов уже классифицированы экспертным путем, т.е. отнесены к тому или иному классу опасности для окружающей природной среды. Это, в основном, 5-й и 4-й (для жировых продуктов) класс. Такие виды отходов не нуждаются в определении их класса опасности расчетным или экспериментальным методом.

Для остальных видов отходов применяются «Критерии отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды».

2.2. Если анализ химического состава отхода показал, что он целиком состоит из природного растительного или животного органического вещества и не содержит опасных компонентов, то к нему применим пункт 13, абзац 2 «Критериев ...».

Такие виды отходов относятся к практически неопасным с относительным параметром опасности  $X = 4$  и, следовательно, коэффициентом степени опасности для окружающей природной среды  $W = 10^6$ .

2.3. Если отход помимо природной растительной или животной органической составляющей содержит вещество, придающее ему определенные опасные свойства, то расчет следует вести в следующем порядке:

а). Определяется коэффициент степени опасности для части отхода, состоящей только из растительной или животной органики ( $W = 10^6$ ).

б). Определяется показатель степени опасности  $K_1$  для этой же части отхода, равный отношению концентрации растительной или животной органики в рассматриваемом отходе к коэффициенту ее степени опасности ( $10^6$ ).

в). Для вещества – «загрязнителя» показатель степени опасности  $K_2$  определяется в соответствии с «Критериями ...» (пункты 7-12).

г). Определяется показатель степени опасности отхода  $K = K_1 + K_2$ .

Приведенный порядок расчета применим к таким видам отходов, как:

- Осадок очистки сточных вод предприятий по переработке мяса
- Шлам зольников при обработке шкур
- Шлам дубилен при обработке шкур
- Опилки и стружки древесные, загрязненные
- Бумажные фильтры, отработанные

и подобные им виды отходов.

### Раздел 3

#### ПОЯСНЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ «КРИТЕРИЕВ ОТНЕСЕНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ К КЛАССАМ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ» ДЛЯ ОТХОДОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (3 БЛОК ФККО)

3 блок Федерального классификационного каталога отходов включает в себя отходы минерального происхождения.

К ним относятся:

- печной бой;
- металлургические шлаки и пыль;
- золы и шлаки от топочных установок;
- минеральные и металлургические шламы;
- отходы металлов и их сплавов;
- отходы добывающей промышленности (в том числе отходы добычи нефти и газа);
- другие минеральные отходы.

3.1. Виды отходов, для которых в Федеральном классификационном каталоге отходов установлен класс опасности, в его определении расчетным или экспериментальным путем не нуждаются.

Ко всем остальным видам отходов, включенным в 3 блок, для определения класса опасности применяются «Критерии ...».

3.2. Для видов отходов, которые целиком состоят из природных минеральных (или подобным им) веществ, применяется пункт 13, абзац 1 «Критериев ...» (т.е.  $X = 4$  и  $W = 10^6$ ).

К таким видам отходов относятся (подгруппы 314, 316 и 345):

- щебень, гравий, песок, глина, подобные силикатные и алюмосиликатные отходы;
- стекло и стекловолокно, фарфор, стеклоэмали и керамика;
- каменный, бурый и древесный уголь, торф;
- графит, кокс, цеолиты, другие природные сорбенты;
- цемент и гипс (в кусковой форме), кирпич, бетон, известняк, доломит, мел, другие подобные материалы;
- остатки пород и минералов;
- вскрышные и вмещающие породы, снятый грунт;
- твердые пластмассы;
- вода.

3.3. Если указанные выше отходы загрязнены веществами, имеющими определенную опасность, то к минеральной, практически неопасной части такого вида отхода применяется пункт 13, абзац 1 «Критериев ...» (т.е.  $X = 4$  и  $W = 10^6$ ), а загрязняющие вещества рассчитываются в соответствии с пунктами 7-12 «Критериев ...».

Например, класс опасности для отхода «отработанные коксовые массы» рассчитывается в следующем порядке:

а) для кокса, как практически неопасного компонента, принимается  $X = 4$  и  $W = 10^6$ ;

б) сорбируемое вещество рассчитывается в соответствии с пунктами 7-12 «Критериев ...»

3.4. Класс опасности для видов отходов, включенных в 311, 312 и 313 подгруппы Федерального классификационного каталога отходов (печной бой, отработанные футеровочные материалы, металлургические шлаки, золы и шлаки от топочных установок), может также рассчитываться, исходя из пункта 13, абзац 1 «Критериев ...» при условии:

- входящие в них соединения и химические элементы (оксиды кремния, алюминия, натрия, калия, кальция, железа, магния, азот, сера, фосфор) содержатся в концентрациях, не превышающих их содержание в основных типах почв;

- отсутствуют опасные компоненты.

Если второе условие не выполняется, т.е. в отходе присутствуют опасные компоненты, то расчет ведется аналогично пункту 3.3. настоящих Пояснений.

3.5. Для видов отходов, существующих в виде шламов (подгруппа 316) в обязательном порядке следует учитывать содержащуюся в них воду (для воды  $W = 10^6$ ).

3.6. Отходы незагрязненных черных и цветных металлов, а также их сплавов (подгруппы 351 - 355) в расчете их класса опасности не нуждаются, поскольку для них в Федеральном классификационном каталоге отходов класс опасности предусмотрен.

К загрязненным металлам и их сплавам применяются пункты 7-12 «Критериев ...», т.е. расчет класса опасности ведется по загрязняющему компоненту, а металлы учитываются как практически неопасный компонент (аналогично пункту 3.3. настоящих Пояснений), если этот металл не свинец, ртуть, бериллий, кадмий, сурьма, таллий, мышьяк или ванадий.

3.7. Отходы бурения с использованием буровых растворов (подгруппа 341).

Для таких видов отходов в качестве практически неопасной инертной части учитывается выбуренная порода и вода, а также глина (в случае использования глинистых растворов).

