

УДК 502.5:628.394(571.150)

*Е.Ю. Дрюпина, А.Н. Эйрих, С.С. Эйрих, Т.С. Папина***Пространственно-временная динамика содержания загрязняющих веществ в коммунальных и смешанных сточных водах Барнаула***E.Yu. Dryupina, A.N. Eyrikh, S.S. Eyrikh, T.S. Papina***Spatiotemporal Dynamics of Pollutants Content in Municipal and Mixed Wastewaters of Barnaul**

Изучена сезонная и суточная динамика содержания загрязняющих веществ в коммунальных и смешанных сточных водах Барнаула, по результатам которой обоснована методика расчета допустимых концентраций (ДК) загрязняющих веществ в сточных водах промышленных предприятий при их приеме в систему городской канализации. При относительно равномерном пространственно-временном распределении загрязняющих веществ в сточных водах для отдельных показателей отмечены единичные резкие повышения концентраций, что связано с их залповыми выбросами. Сезонные изменения концентраций загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах Барнаула не обнаружены (исключение составляют только цианиды). В канализационных колодцах наблюдается постоянное высокое содержание таких типичных для коммунальных сточных вод загрязняющих веществ, как взвешенные вещества, БПК<sub>5</sub>, аммонийный азот, фосфаты, сульфаты, сульфиды и цианиды. При этом их концентрации значительно превышают значения ДК, установленных администрацией Барнаула для сточных вод предприятий при их приеме в городскую канализацию. Определено, что в настоящее время промышленные сточные воды Барнаула практически не влияют на качество смешанных сточных вод, поступающих на очистку на городские очистные сооружения.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, коммунальные и смешанные сточные воды, фоновые концентрации, городская канализация.

**DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-33**

Нормирование водопользования [1, с. 2] занимает ведущее место в системе управления антропогенной нагрузкой на водные объекты. Будучи четко выраженными механизмами установления пределов воздействия, нормативы должны накладывать ограничения на деятельность водопользователей с целью обеспечения благоприятного состояния водных экосистем [2, с. 3]. В западных странах нормативы сброса сточных вод устанавливают с учетом возможностей со-

Seasonal and daily dynamics of pollutants content in municipal and mixed wastewaters of Barnaul has been studied; on account of which calculation method of maximum acceptable concentration of pollutants in industrial wastewater entering to urban-combined sewage system has been justified. At relatively uniform spatio-temporal distribution of pollutants in the municipal wastewater occasional sharp increases of some specific contaminants concentration have been registered which is connected with their burst release. Seasonal variations of pollutants concentrations in municipal wastewater of Barnaul have not been found (cyanides are the exception). There is constantly high concentration of such typical pollutants in municipal wastewater as suspended substances, BOD<sub>5</sub>, ammonia nitrogen, phosphates, sulfates, sulfides and cyanides; and their concentration significantly exceeds acceptable concentrations established by Barnaul administration for enterprises wastewater entering to urban sewage system. Currently industrial wastewaters of Barnaul practically have no effect on the quality of mixed wastewater entering to wastewater treatment plant.

**Key words:** pollutants, municipal and mixed wastewaters, background concentrations, urban sewage system.

временных методов водоочистки и тем самым стимулируют водопользователей внедрять эти методы очистки в практику.

В отечественной системе водопользования для многих нормируемых показателей устанавливаются необоснованно жесткие и недостижимые нормативы допустимых концентраций (ДК) веществ, что на практике из-за несанкционированного сброса неочищенных сточных вод приводит к обратному эф-

фекту воздействия на водные ресурсы. Поэтому изучение пространственно-временного распределения загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах необходимо учитывать при обосновании объективной методики расчета ДК веществ, нормируемых в сточных водах промышленных предприятий при их приеме в систему городской канализации.

