

УДК 613.1:614.7(574.54)

## ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ П. АТАСУ

Русяев М.В.

РГКП «Национальный центр гигиены труда и профзаболеваний МЗ СР РК»,  
Караганда, Казахстан

*Целью работы явился оценка химической нагрузок на население п. Атасу Карагандинской области Казахстана. Расчет производился согласно документу Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». При расчете дозовых нагрузок были использованы среднегодовые концентрации веществ в атмосферном воздухе, воде, почве, водоемах. Это обусловлено тем, что поступление химических загрязнителей в организм из окружающей среды происходит в большей степени двумя основными путями – ингаляционным и пероральным. Основными загрязнителями были сульфаты, хлориды, цинк, кадмий, железо, хром.*

**Ключевые слова:** *эколого-гигиеническая оценка, загрязнители, дозы, экологические риски*

## ASSESSMENT OF CHEMICAL LOAD ON THE POPULATION OF THE ATASU VILLAGE

Russyayev M.V.

RSGE MHSD RK «National Centr of Industrial hygiene and Occupational diseases»,  
Karaganda, Kazakhstan

*The aim of the work was the assessment of chemical load on the population n. Atasu Karaganda region of Kazakhstan. The calculation was made according to the document P 2.1.10.1920-04 "Guidelines for risk assessment to public health under the influence of chemicals that pollute the environment." When the average concentrations were used per dose loads of substances in air, water, soil, water bodies. This is because the intake of chemical contaminants in the environment of the organism to a greater extent in two main ways - by inhalation and oral route. The main pollutants are: sulphates, chlorides, zinc, cadmium, iron, chromium.*

**Key words:** *ecological and hygienic assessment, pollutants, dose, environmental risks*

За многолетний период интенсивного развития горно-металлургического комплекса общее количество накопленных отходов черной металлургии Казахстана (железорудная, хромоворудная и марганцеворудная отрасли) составляет более 6,2 млрд. т, из них попутной добычи и вскрыши – 92,8%, обогащения – 6,1% и

металлургического передела – 1,1%. Площадь земель, занимаемая отходами, – более 15 тыс. га [1].

Основная часть отходов горно-металлургического комплекса образуется на предприятиях цветной металлургии. При добыче и переработке руд цветных металлов с получением конечного продукта 2% рудной массы перерабатывается в товарную продукцию, остальные 98% идут в отвалы и хвостохранилища. Причем для получения 1 т меди перерабатывается 100 т товарной руды; для получения 1 т товарной свинцовой руды необходимо добыть 3 т рудного сырья. Отходами являются вскрышные породы, хвосты обогащения и шлаки горно-металлургических предприятий [2].

В современных экономических условиях определенную угрозу здоровью человека и окружающей среде представляет категория бесхозных накопленных производственных отходов, которые остаются без хозяина либо в результате смены владельца предприятия, либо в результате ликвидации организации.

Для Казахстана, как и для других стран СНГ, особую озабоченность по степени влияния на окружающую среду и жизнедеятельность человека представляют токсичные отходы, входящие в структуру накопленных промышленных отходов. На территории республики эта категория отходов представлена сложным конгломератом смеси, состоящей из токсичных, опасных и смешанных отходов. Ежегодное увеличение их объемов, хранящихся в основной массе в открытом виде, является главной причиной наблюдаемого серьезного нарушения экологического равновесия в биосфере. Как следствие, значительно усилилась степень воздействия на человека вредных веществ, содержащихся в токсичных отходах. По данным Министерства чрезвычайных ситуаций РК, особенностью цветной металлургии, связанной со сложным минералогическим и химическим составом сырья, является большое количество токсичных веществ и загрязняющих отходов. В стране 63% из ежегодно образуемых токсичных отходов приходится на долю цветной металлургии [3].

Поселок Атасу располагается в Жанааркинском районе Карагандинской области Казахстана, в 170 км юго-западнее г. Караганды, в верховьях Сарысу. Административный центр и единственный населенный пункт Атасуской поселковой администрации. В п. Атасу имеется железнодорожная станция (Жана-Арка) на линии Жарык – Жезказган. В районе поселка осуществляется добыча железной руды. С 2006 г. был введен в эксплуатацию совместно с китайской стороной нефтепровод «Атасу – Алашанькоу».