Для химических веществ, входящих в состав бурового раствора, действует порядок, оговоренный пунктами 7-12 «Критериев ...».

## Раздел 4

### ПОЯСНЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ «КРИТЕРИЕВ ОТНЕСЕНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ К КЛАССАМ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ» ДЛЯ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (5 БЛОК ФККО)

В 5-й блок Федерального классификационного каталога отходов включены отходы химического происхождения.

К ним относятся:

- отходы оксидов, гидроксидов, солей, а также гальванические шламы (группа 51);
- отходы кислот, щелочей и концентратов (группа 52);
- отходы средств защиты растений, средств дезинфекции, (группа 53);
- отходы продуктов переработки нефти, угля, газа, горючих сланцев и торфа (группа 54);
- отходы органических растворителей, красок, лаков, клея, мастик и смол (группа 55);
- отходы фармацевтической продукции и гигиенических средств (группа 56);
- отходы полимерных материалов и резины (группа 57);
- отходы текстильного производства, производства волокон (группа 58);
- другие химические отходы (группа 59).

4.1. Класс опасности гальванических шламов (подгруппа 511), оксидов и гидроксидов (подгруппа 513), солей (подгруппа 515), кислот (подгруппы 521 и 522), щелочей (подгруппа 524) и концентратов (подгруппа 527) рассчитывается в соответствии с пунктами 7-12 «Критериев ...», исходя из химического состава отхода.

При этом концентрация представленных соединений пересчитывается на опасный элемент (см. пункт 1.4.1. настоящих Пояснений).

Если отходы находятся в виде шламов или жидкостей, необходимо в расчетах учитывать воду ( $W = 10^6$ ).

Для перечисленных в настоящем пункте отходов следует учитывать также pH среды.

4.2. Отходы продуктов переработки нефти, угля, газа, горючих сланцев и торфа (группа 54) включают в себя:

- отходы синтетических и минеральных масел;
- отходы жиров и парафинов из минеральных масел;
- шламы минеральных масел;
- остатки рафинирования нефтепродуктов;
- прочие подобные отходы.

Такие отходы, как минеральные масла и жиры, парафины, топливо и мазут, гудрон и т.п., если они находятся в жидком, шламообразном, пастообразном состоянии, классифицированы в Федеральном классификационном каталоге отходов 3-м классом опасности для окружающей природной среды.

Класс опасности прочих отходов, включенных в группу 54, должен рассчитываться в соответствии с «Критериями ...», исходя из своего химического состава.

При этом, компонент отхода, состоящий из нефти или таких нефтепродуктов, которые классифицированы 3-м классом опасности, рекомендуется включать в расчет класса опасности с  $W = 1000$ .

Для подобного рода отходов (содержащих нефть или нефтепродукты) для уточнения класса опасности возможно применение теста на биodeградацию.

4.3. Отходы галогенированных и негалогенированных растворителей (подгруппы 552, 553) в Федеральном классификационном каталоге отходов в большинстве своем имеют установленный класс опасности и в расчете его (или определении экспериментальным методом) не нуждаются.

В случае, если для какого-либо вещества класс опасности не установлен, или если отход помимо растворителя содержит другие компоненты, к таким видам отходов применяется расчетный метод «Критериев ...» (пункты 7-12).

Отходы подгруппы 554 – «Шламы, содержащие растворители» - рассчитываются, исходя из химического состава отхода согласно «Критериям ...».

4.4. Отходы лакокрасочных средств (подгруппа 555) в Федеральном классификационном каталоге отходов имеют установленный класс опасности и в определении его расчетным или экспериментальным методом не нуждаются.

4.5. Класс опасности для отходов клеев, клеящих веществ, мастик, не затвердевших смол (подгруппа 559) определяется исходя из химического состава в соответствии с «Критериями ...». По мере накопления информационной базы для определенных видов отходов класс опасности будет установлен.

4.6. Класс опасности для видов отходов, включенных в подгруппы 571 «Затвердевшие отходы пластмасс», 575 «Отходы резины, включая старые шины», 578 «Остатки полимерных материалов в размельчителях» установлен.

Класс опасности определяется расчетным и/или экспериментальным методом, если в состав указанных видов отходов входит опасный компонент (например, для таких видов, как: «Пластмассовая тара и упаковка с остатками содержимого или загрязненная», «Резинотканевые фильтры, отработанные» и т.п.).

4.7. Для видов отходов, включенных в подгруппы 572 «Отходы незатвердевших пластмасс, формовочных масс и компонентов», 573 «Шламы и эмульсии полимерных материалов», 577 «Резиновые шламы и эмульсии», класс опасности определяется, учитывая химический состав отхода, и согласно «Критериям ...».

4.8. В соответствии с пунктами 7-12 «Критериев ...» рассчитывается класс опасности и для отходов, включенных в подгруппы 581 «Текстильные отходы и шламы» (таких, как: «Шлам от суконного производства», «Шлам с текстильного оборудования», «Шлам с шерстепрядилен», «Шлам с моечных машин текстильного производства» и т.п.) и 582 «Текстиль загрязненный» (таких, как: «Ткани и мешки фильтровальные, содержащие опасные вещества», «Ткань обтирочная загрязненная» и т.п.).

Причем, практически неопасные компоненты отхода в расчетах учитываются с  $W = 10^6$  (см. пункт 3.3. настоящих Пояснений).

Кроме того, к подобным видам отходов возможно применение теста на биodeградацию.