Целью нашей работы являлось изучение суточной и сезонной динамики концентраций загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах Барнаула, а также оценка вклада промышленных стоков в смешанные (промышленно-бытовые) сточные воды для обоснования объективной методики расчета ДК загрязняющих веществ для предприятий города. Поскольку определение индивидуального вклада сточных вод от каждого предприятия в общегородской сток представляет собой сложную задачу, то было выполнено раздельное изучение коммунальных и смешанных сточных вод, которое позволило оценить суммарный вклад всех промышленных стоков.

**Объекты исследования.** Для оценки уровня загрязнения бытовых сточных вод выбраны четыре контрольных канализационных колодца (КК), расположенных в разных районах Барнаула. Все выбранные колодцы являются коллекторными, при этом в них поступают только коммунальные сточные воды, а сброс промышленных стоков полностью отсутствует. Дополнительно отбор проб осуществлялся также на входе и выходе с канализационно-очистных сооружений города (КОС-1 и КОС-2). Для оценки суточной динамики загрязняющих веществ отбор проб сточных вод из канализационных колодцев, а также отбор проб на входе и выходе с КОС-1 и КОС-2 проводили четыре раза в течение дня (в 9-00; 14-00; 18-00; 21-00 часов). Для изучения сезонной динамики суточную схему отбора проб воды в колодцах и на КОС проводили в зимний, весенний и летний периоды. Всего за период с 7.12.2011 по 10.06.2012 отобрано и проанализировано около 100 проб. Схема расположения мест отбора проб приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Точки отбора проб сточных вод:  
КК-1 — Ленинский район; КК-2 — Индустриальный район; КК-3 и КК-5 — Центральный район

**Методы исследования.** Выбор перечня изучаемых загрязняющих веществ определялся составом коммунальных сточных вод. Их качество оценивали по 24 гидрохимическим показателям: рН, взвешенным веществам (ВВ), сухому остатку, ХПК, БПК<sub>5</sub>, ионам аммония, нитратам, нитритам, сульфатам, сульфидам, фосфатам, хлоридам, цианидам, As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn.

Во всех точках наблюдения пробы воды из канализационных колодцев отбирали 3-литровым эмалированным бидоном. Сразу после отбора пробы сточной воды фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм в атмосфере инертного газа (аргон)

[3, с. 12]. Для разделения растворенных и взвешенных форм загрязняющих веществ при необходимости отдельно анализировали фильтрат и содержимое фильтра. На каждый определяемый показатель аликвоту фильтрата консервировали отдельно, согласно общепринятому на данный показатель нормативу [3]. Перед инструментальным определением тяжелых металлов проводили «мокрое» озонирование пробы в микроволновой печи «MARS-5». При определении ртути пробу дополнительно окисляли раствором ВгСl (в соответствии с методом US EPA 1631). С целью устранения мешающего влияния сероводорода и органической матрицы при определении цианидов пробу перед анализом перегоняли.

Загрязняющие вещества в сточных водах определяли спектрометрическим ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ), потенциометрическим (рН,  $\text{CN}^-$ ), гравиметрическим (ВВ, сухой остаток), титриметрическим ( $\text{Cl}^-$ , ХПК, БПК<sub>5</sub>), турбидиметрическим ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) и атомно-флуоресцентным (Hg) методами. Концентрации тяжелых металлов (за исключением ртути) определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии с использованием пламенной (ацетилен — воздух) или электротермической (ЭТА) атомизации.

**Результаты и их обсуждение. Коммунальные сточные воды.** Анализ полученных результатов показывает, что рН в коммунальных сточных водах в течение суток изменялось незначительно. Содержание взвешенных веществ, ионов аммония, сульфатов, нитратов, мышьяка и кобальта изменялось не более, чем

в 2–3 раза. Концентрации БПК<sub>5</sub>, фосфатов и железа варьировали в пределах 3–6 раз. Содержание остальных исследуемых загрязнителей изменялось в течение суток от 9 до 80 раз (рис. 2, на примере хлорид-ионов).