Также 27 октября 1999 г. был совершен неудачный запуск ракеты-носителя «Протон», сопровождавшийся падением ракеты в 25 км к северо-востоку от п. Атасу, приведшим к заражению 394,6 тыс. га почвы [4].

**Материалы и методы.** Оценка химической нагрузки производилась согласно документу Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

При оценке химической нагрузки были использованы среднегодовые значения концентраций веществ в атмосферном воздухе, воде, почве, водоемах. Это обусловлено тем, что поступление химических загрязнителей в организм из окружающей среды происходит в большей степени двумя основными путями – ингаляционным и пероральным.

**Результаты исследования.** Из атмосферного воздуха ингаляционное поступление диоксида серы, фенола, оксида азота и взвешенных веществ не превышало референтных доз (табл. 1).

Таблица 1

**Ингаляционное поступление химических веществ в организм человека через атмосферный воздух п. Атасу**

Показатели	Референтная доза мг/м <sup>3</sup>	Величина поступления мг/кг (в день)		Коэффициент опасности (HQ)	
		Взрослое население	Детское население	взрослого населения	детского населения
диоксид серы	0,05	0,004	0,017	0,07	0,35
фенол	0,006	0,0001	0,0006	0,02	0,1
оксид азота	0,06	0,0004	0,002	0,007	0,03
взвешенные вещества	0,075	0,0004	0,002	0,005	0,03

Коэффициент опасности для ингаляционного поступления сульфатов (ZnSO<sub>4</sub>) во время купания составил 65,9 раза для взрослого и детского населения. Для меди этот показатель был выше нормы в 6,8 раза, для хрома – 1,12 раза, цинка – 17,2 раза, марганца – 1,04 раза (табл. 2).

Коэффициент опасности для ингаляционного поступления сульфатов из почвы в организм взрослого превысил норму в 11,3 раза, для детского населения – в 26,4 раза, для меди – 1,8 и 4,2 раза, кобальта – 2,2 и 5,1 раза, никеля – 14,6 и 34 раза, ванадия – 15,9 и 37,1 раза, хрома – 3,3 и 7,6 раза для взрослого и детского населения соответственно (табл. 3).

Таблица 2

**Ингаляционное поступление химических веществ в организм человека с водой поверхностных водоемов в п. Атасу**

Показатели	Референтная доза мг/м <sup>3</sup>	Величина поступления		Коэффициент опасности (HQ)	
		Взрослое население	Детское население	взрослого населения	детского населения
1	2	3	4	5	
фосфаты	3,5	0,0009		0,0003	
нитраты	45	0,00001		0,0000002	
1	2	3	4	5	
хлориды	350	1,52		0,0043	
сульфаты	0,025	1,65		65,87	
цинк	0,0009	0,016		17,23	
медь	0,00002	0,00014		6,81	
кобальт	0,00002	0,00002		0,90	
никель	0,00005	0,00002		0,30	
свинец	0,0005	0,00004		0,07	
кадмий	0,00002	0,000003		0,14	
хром	0,0001	0,00011		1,12	
ртуть	0,0003	0,000001		0,003	
селен	0,00008	0,0000004		0,005	
марганец	0,00005	0,00005		1,04	
ванадий	0,00007	0,000004		0,06	
мышьяк	0,00003	0,0000007		0,02	
железо	0,6	0,00026		0,0004	

Таблица 3

**Ингаляционное поступление химических веществ в организм человека с почвой в п. Атасу**

Показатели	Референтная доза мг/м <sup>3</sup>	Величина поступления		Коэффициент опасности (HQ)	
		Взрослое население	Детское население	взрослого населения	детского населения
1	2	3	4	5	6
фосфаты	200	0,00011	0,00026	0,0000005	0,0000013