4.9. Для видов отходов, включенных в группу 59, а именно:

- подгруппа 591 «Отходы взрывчатых веществ»;
- подгруппа 592 «Отходы, содержащие металлоорганические соединения, не вошедшие в другие пункты»;
- подгруппа 593 «Лабораторные отходы и остатки химикалий»;
- подгруппа 594 «Отходы чистящих и моющих средств»;
- подгруппа 595 «Отходы катализаторов и контактных масс, не вошедших в другие позиции»;
- подгруппа 596 «Сорбенты, не вошедшие в другие пункты»;
- подгруппа 598 «Отходы упакованных газов»;
- подгруппа 599 «Прочие отходы процессов преобразования и синтеза»,  
класс опасности определяется в соответствии с «Критериями ...», исходя из химического состава отхода



## Раздел 5

### ПОЯСНЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ «КРИТЕРИЕВ ОТНЕСЕНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ К КЛАССАМ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ» ДЛЯ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ (9 БЛОК ФККО)

9 блок Федерального классификационного каталога отходов включают коммунальные отходы.

К ним относятся:

- твердые бытовые отходы;
- отходы производства и потребления сложного комбинированного состава в виде изделий, оборудования, устройств, не вошедшие в другие пункты (группа 92);
- отходы водоподготовки, обработки сточных вод и использования воды (группа 94);
- жидкие отходы очистных сооружений (группа 95);
- медицинские отходы больниц и лечебных учреждений (группа 97).

5.1. Отходам, включенным в группу «Твердые бытовые отходы», практически всем класс опасности установлен, за исключением подгруппы «Вторичные отходы от переработки твердых бытовых отходов».

По мере накопления информационной базы упомянутым видам отходов класс опасности также будет установлен.

5.2. Предыдущее утверждение относится также к группе 92.

5.3. Класс опасности для видов отходов, включенных в группу 94, необходимо определять, применяя «Критерии ...».

В данную группу входят осадки от водоподготовки и очистки сточных вод.

Осадки практически на 80% состоят из воды, которая находится в различных формах. Концентрация сухого вещества в осадках составляет около 20%; в состав сухого вещества входят минеральные (около 40%) и органические (около 60%) соединения. Основные группы веществ не являются опасными и встречаются в природе. Поэтому, если выполняется определенное условие (абзац 1 пункта 13 «Критериев ...»), то к этим компонентам осадков возможно применить  $W = 10^6$ .

Вместе с тем, в осадках неизбежно присутствуют соли тяжелых металлов и некоторые синтетические органические соединения. Для них индекс опасности определяется в соответствии с пунктами 7-12 «Критериев ....».

5.4. Класс опасности для видов отходов, включенных в группу 95, а именно для:

- инфильтрационных вод объектов размещения отходов (подгруппа 953);
  - жидких отходов термической обработки отходов и от топочных установок (подгруппа 954)
- определяется, исходя из химического состава конкретного вида отхода.

5.5. Подавляющее число медицинских отходов (группа 97) в определении класса опасности расчетным методом не нуждается, поскольку он для них установлен в Федеральном классификационном каталоге отходов.

Требуется определение класса опасности расчетным методом для некоторых видов, таких, как «Использованная стеклянная тара с остатками лекарств» и т.п. Для таких отходов класс опасности рассчитывается аналогично порядку, описанному в пункте 3.3. настоящих Пояснений.

## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА.

### Пример 1. Сухие золошлаковые отходы

Состав:

	Компонент	Концентрация
Породообразующие	SiO <sub>2</sub>	63,6%
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,6%
	MgO	2,1%
	K <sub>2</sub> O	1,1%
	Na <sub>2</sub> O	0,5%
	Ангидрит CaSO <sub>4</sub>	2,2%
	Оксиды железа	0,9%
	Углерод C	10,9%
Микроэлементы	Ванадий V	187 мг/кг
	Кадмий Cd	1,5 мг/кг
	Кобальт Co	15 мг/кг
	Марганец Mn	430 мг/кг
	Медь Cu	64 мг/кг
	Мышьяк As	51 мг/кг
	Никель Ni	57 мг/кг
	Ртуть Hg	0,2 мг/кг
	Свинец Pb	13 мг/кг
	Хром Cr	100 мг/кг
	Цинк Zn	49 мг/кг

1. Проводим анализ компонентного состава отхода.

При сопоставлении минеральной части почв и золы углей следует, что первые пять компонентов отхода по своему количеству не превышают соответствующих показателей в почвах.

Из этого следует, что их можно отнести к породообразующим и, соответственно, практически неопасным для окружающей природной среды компонентам с относительным параметром опасности  $X=4$ .

Остальные компоненты могут представлять определенную опасность для окружающей среды и к ним необходимо применить расчетный метод.

2. На все компоненты, к которым будет применен расчетный метод, из справочной литературы находим первичные показатели опасности и составляем соответствующие таблицы.

3. Исходя из значений первичных показателей опасности и в соответствии с таблицей 2 «Критериев отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды», проставляем соответствующие им баллы.

4. Определяем показатель информационного обеспечения как сумму первичных показателей по каждому компоненту отхода, и по этой сумме – соответствующий балл.

5. Рассчитываем относительный параметр опасности компонента отхода для окружающей природной среды ( $X$ ) (пункт 9 «Критериев ....»).