Для некоторых показателей большой разброс концентраций фиксировали не повсеместно, а только для одного колодца либо конкретной даты отбора. Например, это было выявлено для хрома в колодце №2 в дневное время (384 и 212 мкг/л, в то время как фоновые значения составляли 3–5 мкг/л), что, вероятнее всего, связано с его «залповым» выбросом при поступлении в канализационную сеть отходов мелкого производства (кожевенного, красильного или производства эмалей) (рис. 3). Аналогичные разовые максимальные концентрации были отмечены для БПК<sub>5</sub>, взвешенных веществ, аммонийного азота, хлоридов, цианидов и ртути.

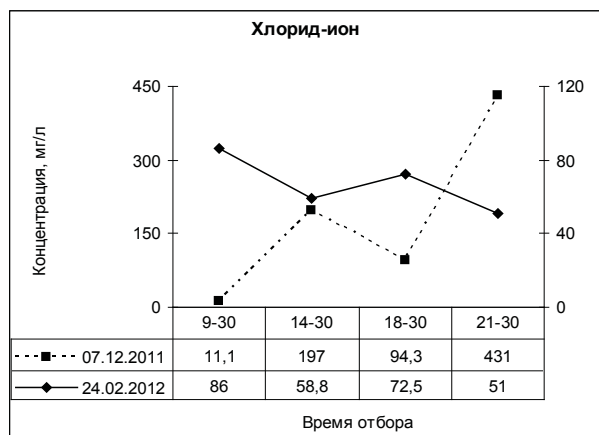


Рис. 2. Среднее содержание хлорид-иона в различное время суток (колодец №2)

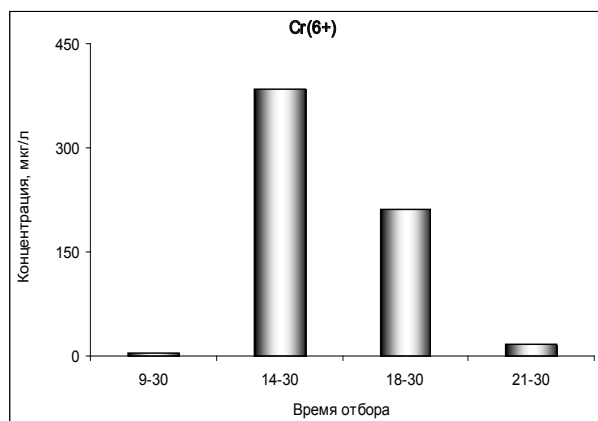


Рис. 3. Суточные изменения концентраций хрома в колодце №2

Среди исследованных загрязняющих веществ сезонной динамики их содержания в коммунальных сточных водах Барнаула не выявлено (рис. 4).

Исключение составляют только цианиды, содержание которых во всех колодцах существенно увеличивается в марте (рис. 5).

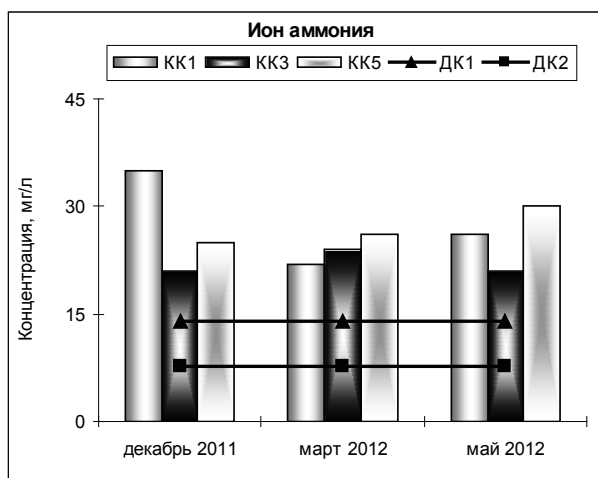


Рис. 4. Сезонная динамика среднесуточных концентраций иона аммония и соответствующие допустимые концентрации для системы канализации