нитраты	130	0,00003	0,00008	0,0000003	0,0000006
хлориды	360	0,07	0,17	0,0002	0,0005
сульфаты	0,025	0,28	0,66	11,3	26,4
цинк	0,0009	0,00017	0,00040	0,2	0,4
медь	0,00002	0,00004	0,00008	1,8	4,2
кобальт	0,00002	0,00004	0,00010	2,2	5,1
1	2	3	4	5	6
никель	0,00005	0,0007	0,0017	14,6	34,0
свинец	0,0005	0,00014	0,00033	0,3	0,7
кадмий	0,00002	0,0000002	0,0000005	0,01	0,03
хром	0,0001	0,00033	0,00076	3,3	7,6
ртуть	0,0003	0,0000005	0,0000011	0,002	0,004
селен	0,00008	0,000002	0,00001	0,03	0,07
марганец	0,00005	0,0000002	0,0000004	0,003	0,007
ванадий	0,00007	0,001	0,003	15,9	37,1
мышьяк	0,00003	0,000001	0,000003	0,04	0,10

Коэффициент опасности перорального поступления с питьевой водой хлоридов для взрослого населения был выше нормы в 18,5 раза, для детского – 86,4 раза, сульфатов – 25 и 116,8 раза. Коэффициент опасности поступления хрома с питьевой водой для детского населения был выше нормы в 1,3 раза, меди – 1,4, цинка – 1,8 раза (табл. 4).

Таблица 4

**Пероральное поступление химических веществ в организм человека с питьевой водой в п. Атасу**

Показатели	Референтная доза мг/м <sup>3</sup>	Величина поступления мг/кг (в день)		Коэффициент опасности (НҚ)	
		Взрослое население	Детское население	взрослого населения	детского населения
фосфаты	3,5	0,002	0,009	0,0005	0,0025
нитраты	1,6	0,0001	0,0003	0,0000	0,0002
хлориды	0,3	5,6	25,9	18,5	86,4
сульфаты	0,3	7,5	35,0	25	116,8
цинк	0,3	0,12	0,54	0,38	1,79
медь	0,019	0,01	0,03	0,30	1,41
кобальт	0,1	0,001	0,003	0,03	0,13
никель	0,02	0,0002	0,001	0,01	0,05

свинец	0,0035	0,00005	0,0003	0,18	0,85
кадмий	0,0005	0,00001	0,0001	0,03	0,13
хром	0,005	0,001	0,01	0,27	1,28
ртуть	0,0003	0,00001	0,000038	0,00	0,01
селен	0,005	0,0001	0,0002	0,01	0,05
марганец	0,14	0,0025	0,01	0,02	0,08
ванадий	0,007	0,0001	0,0003	0,01	0,04
мышьяк	0,0003	0,00004	0,0002	0,12	0,55
железо	0,3	0,005	0,03	0,02	0,09

Коэффициент опасности перорального поступления сульфатов во время купания в открытых водоемах для взрослого и детского населения был в пределах нормы (табл. 5).

Таблица 5

**Пероральное поступление химических веществ в организм человека во время купания в открытых водоемах в п. Атасу**

Показатели	Референтная доза мг/м <sup>3</sup>	Величина поступления мг/кг (в день)		Коэффициент опасности (HQ)	
		Взрослое население	Детское население	взрослого населения	детского населения
фосфаты	3,5	0,00002	0,0001	0,000005	0,000023
нитраты	1,6	0,0000003	0,0000014	0,0000002	0,000001
хлориды	0,3	0,03	0,13	0,09	0,43
сульфаты	0,3	0,02	0,09	0,06	0,29
цинк	0,3	0,0003	0,0014	0,001	0,005
медь	0,019	0,000004	0,000018	0,0002	0,001
кобальт	0,1	0,00000055	0,0000026	0,00001	0,00003
никель	0,02	0,00000047	0,00000218	0,00002	0,00011
свинец	0,0035	0,00000	0,0000015	0,0011	0,01
кадмий	0,0005	0,000000	0,0000002	0,0001	0,00041
хром	0,005	0,000004	0,0000182	0,0008	0,00364
ртуть	0,0003	0,00000001	0,00000004	0,000003	0,00001
селен	0,005	0,00000001	0,00000004	0,000002	0,00001
марганец	0,14	0,000002	0,0000080	0,000012	0,00006
ванадий	0,007	0,0000001	0,0000007	0,000021	0,00010
железо	0,3	0,00000002	0,0000001	0,0001	0,00027

Пероральное поступление химических веществ с почвой находится ниже референтных доз более чем 10 знаков после запятой.