### Первичные показатели опасности компонентов отхода

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	Ангидрит (CaSO <sub>4</sub> )		Оксиды железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		Углерод (C)	
		Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл
1	ПДКп, мг/кг			>100	4	>100	4
2	Класс опасности в почве						
3	ПДКв, (ОДУ), мг/л	500	4	0,3	3	>20	4
4	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	4	4	3	3		
5	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	100	4	0,1	3		
6	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования			4	4		
7	ПДК (с.с.или м.р.) (ОБУВ) мг/м <sup>3</sup>	0,3	3	0,04	2	0,15	3
8	Класс опасности в атм. воздухе			3	3	3	3
9	ПДК п.п. (МДУ, МДС), мг/кг			15	4		
10	Lg(S, мг/л / ПДКв, мг.л)	0,61	4			<<1	4
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКр.з)	<1	4	<1	4	<<1	4
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКс.с. или ПДКм.р.)	<1	4	<1	4	<<1	4
13	Lg K <sub>ow</sub> (октанол/вода)						
14	LD <sub>50</sub> (мг/кг)	10000	4	10000	4		
15	LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )					Не достиг.	4
16	LC <sub>50</sub> <sup>W</sup> (мг/л / 96 ч)						
17	БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК						
18	Персистентность (трансформация в окружающей среде)						
19	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)						
20	Показатель информационного обеспечения	n = 8	2	n = 11	4	n = 8	2
21	Относительный параметр опасности компонента	X = 33/9 = 3,667		X = 42/12 = 3,5		X = 32/9 = 3,556	

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	Mn		Cu		Zn	
		Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл
1	ПДКп, мг/кг	1500	4	33	3	55	3
2	Класс опасности в почве	3	3	2	2	1	1
3	ПДКв, (ОДУ), мг/л	0,1	2	1,0	3	1,0	3
4	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	3	3	3	3	3	3
5	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	0,01	2	0,001	2	0,01	2
6	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	4	4	3	3	3	3
7	ПДК (с.с.или м.р.) (ОБУВ) мг/м <sup>3</sup>	0,01	2	0,002	1	0,05	2
8	Класс опасности в атм. воздухе	2	2	2	2	1	1
9	ПДК п.п. (МДУ, МДС), мг/кг			0,5	2	3,0	3
10	Lg(S, мг/л / ПДКв, мг.л)	<1	4	<1	4	<1	4
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКр.з)	<1	4	<1	4	<1	4
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКс.с. или ПДКм.р.)	<1	4	<1	4	<1	4
13	Lg K <sub>ow</sub> (октанол/вода)						
14	LD <sub>50</sub> (мг/кг)	450	3	140	2	47	2
15	LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )						
16	LC <sub>50</sub> <sup>W</sup> (мг/л / 96 ч)						
17	БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК						
18	Персистентность (трансформация в окружающей среде)						
19	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)						
20	Показатель информационного обеспечения	n = 12	4	n = 13	4	n = 13	4
21	Относительный параметр опасности компонента	X = 41/13 = 3,154		X = 39/14 = 2,786		X = 39/14 = 2,786	

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	As		Cr		Co	
		Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл
1	ПДКп, мг/кг	2,0	1	90	3	5	2
2	Класс опасности в почве	1	1	2	2	2	2
3	ПДКв, (ОДУ), мг/л	0,05	2	0,5	3	0,1	2
4	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	2	2	3	3	2	2
5	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	0,05	3	0,07	3	0,01	2
6	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	3	3	3	3	3	3
7	ПДК (с.с.или м.р.) (ОБУВ) мг/м <sup>3</sup>	0,003	1	0,0015	1	0,0004	1
8	Класс опасности в атм. воздухе	2	2	1	1	2	2
9	ПДК п.п. (МДУ, МДС), мг/кг	0,05	2	0,1	2		
10	Lg(S, мг/л / ПДКв, мг.л)	<1	4	<1	4		
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКр.з)	<1	4	<1	4	<1	4
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКс.с. или ПДКм.р.)	<1	4	<1	4	<1	4
13	Lg K <sub>ow</sub> (октанол/вода)						
14	LD <sub>50</sub> (мг/кг)	144	2	450	3	29	2
15	LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )						
16	LC <sub>50</sub> <sup>W</sup> (мг/л / 96 ч)						
17	БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК						
18	Персистентность (трансформация в окружающей среде)						
19	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)						
20	Показатель информационного обеспечения	n = 13	4	n = 13	4	n = 11	4
21	Относительный параметр опасности компонента	X = 35/14 = 2,5		X = 40/14 = 2,857		X = 30/12 = 2,5	

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	Pb		Ni		Cd	
		Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл
1	ПДКп, мг/кг	32	3	20	3	0,5	1
2	Класс опасности в почве	1	1	2	2		
3	ПДКв, (ОДУ), мг/л	0,03	2	0,1	2	0,001	1
4	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	2	2	3	3	2	2
5	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	0,1	2	0,01	2	0,005	2
6	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	3	3	3	3	2	2
7	ПДК (с.с.или м.р.) (ОБУВ) мг/м <sup>3</sup>	0,0003	1	0,001	1	0,0003	1
8	Класс опасности в атм. воздухе	1	1	2	2	1	1
9	ПДК п.п. (МДУ, МДС), мг/кг	0,05	2	0,1	2	0,002	1
10	Lg(S, мг/л / ПДКв, мг.л)	<1	4	<1	4		
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКр.з)	<1	4	<1	4	<1	4
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКс.с. или ПДКм.р.)	<1	4	<1	4	<1	4
13	Lg K <sub>ow</sub> (октанол/вода)						
14	LD <sub>50</sub> (мг/кг)			780	2	72	2
15	LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )						
16	LC <sub>50</sub> <sup>W</sup> (мг/л / 96 ч)						
17	БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК						
18	Персистентность (трансформация в окружающей среде)						
19	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)						
20	Показатель информационного обеспечения	n = 12	4	n = 13	4	n = 11	4
21	Относительный параметр опасности компонента	X = 34/13 = 2,615		X = 38/14 = 2,714		X = 25/12 = 2,083	

