



Информационный бюллетень Центра демографии и экологии человека  
Института народохозяйственного прогнозирования РАН

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА КАК ФАКТОР СМЕРТНОСТИ В ГОРОДАХ РОССИИ**  
*Pollution de l'air dans les villes de Russie comme facteur de mortalité*

**Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха**

Степень загрязнения атмосферного воздуха можно оценить по двум основным показателям - концентрациям вредных веществ, непосредственно измеренным в атмосферном воздухе, и расчетным концентрациям, определяемым по моделям рассеивания загрязняющих веществ из выбросов предприятий. Расчетные концентрации используют при оценке влияния отдельных источников загрязнения в пределах определенной территории, этот метод можно применить для исследований в отдельных конкретных городах. Для оценки уровня загрязнения воздуха в городах в целом по России использовать его практически невозможно, вследствие чего авторами был проведен анализ данных Роскомгидромета о натуральных концентрациях. Степень загрязнения оценена по двум основным классам веществ: канцерогенным и неканцерогенным веществам.

**Канцерогенные вещества**

Согласно классификации, разработанной Международным институтом изучения рака в Лионе, к группе I относятся вещества, канцерогенность которых доказана эпидемиологическими исследованиями. В их числе:

*Бензол* содержится в выбросах нефтехимических и химических производств и выхлопных газов автотранспорта. В городах с крупными нефтехимическими производствами (Губаха, Ишимбай, Кстово, Омск, Салават, Самара, Тольятти, Усолье-Сибирское) его концентрации находятся в пределах  $20 - 60 \text{ мкг/м}^3$  ( $\text{ПДК}_{\text{cc}}^1 = 100 \text{ мкг/м}^3$ ).

*Винилхлорид* производят в городах Дзержинск, Усолье-Сибирское, Стерлитамак, Волгоград и Зима. Согласно расчетной модели, концентрации винилхлорида в северо-западной части г. Усолье-Сибирское, где расположено химическое производство, могут в 2,5 раза превышать  $\text{ПДК}_{\text{cc}}$ . В Дзержинске дальность распространения повышенных концентраций винилхлорида достигает 12 км.

*Мышьяк* поступает в воздушный бассейн городов с выбросами медеплавильных и других металлургических предприятий (Карабаш, Красноуральск, Медногорск, Верхний Уфалей, Горняк, Дальнегорск, Новосибирск, Владикавказ, Рязань). Информации о содержании в атмосферном воздухе нет, но в ряде городов выявлен чрезвычайно высокий уровень загрязнения почв, что говорит о возможности интенсивного загрязнения воздуха.

*Никель*. Поступает в воздух, в основном, с выбросами металлургических никелевых заводов на Кольском полуострове (Мончегорск, Никель, За-

полярный), в Норильске, Орске, Златоусте, Владикавказе, Электростали, Челябинске, Саратове, Курске. Его максимальные концентрации в атмосферном воздухе г. Норильска выше ПДК в 23 раза, в 58% проб содержание этого металла выше нормативного уровня.

*Диоксины*. Потенциальные источники образования этих супертоксикантов - более 60 предприятий, в выбросах которых имеются хлорсодержащие соединения (заводы по производству органических химических веществ, химико-металлургические заводы).

К группе II относятся вещества, канцерогенность которых показана в экспериментальных условиях. Ниже перечислены вещества, канцерогенность которых подтверждена наиболее убедительно (группа II A).

*Бензо(а)пирен* поступает в воздушный бассейн при сжигании топлива (мазут, бензин, уголь), с выбросами алюминиевых, сталеплавильных, нефтеперерабатывающих производств. Повышенное содержание бензо(а)пирена в воздухе возможно в каждом населенном пункте, где котельные используют уголь. Наиболее высок уровень загрязнения бензо(а)пиреном ( $6 - 15 \text{ нг/м}^3$  при  $\text{ПДК}_{\text{cc}} = 1,0 \text{ нг/м}^3$ ) в городах, где размещены крупнейшие в мире заводы по производству алюминия и сталелитейные производства, - Шелехов, Новокузнецк, Братск, Магнитогорск, Нижний Тагил, Петровск-Забайкальский, Красноярск, Челябинск, Липецк; в городах с крупными нефтеперерабатывающими заводами (до  $2 - 3 \text{ нг/м}^3$ ) и в воздухе городов, размещенных вблизи крупнейших электростанций (Губаха, Канск, Назарово, Новочеркасск, Черемхово) или в городах со множеством угольных котельных (Абакан, Бийск, Зей, Зима, Иркутск, Чита и др.).