После получения дозовых нагрузок можно рассчитать суммарные уровни воздействия всех веществ, поступающих одним либо разными путями. Для этого рассчитываются такие показатели, как индекс опасности и суммарный индекс опасности для неканцерогенного риска. Из таблицы 6 видно, что индекс опасности при ингаляционном поступлении для взрослого населения в 3,2 раз выше, чем при пероральном, для детского населения эти показатели примерно равны 210,0. Индекс опасности при ингаляционном поступлении у детского населения выше, чем у взрослого, в 1,5 раза, при пероральном – в 4,7 раза.

Из таблицы 7 видно, что для взрослого населения по суммарному индексу опасности на первом месте находятся сульфаты – 102,3, затем следуют хлориды – 18,6, цинк – 17,8, ванадий – 15,9, никель – 14,9, медь – 8,9, хром – 4,6, кобальт – 3,1. Для детского населения по суммарному индексу опасности в порядке убывания находятся следующие металлы: сульфаты – 209,3, хлориды – 86,8, ванадий – 37,2, никель – 34,3, цинк – 19,5, медь – 12,4, хром – 10, кобальт – 6, свинец – 1,6, марганец – 1,13.

Таблица 6

**Индексы опасности HI для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем**

Среда воздействия	Пути поступления			
	Ингаляционный		Пероральный	
	Взрослое население	Детское население	Взрослое население	Детское население
воздух	0,1	0,7		
вода питьевая			44,9	209,6
вода открытых водоемов	93,6	93,6	0,2	0,7
почва	49,6	115,6	0,0000003	0,000004
<b>Индекс опасности HI</b>	<b>143,2</b>	<b>209,9</b>	<b>45,1</b>	<b>210,3</b>

Таблица 7

**Суммарный индекс опасности (ТНI) неканцерогенного риска для условий поступления одного вещества разными путями и маршрутами в п. Атасу**

Вещества	Взрослое население	Детское население
фосфаты	0,0008	0,003
нитраты	0,00005	0,0002
хлориды	18,6	86,8
сульфаты	102,3	209,3
цинк	17,8	19,5

медь	8,9	12,4
кобальт	3,1	6
никель	14,9	34,3
свинец	0,5	1,6
кадмий	0,2	0,3
хром	4,6	10
ртуть	0,007	0,02
селен	0,04	0,1
марганец	1	1,13
ванадий	15,9	37,2
мышьяк	0,2	0,7
железо	0,02	0,09

Также может быть рассчитан индивидуальный канцерогенный риск и популяционный канцерогенный риск. Индивидуальный канцерогенный риск при воздействии никеля ингаляционным путем составил 0,0003, при воздействии кадмия –  $8 \cdot 10^{-6}$ , при воздействии мышьяка –  $1,3 \cdot 10^{-5}$ . Популяционный канцерогенный риск при воздействии никеля составил – 3,8, кадмия – 0,1, мышьяка – 0,2 человека на 14265 населения (табл. 8).

Таблица 8

**Индивидуальный канцерогенный риск (CR) и популяционный канцерогенный риск (PCR) при ингаляционном пути поступления**

Вещество	ДОЗА Ингаляционное поступление	Индивидуальный канцерогенный риск CRi	Популяционный канцерогенный риск PCR
никель	0,00032	0,0003	3,8
кадмий	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	0,1
мышьяк	$8,5 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,2

Индивидуальный канцерогенный риск при воздействии кадмия пероральным путем составил  $2,2 \cdot 10^{-6}$ , при воздействии мышьяка –  $2,3 \cdot 10^{-5}$ .

Популяционный канцерогенный риск при воздействии кадмия составил 0,03, мышьяка – 0,33 человека на 14265 населения (табл. 9).