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	Hg		V	
		Значе- ния показа телей	Балл	Значе- ния показа телей	Балл
1	ПДКп, мг/кг	2,1	1	150	4
2	Класс опасности в почве	1	1	3	3
3	ПДКв, (ОДУ), мг/л	0,0005	1	0,1	2
4	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	1	3	3
5	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	0,00001	1	0,001	2
6	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	1	1	3	3
7	ПДК (с.с.или м.р.) (ОБУВ) мг/м <sup>3</sup>	0,0003	1	0,02	2
8	Класс опасности в атм. воздухе	1	1	1	1
9	ПДК п.п. (МДУ, МДС), мг/кг	0,005	1		
10	Lg(S, мг/л / ПДКв, мг.л)			<1	4
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКр.з)	6,0	1	<1	4
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКс.с. или ПДКм.р.)	4,7	2	<1	4
13	Lg K <sub>ow</sub> (октанол/вода)				
14	LD <sub>50</sub> (мг/кг)			23	2
15	LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )				
16	LC <sub>50</sub> <sup>W</sup> (мг/л / 96 ч)				
17	БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК				
18	Персистентность (трансформация в окружающей среде)				
19	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)				
20	Показатель информационного обеспечения	n = 11	4	n = 12	4
21	Относительный параметр опасности компонента	X = 16/12 = 1,333		X = 38/13 = 2,923	



6. По найденным относительным параметрам опасности **X** определяем в соответствии с «Критериями ...» (пункт 10) коэффициенты степени опасности **W** для каждого компонента отхода.

№п/п	Компоненты отхода	$X_i$	$Z_i$	$Lg W_i$	$W_i$ <i>мг/кг</i>
1	Ангидрит	3,667	4,556	4,770	58880
2	Оксиды железа	3,5	4,333	4,40	25120
3	Углерод	3,556	4,408	4,511	32430
4	Ванадий	2,923	3,564	3,564	3664
5	Кадмий	2,083	2,444	2,444	278
6	Кобальт	2,5	3,00	3,00	1000
7	Марганец	3,154	3,872	3,872	7447
8	Ртуть	1,333	1,444	1,23	17
9	Свинец	2,615	3,154	3,154	1426
10	Медь	2,786	3,381	3,381	2404
11	Мышьяк	2,5	3,00	3,00	1000
12	Никель	2,714	3,285	3,285	1928
13	Хром	2,857	3,476	3,476	2992
14	Цинк	2,786	3,381	3,381	2404

7. Определяем показатели степени опасности **K** для каждого компонента отхода (пункт 11 «Критериев ...») и их сумму.

№ п/п	Компоненты отхода	$W_i$ <i>мг/кг</i>	$C_i$ <i>мг/кг</i>	$K_i$
1	Породообразующие	1000000	859000	0,86
2	Ангидрит	58880	22000	0,37
3	Оксиды железа	25120	9000	0,36
4	Углерод	32430	109000	3,36
5	Ванадий	3664	187	0,05
6	Кадмий	278	1,5	0,005
7	Кобальт	1000	15	0,015
8	Марганец	7447	430	0,06
9	Медь	2404	64	0,027
10	Мышьяк	1000	51	0,051
11	Никель	1928	57	0,029
12	Ртуть	17	0,2	0,01
13	Свинец	1426	13	0,01
14	Хром	2992	100	0,033
15	Цинк	2404	49	0,02
16	<b>Сумма</b>		<b>1000000</b>	<b>5,26</b>

Показатель степени опасности сухих золошлаковых отходов  $K = 5,26$ .

8. Исходя из значения показателя степени опасности отхода, по таблице 3 «Критериев ...» определяем его класс опасности.

$K = 5,26 < 10$ , следовательно, отход относится к 5-му классу опасности.

В данном случае (согласно «Критериям ....») требуется подтверждение класса опасности экспериментальным методом.

Если проведенное биотестирование подтвердит результаты расчетного метода, то отходу устанавливается 5-й класс опасности для окружающей природной среды.

## Пример 2.

Отход состоит из следующих компонентов:

CuO – 28%

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14%

CaSO<sub>4</sub> – 58%/

1. Проводим анализ компонентного состава отхода.

Все компоненты могут представлять определенную опасность для окружающей среды, следовательно, ко всем им будет применен расчетный метод.

2. Из справочной литературы находим первичные показатели опасности и составляем соответствующие таблицы.

3. Исходя из значений первичных показателей опасности и в соответствии с таблицей 2 «Критериев отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды», проставляем соответствующие им баллы.

4. Определяем показатель информационного обеспечения как сумму первичных показателей по каждому компоненту отхода, и по этой сумме – соответствующий балл.

5. Рассчитываем относительный параметр опасности компонента отхода для окружающей природной среды (X) (пункт 9 «Критериев ....»).

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	(CaSO <sub>4</sub> )		CuO		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		Значения показателей	Балл	Значения показателей	Балл	Значения показателей	Балл
1	ПДКп, мг/кг			33	3	90	3
2	Класс опасности в почве			2	2	2	2
3	ПДКв, (ОДУ), мг/л	500	4	1,0	3	0,5	3
4	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	4	4	3	3	3	3
5	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	100	4	0,001	2	0,07	3
6	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования			3	3	3	3
7	ПДК (с.с.или м.р.) (ОБУВ) мг/м <sup>3</sup>	0,3	3	0,002	1	0,0015	1
8	Класс опасности в атм. воздухе			2	2	1	1
9	ПДК п.п. (МДУ, МДС), мг/кг			0,5	2	0,1	2
10	Lg(S, мг/л / ПДКв, мг/л)	0,61	4	<1	4	<1	4
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКр.з)	<1	4	<1	4	<1	4
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> / ПДКс.с. или ПДКм.р.)	<1	4	<1	4	<1	4
13	Lg K <sub>ow</sub> (октанол/вода)						
14	LD <sub>50</sub> (мг/кг)	10000	4	140	2	450	3
15	LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )						
16	LC <sub>50</sub> <sup>W</sup> (мг/л / 96 ч)						
17	БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК						
18	Персистентность (трансформация)						

	в окружающей среде)						
19	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)						
20	Показатель информационного обеспечения	n = 8	2	n = 13	4	n = 13	4
21	Относительный параметр опасности компонента	$X = 33/9 = 3,667$		$X = 39/14 = 2,786$		$X = 40/14 = 2,857$	

6. По найденным относительным параметрам опасности **X** определяем в соответствии с «Критериями ...» (пункт 10) коэффициенты степени опасности **W** для каждого компонента отхода.