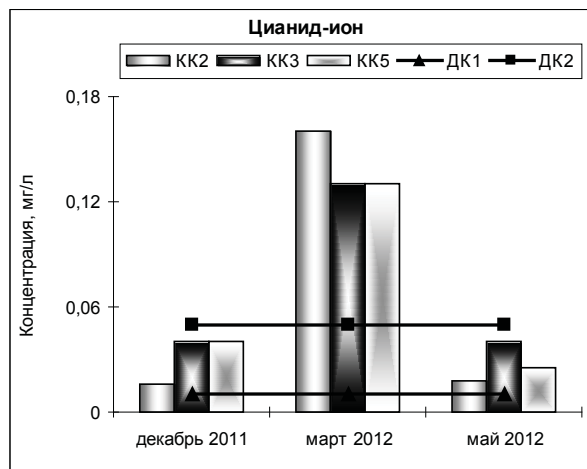


Рис. 5. Сезонная динамика среднесуточных концентраций цианид-иона и соответствующие допустимые концентрации для системы канализации

## Пространственно-временная динамика содержания загрязняющих веществ...

**Смешанные сточные воды.** Средние содержания загрязняющих веществ в смешанных сточных водах, поступающих от жилых городских кварталов и промышленных предприятий в системы городской очистки (вход на КОС-1 и КОС-2), рассчитаны как среднее значение концентрации используемой выборки (11 и 12 определений соответственно), полученной

за весь период наблюдения (табл.). Для расчета фоновых концентраций загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах за основу взята методика по расчету регионального естественного фона [6, с. 51], по которой были рассчитаны верхняя и нижняя границы варьирования всего массива данных, полученных нами для исследуемых колодцев.

Сравнение содержаний загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах Барнаула с установленными допустимыми концентрациями веществ, принимаемых в системы городской канализации

№ п/п	Наименование вещества	ДК для предприятий Барнаула, мг/л		Фоновое содержание в колодцах, мг/л		Содержание в смешанных сточных водах, мг/л	
		Пост. № 1557 [4, с. 1–2]	**Пост. № 2557 [5, с. 1–2]	нижняя граница	верхняя граница	вход на КОС-1	вход на КОС-2
1	<b>Взвеш. вещества</b>	200	<b>230</b>	218	<b>256</b>	<b>233</b>	<b>266</b>
2	<b>БПК<sub>5</sub></b>	<b>90</b>	<b>40</b>	<b>259 (276)</b>	<b>334 (409)</b>	<b>204</b>	<b>212</b>
3	<b>Аммоний (по N)</b>	<b>14</b>	<b>7,8</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>29</b>
4	Нитраты	10	68	0,48	0,65	1,1	0,52
5	Нитриты	0,2	1,0	0,11	0,17	0,27	0,02
6	<b>Фосфаты (по P)</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,35</b>	<b>4,5</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>
7	<b>Хлориды</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	60	<b>92</b>	52	<b>95</b>
8	<b>Сульфаты</b>	100	<b>56</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	47
9	<b>Сульфиды</b>	1,0	<b>0,005</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,33</b>	<b>0,37</b>
10	<b>Цианиды</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
11	Железо	3,6	1,3	0,23	0,34	0,25	0,32
12	*Кадмий	500	5	0,09	0,23	0,10	0,03
13	*Кобальт	–	10	0,1	0,1	0,3	0,1
14	*Марганец	–	<b>10</b>	<b>57</b>	<b>74</b>	<b>64</b>	<b>66</b>
15	*Медь	200	10	6,3	9,3	7,0	4,3
16	*Мышьяк	–	50	0,36	0,66	0,50	0,25
17	*Никель	60	130	2,1	4,2	5,2	3,0
18	*Ртуть	–	<b>0,010</b>	<b>0,015</b>	<b>0,022</b>	<b>0,033</b>	0,010
19	*Свинец	10	6	0,48	1,02	0,37	0,46
20	*Хром (общ.)	50	100	2,8	4,9	3,2	4,7
21	*Цинк	500	70	29	45	3,2	2,0

\* — концентрация в мкг/л; \*\* — для не указанных в перечне веществ приведены значения ПДК<sub>р.х.</sub>; (прочерк) — отсутствие данных; жирным шрифтом выделены вещества, для которых фоновые содержания выше установленных для них ДК; в скобках для БПК<sub>5</sub> указаны фоновые значения с учетом разовых пиковых концентраций.