Таблица 9

**Индивидуальный канцерогенный риск (CR) и популяционный канцерогенный риск (PCR) при пероральном пути поступления**

Вещества	ДОЗА Пероральное поступление	Индивидуальный канцерогенный риск CRi	Популяционный канцерогенный риск PCR
кадмий	$5,9 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	0,03
мышьяк	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	0,33

Индивидуальный канцерогенный риск при воздействии никеля ингаляционным путем – 0,0003, т.е. это дополнительный, по сравнению с фоном, риск для индивидуума заболеть раком в течение жизни от воздействия никеля, который составил 300 дополнительных случаев рака на 1 млн. человек.

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск при воздействии кадмия разными путями от разных сред –  $1 \cdot 10^{-5}$ , т.е. это дополнительный, по сравнению с фоном, риск для индивидуума заболеть раком в течение жизни от воздействия кадмия, который составил 10 дополнительных случаев рака на 1 млн. человек.

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск при воздействии мышьяка разными путями от разных сред –  $3,6 \cdot 10^{-5}$  т.е. это дополнительный, по сравнению с фоном, риск для индивидуума заболеть раком в течение жизни от воздействия мышьяка, который составил 36 дополнительных случаев рака на 1 млн. человек.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

*Для неканцерогенного риска.* Индекс опасности при ингаляционном поступлении для взрослого населения в 3,2 раза выше, чем при пероральном. Для детского населения эти показатели примерно равны. Индекс опасности при ингаляционном поступлении у детского населения выше, чем у взрослого, в 1,5 раза, при пероральном – в 4,7 раза. Для взрослого населения по суммарному индексу опасности на первом месте находятся сульфаты – 102,3, затем следуют хлориды – 18,6, цинк – 17,8, ванадий – 15,9, никель – 14,9, медь – 8,9, хром – 4,6, кобальт – 3,1.

Для детского населения по суммарному индексу опасности в порядке убывания находятся следующие металлы: сульфаты – 209,3, хлориды – 86,8, ванадий – 37,2, никель – 34,3, цинк – 19,5, медь – 12,4, хром – 10, кобальт – 6, свинец – 1,6, марганец – 1,13.

*Для канцерогенного риска.* Индивидуальный канцерогенный риск при воздействии никеля ингаляционным путем составил 0,0003, кадмия –  $8 \cdot 10^{-6}$ , мышьяка –  $1,3 \cdot 10^{-5}$ . Популяционный канцерогенный риск при воздействии никеля составил 3,8, кадмия – 0,1, мышьяка – 0,2 человека на 14265 населения. Индивидуальный канцерогенный риск при воздействии кадмия пероральным путем составил  $2,2 \cdot 10^{-6}$ , мышьяка –  $2,3 \cdot 10^{-5}$ . Популяционный канцерогенный риск при воздействии кадмия составил 0,03, мышьяка – 0,33 человека на 14265 населения п. Атасу.

Повышенные концентрации сульфатов в почве, донных отложениях, хлоридов в почве, воде р. Сарысу показывают, что данные объекты окружающей среды засоленные. Повышенные концентрации хрома в питьевой воде, цинка в воде реки, цинка в снеге, железа, цинка, меди, кремния в пыли свидетельствуют о залежах полезных ископаемых на близлежащей территории и антропогенном загрязнении. Наличие в осадках и пыли тяжелых металлов показывает загрязнение атмосферного воздуха.

**Список литературы:**

1. Уманец В.Н., Бугаева Г.Г., Завалишин В.С. и др. Перспективы освоения техногенных месторождений Казахстана // Научно-техническое обеспечение горного производства: Сб. науч. тр. ИГД им. Д.А. Кунаева. – Алматы: ИГД им. Д.А. Кунаева, 2002. – Т. 63. – С. 153–160.
2. Айсаутова С. Снижение накопления отходов ГК // Промышленность Казахстана. – 2005. – № 5(32). – С. 62–64.
3. Досмухамедов Н., Меркулова В. и др. Переработка промышленных отходов и повышение экологической безопасности производства // Промышленность Казахстана. – 2009. – № 6(57). – С. 30–33.

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Атасы>