№п/п	Компоненты отхода	$X_i$	$Z_i$	$Lg W_i$	$W_i$ <i>мг/кг</i>
1	$CaSO_4$	3,667	4,556	4,770	58880
2	$CuO$	2,786	3,381	3,381	2404
3	$Cr_2O_3$	2,857	3,476	3,476	2992

7. Проводим перерасчет концентрации вещества на опасный элемент (для  $Cr_2O_3$  и  $CuO$  ).

а).

Компонент	Молекулярный вес	Концентрация <b>C</b>
$CuO$	79,5	280000 мг/кг
$Cu$	63,5	x

$$C = 63,5 \times 280000 / 79,5 = 223650 \text{ мг/кг}$$

б).

Компонент	Молекулярный вес	Концентрация <b>C</b>
$Cr_2O_3$	152	140000
$Cr_2$	104	x

$$C = 104 \times 140000 / 152 = 95790 \text{ мг/кг}$$

8. На кислород остается соответственно:

$$(280000 - 223650) + (140000 - 95790) = 100560 \text{ мг/кг.}$$

К нему применяем  $W = 1000000$

9. Определяем показатели степени опасности **K** для каждого компонента отхода (пункт 11 «Критериев ...») и их сумму.

№ п/п	Компоненты отхода	$W_i$ <i>мг/кг</i>	$C_i$ <i>мг/кг</i>	$K_i$
1	$CaSO_4$	58880	580000	9,85
2	Медь	2404	223650	93,03
3	Хром	2992	95790	32,02
4	Кислород	1000000	100560	0,1

5	<b>Сумма</b>			<b>135,0</b>
---	--------------	--	--	--------------

Показатель степени опасности отхода  $K = 135,0$ .

10. Исходя из значения показателя степени опасности отхода, по таблице 3 «Критериев ...» определяем его класс опасности.

В данном случае  $K = 135,0$  попадает в интервал от 1000 до 101, следовательно, отход относится к 3-му классу опасности.

**Пример 3.****Отход сахарного производства – фильтрационный осадок (дефекат)****Исходные данные количественного химического состава отхода сахарного производства – фильтрационного осадка (дефеката)**

Отход сахарного производства – фильтрационный осадок (дефекат) соответствует ТУ 9112-005-00008064-95 «Осадок фильтрационный».

Состав фильтрационного осадка:

Углекислый кальций, углекислый магний, а также незначительное количество азота (0,2-0,4% N), фосфора (0,3-0,5%  $P_2O_5$ ), калия (0,3-0,5%  $K_2O$ ).

**Характеристика отхода сахарного производства – фильтрационного осадка (дефеката)**

Фильтрационный осадок образуется в свекло-сахарном производстве в процессе очистки диффузионного сока известью и сатурационным газом (диоксидом углерода) с последующей фильтрацией сока 1 сатурации в количестве 8-12% к массе свеклы.

По указанным выше ТУ фильтрационный осадок подразделяется на:

- отдельный – 1 класс,
- смешанный – 2 класс.

Отдельный фильтрационный осадок 1 класса – это фильтрационный осадок (лепешка) с вакуум-фильтров, который удаляется в земляные отстойники-накопители.

Смешанный фильтрационный осадок 2 класса – это фильтрационный осадок (лепешка) с вакуум-фильтров, смешанный с осадком транспортно-моечных вод (почва с полей), который удаляется в отстойники-накопители.

**Физико-химические показатели фильтрационного осадка**

Наименование показателя	1 класс	2 класс
Суммарная массовая доля углекислого кальция и углекислого магния, в пересчете на $CaCO_3$ , %, не менее	70	40
Массовая доля влаги, %, не более	20	30
Показатель АДВ, %, не менее	56	28
Степень засоренности семенами сорных растений, тыс.шт./т, не более	100	200
Содержание тяжелых металлов, мг/кг сухого вещества, не более	ПДК почвы	
Содержание пестицидов (остаточное количество), мг/кг фильтрационного осадка, не более	ПДК почвы	

Органическая часть фильтрационного осадка имеет в своем составе белки, пектиновые вещества, кальциевые соли, щавелевую, лимонную, яблочную и др. кислоты, сапонин, сахарозу.

**Обоснование отнесения отхода – фильтрационного осадка – к классу опасности для окружающей природной среды**

В общем состав фильтрационного осадка можно разделить на следующие части:

- органическая часть,
- минеральная часть, состоящая из карбонатов кальция и магния,
- минеральная часть, включающая калий ( $K_2O$ ) и фосфорную кислоту.

1. Все соединения, входящие в органическую составляющую фильтрационного осадка, встречаются в живой природе, в том числе и в почве, и относятся в большинстве своем к биологически разлагаемым соединениям. При попадании этих веществ в почву они участвуют в почвенно-биологических процессах и способствуют повышению почвенного плодородия.

В связи с этим, и в соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» (приказ МПР России от 15 июня 2001 г. № 511) для таких веществ относительный параметр опасности  $X$  принимается равным 4, и соответственно  $W = 1000000$ .

2. Карбонаты кальция и магния входят в состав природных минералов (известняк, доломит) и относятся к инертным, химически стойким веществам.

Поэтому, в соответствии с «Критериями ...» для данных компонентов отхода коэффициент степени опасности отхода  $W$  также, как и в предыдущем пункте, принимается равным 1000000.

3. Калий и фосфор также являются породообразующими элементами, но в отходе они должны присутствовать в концентрациях, не превышающих их содержание в основных типах почв. Чтобы убедиться в этом, необходимо провести такое сравнение.