*Кадмий*. Основные источники выбросов - металлургические производства в городах Белово, Владикавказ, Дальнегорск, Карабаш, Кыштым, Кировоград, Красноуральск, Медногорск и др., производство кадмий-содержащих аккумуляторов в Курске. Наиболее высокие уровни загрязнения выявлены около металлургических заводов во Владикавказе и Белово.

*Формальдегид*. В воздухе многих городов среднегодовые концентрации формальдегида находятся в пределах  $3 - 12 \text{ мкг/м}^3$  при  $\text{ПДК}_{\text{cc}} = 3 \text{ мкг/м}^3$ .

**Неканцерогенные вещества**

В группу неканцерогенных загрязняющих веществ входят "классические" вещества (взвешенные вещества, диоксиды азота и серы, оксид углерода и озон). В воздухе ряда городов также присутствуют такие специфические неорганические

<sup>1</sup>  $\text{ПДК}_{\text{cc}}$  - среднесуточная предельно допустимая концентрация.

вещества как медь, ртуть, свинец, сероводород, сероуглерод, фтористые и некоторые другие вещества.

**Взвешенные вещества.** В городах России определяется только общее количество взвешенных веществ и полностью отсутствует контроль за их наиболее опасной респираторной фракцией. Высокие концентрации ВВ (250-300 мкг/м<sup>3</sup> при ПДК<sub>сс</sub> = 150 мкг/м<sup>3</sup>) на протяжении многих лет регистрируются в атмосферном воздухе 50 городов. Среди них города с глиноземным производством и/или с цементными заводами (Ачинск, Бокситогорск, Искитим, Новороссийск); с металлургическим производством (Дальнегорск, Каменск-Уральский, Комсомольск-на-Амуре, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Новокузнецк, Новотроицк, Орск, Старый Оскол, Челябинск, Череповец); города, где в качестве топлива используется уголь (Барнаул, Воркута, Улан-Удэ, Хабаровск, Якутск и др.).

**Диоксид азота.** Среднегодовая концентрация в 1992-1994 гг. находилась в пределах 42-44 мкг/м<sup>3</sup> при ПДК<sub>сс</sub> = 40 мкг/м<sup>3</sup>, но в ряде случаев превышала 60 мкг/м<sup>3</sup>. Это относится к крупным городам - Москве, Санкт-Петербургу, Саратову, Ульяновску, Владивостоку, где велик вклад автомобильного транспорта в общий выброс диоксида азота (50-70%), а также к центрам металлургической (Братск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Электросталь) или химической (Березники, Волжский, Стерлитамак, Усолье-Сибирское) промышленности.

**Диоксид серы** занимает ведущее место среди других загрязнителей воздуха по массе выбросов. Наиболее высокие концентрации SO<sub>2</sub> (превышающие ПДК<sub>сс</sub> = 50 мкг/м<sup>3</sup>) регистрируются в атмосферном воздухе семи городов. Среди них Норильск - самый крупный источник выбросов диоксида серы в атмосферный воздух (2,1 млн.т в год), города с предприятиями по выплавке никеля (Никель и др.) и меди (Медногорск и др.).

В таблице 1 представлены среднегодовые концентрации трех "классических" загрязняющих веществ в воздухе ряда крупных городов России в сравнении с городами других стран. В крупных городах европейской части России концентрации ВВ находятся примерно на том же уровне, что и в западноевропейских. Концентрации диоксида азота несколько меньше, что вполне понятно, учитывая меньшую насыщенность транспортом; содержание диоксида серы значительно ниже, что связано, скорее всего, с неточностями методов отбора и определения этого вещества в атмосферном воздухе.

**Оксид углерода.** Среднегодовая концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе колеб-

лется в пределах 1,54 - 1,57 мг/м<sup>3</sup> (ПДК<sub>сс</sub> = 3 мг/м<sup>3</sup>). В большинстве городов России содержание этого вещества в атмосферном воздухе находится в пределах ПДК.

**Свинец.** Средняя концентрация свинца в воздухе составляет 0,07 мкг/м<sup>3</sup> и в большинстве городов не превышает норматив 0,3 мкг/м<sup>3</sup>. Но при проведении специальных исследований выявлено следующее: практически все население таких небольших городов, как Белово, Дальнегорск, Карабаш, Красноуральск, Ревда подвергается воздействию повышенных концентраций свинца (15-36 мкг/м<sup>3</sup>). Загрязнение атмосферного воздуха свинцом также характерно для жилых территорий, расположенных вблизи аккумуляторных производств в Курске, Комсомольске-на-Амуре, Санкт-Петербурге, вблизи заводов по производству свинецсодержащих красок и около других предприятий.