Сравнение значений нижней и верхней границ фоновых концентраций загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах (табл.) с действующими и планируемыми значениями ДК наглядно показывает, что в колодцах наблюдается постоянное устойчивое превышение относительно установленных ДК типичных для коммунальных сточных вод загрязняющих веществ. К ним относятся взвешенные вещества, БПК<sub>5</sub>, аммонийный азот, фосфаты, сульфаты,

сульфиды и цианиды, на очистку от которых в первую очередь должны быть нацелены городские очистные сооружения. При этом следует отметить, что содержание большинства загрязняющих веществ в смешанных сточных водах, поступающих как от жилых городских кварталов, так и от промышленных предприятий в систему городской очистки (вход на КОС-1 и КОС-2), в основном находится в пределах варьирования фоновых концентраций ближе к нижней грани-

це фона коммунальных сточных вод (рис. 6). Для некоторых веществ наблюдали незначительное (БПК<sub>5</sub>,

сульфаты, свинец) или даже существенное (сульфиды, цинк, кадмий) разбавление (рис. 7).

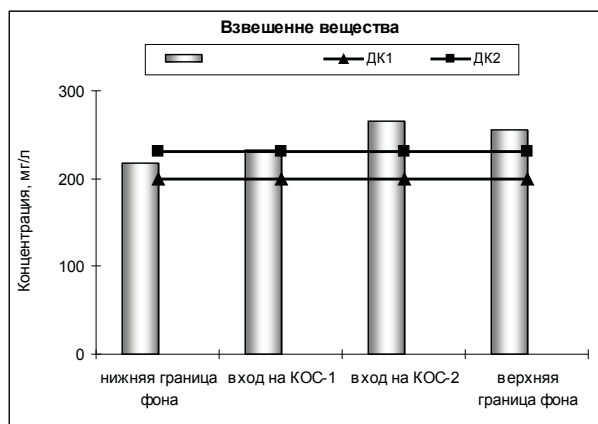


Рис. 6. Границы фоновых концентраций взвешенного вещества в колодцах, их средние содержания в смешанных сточных водах на входах на КОС и сравнение с соответствующими допустимыми концентрациями для системы канализации

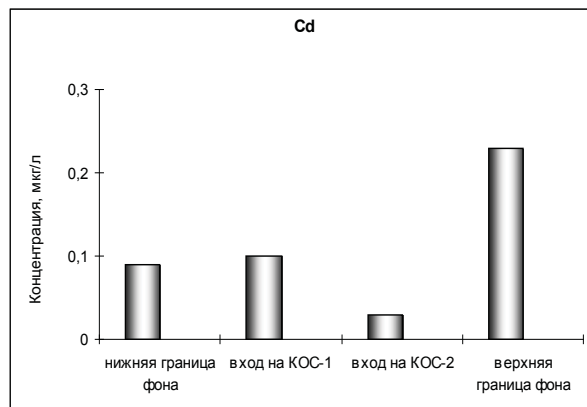


Рис. 7. Границы фоновых концентраций кадмия в колодцах, их средние содержания в смешанных сточных водах на входах на КОС

По сравнению с бытовыми сточными водами, небольшое повышение содержания веществ в смешанных сточных водах, поступающих в систему очистки

КОС-1 и КОС-2, наблюдали для нитратов, нитритов, кобальта, никеля, ртути (для нитратов и ртути — только для КОС-1) (рис. 8).