#### Среднее содержание химических элементов в литосфере и почвах, %

Элементы	Литосфера	Почва
Фосфор	0,08	0,08
Калий	2,6	1,36

При сравнении элементных составов минеральной части почв и породообразующих компонентов отхода сахарного производства – фильтрационного осадка - видно, что содержание калия (по представленным данным – не более 0,5%) не превышает соответствующих показателей минеральной части почв. Это свидетельствует о том, что данный компонент с полным основанием может быть отнесен к практически неопасным для окружающей природной среды и к нему может быть применен  $W = 1000000$ .

Что касается фосфора, то его содержание в отходе (0,5%) превышает показатели минеральной части почв. Следовательно, данный компонент может представлять определенную опасность, и к нему должен быть применен расчетный способ определения класса опасности.

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	Фосфор (по $P_2O_5$ )	
		Показатель	Балл
1.	ПДКп <sup>1)</sup> (ОДК), мг/кг	200	4
2.	Класс опасности в почве		

3.	ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л	3,5	4
4.	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования		
5.	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	0,2	4
6.	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования		
7.	ПДКс.с. (ПДКм.р., ОБУВ), мг/м <sup>3</sup>	0,005	1
8.	Класс опасности в атмосферном воздухе	2	2
9.	ПДКпп (МДУ, МДС), мг/кг		
10.	Lg(S, мг/л/ПДКв, мг/л) по фосфорной кислоте	4,194	2
11.	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ПДКр.з)	0,5798	4
12.	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ПДКс.с. или ПДКм.р.)	2,87	3
13.	Ig Кow(октанол/вода)	1,250	3
14.	LD <sub>50</sub> , мг/кг	25,5	2
15.	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>		
16.	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96ч		
17.	БД= БПК <sub>5</sub> / ХПК		
18.	Персистентность (трансформация в окружающей природной среде)	Образование продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходно вещества	3
19.	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	Накопление в одном из звеньев	3
	ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ПАРАМЕТР ОПАСНОСТИ КОМПОНЕНТА	X = 3,0	

Количество первичных показателей 12

Показатель информационного обеспечения – 4

$X = \text{сумма баллов} / 13 = 3,0$

$Z = 4 \times 3 / 3 - 1 / 3 = 3,6667$

$LgW = Z = 3,6667$

$W = 4641$

Концентрация  $P_2O_5$  в отходе составляет 0,5% (по максимуму), т.е. 5000 мг/кг

Показатель степени опасности компонента  $P_2O_5$

$K = C/W = 5000/4667 = 1,08$ .

Концентрация остальных компонентов в отходе с учетом содержания влаги составляет 99,5%.

Показатель степени опасности их будет равен

$995000/1000000 = 0,995$ .

Суммарный показатель степени опасности отхода  $K = 1,08 + 0,995 = 2,079$ .

Это означает, что отход – фильтрационный осадок – по расчетному способу относится к **5 классу опасности**.

В соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» в данном случае требуется подтверждение



отнесения отхода к **5 классу** опасности экспериментальным методом (метод биотестирования).

При отсутствии подтверждения 5-го класса опасности экспериментальным методом отходу устанавливается **4 класс опасности**.

#### Пример 4. Отходы древесные незагрязненные из древесно-стружечных материалов

Состав: древесина натуральная,  
древесно-стружечные материалы (формальдегид – 2,5%).

Древесина в основном (на 99,7%) состоит из целлюлозы, включающей в себя такие органические вещества, как клетчатка, лигнин, дубильные вещества и другие подобные соединения.

Все эти вещества встречаются в живой природе, в том числе и в почве, а также входят в состав традиционных органических удобрений и относятся в большинстве своем к биологически разлагаемым соединениям и, соответственно, практически неопасным. При попадании этих веществ в почву они участвуют в почвенно-биологических процессах и способствуют повышению почвенного плодородия. Поэтому в соответствии с «Критериями ...», для расчета индекса опасности вышеупомянутых веществ принимаем относительный параметр экологической безопасности ( $X_i$ ) равным 4 и соответственно  $W_i = 10^6 = 1000000$ .

Для формальдегида определяем параметр экологической безопасности ( $X_i$ ) и соответственно  $W_i$

№ п/п	Первичные показатели опасности компонента отхода	Формальдегид	
		Знач. показат.	Балл
1.	ПДКп (ОДК), мг/кг	7,0	2
2.	Класс опасности в почве		
3.	ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л	0,05	2
4.	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	2	2
5.	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л		
6.	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования		
7.	ПДКс.с. (ПДКм.р., ОБУВ), мг/м <sup>3</sup>	0,003	2
8.	Класс опасности в атмосферном воздухе	2	2
9.	ПДКпп (МДУ, МДС), мг/кг		
10.	Lg (S, мг/л/ПДКв, мг/л)	Более 5	1
11.	Lg (Снас, мг/м <sup>3</sup> /ПДКр.з)		
12.	Lg (Снас, мг/м <sup>3</sup> /ПДКс.с. или ПДКм.р.)		
13.	Lg Kow(октанол/вода)		
14.	LD <sub>50</sub> , мг/кг		
15.	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	400	1
16.	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> , мг/л/96ч		
17.	БД= БПК <sub>5</sub> / ХПК		
18.	Персистентность (трансформация в окружающей природной среде)		3
19.	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)		
	Показатель информационного обеспечения (n)	8	2

	Сумма баллов		17
	Относительный параметр опасности компонента отхода (X)		1,889
	$Z = 4 X/3 - 1/3$		2,18667

$$Lg W = Z = 2,18667$$

$$W = 271,1$$

№ п/п	Наименование компонента отхода	Концентрация компонента отхода (C) мг/кг	Коэффициент степени опасности компонента (W) мг/кг	Показатель степени опасности компонента отхода (K)
1	Древесина	975000	1000000	0,975
2	Формальдегид	25000	271,1	92,25

Суммарный показатель степени опасности  $K = 93,225$ .

Следовательно, данный вид отхода относится к **4 классу** опасности для окружающей природной среды.

## Приложение 1

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ПДКп (мг/кг)	предельно-допустимая концентрация вещества в почве.
ОДК	ориентировочно-допустимая концентрация .
ПДКв (мг/л)	предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
ОДУ	ориентировочно-допустимый уровень.
ОБУВ	ориентировочный безопасный уровень воздействия.
ПДКр.х.(мг/л)	предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения.
ПДКс.с.. (мг/м <sup>3</sup> )	предельно-допустимая концентрация вещества среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест.
ПДКм.р. (мг/м <sup>3</sup> )	предельно-допустимая концентрация вещества максимально разовая в воздухе населенных мест.
ПДК пп (мг/кг)	предельно допустимая концентрация вещества в продуктах питания
ПДКр.з. (мг/м <sup>3</sup> )	предельно-допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны.
МДС	максимально допустимое содержание.
МДУ	максимально допустимый уровень
S (мг/л)	растворимость компонента отхода (вещества)в воде при 20°C
Снас (мг/м <sup>3</sup> )	насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20°C и нормальном давлении.
Kow	коэффициент распределения в системе октанол/вода при 20°C.
LD <sub>50</sub> (мг/кг)	средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях.
LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )	средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях.
LC <sup>водн</sup> <sub>50</sub> (мг/л/96ч)	средняя смертельная концентрация вещества в воде, вызывающая гибель 50% всех взятых в опыт гидробионтов (например, рыб) через 96 часов.
БД	биологическая диссимиляция
БПК <sub>5</sub>	биологический показатель кислорода, выраженный в мл О <sub>2</sub> /л через 5 часов
ХПК	химический показатель кислорода, выраженный в мл О <sub>2</sub> /100л

## Приложение 2

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 1.1.546-96 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень из 381 наименования), М. ГСЭН России, 1997, 52 с.
2. СанПиН 2.1.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», М., ГСЭН России, 1996 г., 111 с.
3. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (2259 наименований веществ), М., ГСЭН России, 1998 г., 208 с.
4. ГН 2.2.5.687-98 Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (494 наименования веществ), М., ГСЭН России, 1998, 46 с.
5. ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (589 наименований), М., ГСЭН России, 1998 г., 69 с.
6. ГН 2.1.6.696-98 Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (1495 наименования веществ), М., ГСЭН России, 1998 г., 132 с.
7. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух, С-Петербург, 1999 г.
8. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (1343 наименований), М., Минздрав России, 1998 г., 126 с.
9. ГН 2.1.5.690-98 Ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (402 наименования), М., Минздрав России, 1998 г., 45 с.
10. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (1204 величин ПДК и 2 ОБУВ), М., Изд. ВНИРО, 1999, 304 с.
11. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве, рег № 6229-91, М., Минздрав СССР, 1991
12. ГН 2.1.7.020-94 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах, М., ГСЭН России, 1995
13. ГН 1.1.7.701-98 Гигиенические критерии для обоснования необходимости разработки ПДК и ОБУВ (ОДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, воде водных объектов, М., Минздрав России, 1998, 15 с.
14. «Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов» под ред. М.Н. Кашинцева, Медиор, М., 1995.
15. СанПиН 2.1.7. 72-98. Предельно допустимые концентрации в почве.
16. СанПиН 2.3.2. 560-96. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

17. Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ (РРПОХБВ), Токсикологический вестник, 1994-2000 г.
18. Вредные вещества в промышленности: органические вещества. Новые данные 1974-1984 гг. Справочник под общ. Ред. Э.Н. Левиной, И.Д. Гадаскиной., - Л., Химия, 1985. – 464 с.
19. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Справочник., /А.Л. Бандман, Г.А. Гудзовский, Л.С. Дубейковская и др. Под ред. В.А. Филова. – Л., Химия, 1988, 512 с.
20. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V-VIII групп. Справочник., /А.Л. Бандман, Г.А. Н.В. Волкова, Т.Д. Грехова и др. Под ред. В.А. Филова. – Л., Химия, 1989 592 с.
21. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенопроизводные углеводороды.: Справочник. /А.Л. Бандман, Г.А. Войтенко, Н.В. Волкова и др. Под ред. В.А. Филова. – Л., Химия, 1990, 732 с.
22. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справочник./ Т.П. Арбузова, Л.А. Базарова, Э.А. Балабанова и др. Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова., СПб., Химия, 1992, 432 с.
23. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: Справочник./ А.Л. Бандман, Г.А. Войтенко, Н.В. Волкова и др. Под ред. В.А. Филова. – Л., Химия, 1994, 688 с.
24. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах: Справочник., Л., Химия, 1982, 216 с.
25. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах: Справочник., Л., Химия, 1979, 160 с.
26. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу: Справочник., Л., Химия, 1986, 207 с.
27. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу: Справочник., Л., Химия, 1987, 192 с.
28. Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога./ Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков, А.В. Рощин и др. Под ред. Д.П. Никитина, М., Медицина, 1990, 512 с.
29. Экология и безопасность.: Справочник./ Н.Г. Рыбальский, М.А. Малярова, В.В. Горбатовский и др. Под ред. Н.Г. Рыбальского, М., ВНИИПИ, 1993, в 2-х томах.
30. Справочник химика (под ред. Б.П. Никольского). Л., Химия, 1971, т.т. 1-3.
31. Краткий справочник по геохимии. / Г.В. Войткевич, А.Е. Мирошников, А.С. Поваренных и др. М., Недра, 1975.
32. Термодинамические свойства индивидуальных веществ (под ред. В.П. Глушко)., Справочник, т.2, М., 1977.
33. А.Н. Несмеянов «Давление пара химических элементов», М., 1991.