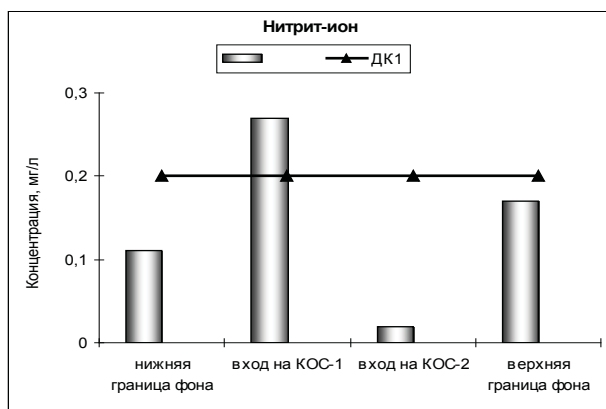


Рис. 8. Границы фоновых концентраций нитрит-иона в колодцах, их средние содержания в смешанных сточных водах на входах на КОС и сравнение с соответствующими допустимыми концентрациями для системы канализации

**Заключение.** Результаты исследования химического состава коммунальных сточных вод в канализационных коллекторных колодцах показали, что содержание таких показателей, как рН, аммоний, сульфаты, нитраты, мышьяк и кобальт, слабо изменяется в течение суток (не более чем в 2–3 раза). Некоторые показатели (БПК<sub>5</sub>, фосфаты, железо) варьируют умеренно — в 3–6 раз. Содержание других ингредиентов широко варьирует в течение суток. Для таких показателей как хром (общий), БПК<sub>5</sub>, взвешенные вещества, аммонийный азот, хлориды, цианиды и ртуть, большой разброс концентраций фиксировали не по-

всемерно, а только для одного колодца либо конкретной даты отбора, что может быть связано с их залповыми неконтролируемыми сбросами.

Сравнение среднесуточных фоновых концентраций загрязняющих веществ в коммунальных сточных водах Барнаула с действующими и планируемыми значениями ДК, устанавливаемыми при приеме сточных вод предприятий в канализационную городскую сеть, наглядно показывает постоянное превышение относительно ДК типичных для коммунальных сточных вод загрязняющих веществ, с очисткой от которых городские очистные сооружения должны справляться.

К таким загрязняющим веществам относятся БПК<sub>5</sub> (превышение относительно старых и вновь устанавливаемых ДК соответственно в 2,9–6,5 раза), аммоний-ион (в 1,7–3,1 раза), фосфаты (в 3,4–1,7 раза). Установлено, что в настоящее время промышленные сточные воды Барнаула практически не влияют на качество смешанных сточных вод, поступающих на очистку на городские очистные сооружения.

Таким образом, исходя из реально существующей ситуации основное внимание должно быть уделено повышению уровня очистки бытовых сточных вод,

а также контролю и наложению штрафных санкций за «залповые» сбросы загрязняющих веществ в систему городской канализации. При этом для типичных загрязняющих веществ, повсеместно присутствующих в коммунальных сточных водах (БПК<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup>, CN<sup>-</sup>), необходимо установить ДК для промышленных предприятий, равные нижней границе фоновых концентраций, в то время как городские очистные сооружения должны справляться с очисткой сточных вод от концентраций, достигающих верхних границ фона.

### Библиографический список

1. Регулирование качества поверхностных вод в странах ВЕКЦА: направления реформы (Документ совещания экспертов). — Киев, 2008.

2. Курганович К.А. Учет технологических особенностей водопользователей при нормировании допустимых воздействий на водные объекты : автореф. дис. ... канд. тех. наук. — Екатеринбург, 2006.

3. ИСО 5667-6. Руководство по отбору проб водных потоков. — М., 1998.

4. Об утверждении перечня и допустимых концентраций загрязняющих веществ, принимаемых и запрещенных к сбросу в системы канализации г. Барнаула : Постановление Администрации г. Барнаула № 1557 от 02.07.2002 //

СПС «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. — URL: [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).

5. Об утверждении перечня и допустимых концентраций загрязняющих веществ, принимаемых и запрещенных к сбросу в системы канализации г. Барнаула : Постановление Администрации г. Барнаула № 2557 от 30.08.2010 // СПС «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. — URL: [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).

6. Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей, разработанный ОАО «НИИ ВОДГЕО», ОАО «ВТИ» и ФГУП «РосНИИВХ», утв. МПР РФ : приказ № 333 от 17 декабря 2007 г.