**Медь (оксид).** Наиболее крупные источники загрязнения - металлургические заводы в Ревде и Красноуральске Свердловской области, а также в Карабаше Челябинской области. Среднегодовая концентрация - 0,08-0,09 мкг/м<sup>3</sup> - значительно ниже ПДК<sub>сс</sub> (2 мкг/м<sup>3</sup>).

**Ртуть.** Основные источники - предприятия по производству ртутьсодержащей аппаратуры (Клин и Саранск), предприятия, использующие ртутную технологию на хлорхимических производствах (Стерлитамак, Усолье-Сибирское и др.). Результаты исследований свидетельствуют о наличии локальных ртутных очагов в окрестностях промышленных предприятий в Москве, Санкт-Петербурге, Смоленске, Клину, Саранске, Усолье-Сибирском, Стерлитамаке и др. городах.

**Сероводород.** Наиболее часто превышение ПДК<sub>гп</sub><sup>1</sup> - 8 мкг/м<sup>3</sup> - регистрируется в городах с целлюлозно-бумажными комбинатами - Сегеже, Амурске, Братске, Селенгинске; с нефтеперерабатывающими заводами - Березниках, Охе, Губахе и Сызрани; с производством синтетических волокон - Красноярске и Твери.

**Сероуглерод.** Наиболее высокие концентрации зарегистрированы в городах с целлюлозно-бумажным производством (Архангельск, Байкальск, Братск, Калининград, Новодвинск, Селенгинск); производством химических волокон (Балаково, Кемерово, Тверь); химической промышленностью (Березники, Волгоград).

**Фтористые соединения.** В воздухе городов, где размещены алюминиевые заводы (Новокузнецк, Каменск-Уральский и др.), среднегодовые концентрации фтористого водорода превышают ПДК<sub>сс</sub> (5,0 мкг/м<sup>3</sup>) примерно в 2 раза.

**Таблица 1. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ, диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе центров некоторых городов мира, за 1975 - 1991 гг., мкг/м<sup>3</sup>**

*Tableau 1. Concentration annuelle de matières en suspension, de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote dans l'air de quelques villes du monde, 1975-1991, mg/m<sup>3</sup>*

Город (1)	Вещество (2)		
	Взвешенные вещ-ва (3)	Диоксид серы (4)	Диоксид азота (5)
Москва Moscou	100	1	80
Санкт-Петербург Saint-Petersbourg	160	5	80
Екатеринбург Ekaterinbourg	70	9	40
Нижний Новгород Nijni-Novgorod	180	9	40
Самара Samara	160	10	50
Калькутта Calcutta	270 - 550	50 - 60	...
Чикаго Chicago	80 - 90	30	...
Лиссабон Lisbonne	90 - 160	20 - 60	...
Сидней Sidney	90 - 150	30 - 70	...
Варшава Varsovie	...	20 - 40	...
Афины Athines	...	74	194
Барселона Barcelone	216	42	122
Кёльн Cologne	82	61	134
Лион Lyon	...	86	85
Париж Paris	...	38	84

(1) Ville; (2) Matière; (3) Matières en suspension; (4) Dioxyde de soufre; (5) Dioxyde d'azote.

**Хлористый водород.** Замеры содержания производятся в 32 городах, превышение ПДК<sub>мр</sub> (200 мкг/м<sup>3</sup>) отмечается в городах с крупными химическими производствами (Саратов, Сызрань, Самара, Пермь, Нальчик, Заволжье, Дзержинск, Волгоград).

**Аммиак.** Превышение ПДК<sub>сс</sub> (40 мкг/м<sup>3</sup>) фиксируется в городах с производством минеральных удобрений (Белгород, Воскресенск, Тольятти) и крупными химическими заводами (Дзержинск, Кемерово, Омск, Самара, Соликамск, Томск).

**Метилмеркаптан.** В Амурске, Архангельске, Байкальске, Братске, Долинске, Коряжме, Новодвинске, Поронайске, Селенгинске, Сыктывкаре, Усть-Илимске и Ухте концентрации метилмеркаптана в атмосферном воздухе превышают ПДК<sub>мр</sub> (0,1 мкг/м<sup>3</sup>) в 20 – 98% случаев, за счет выбросов целлюлозно-бумажных комбинатов.

**Стирол.** Среднегодовые концентрации стирола составляют около 4 мкг/м<sup>3</sup> (ПДК<sub>сс</sub> = 2 мкг/м<sup>3</sup>). Наиболее высокие концентрации стирола в воздухе городов Усолье-Сибирское (10 мкг/м<sup>3</sup>), Губаха, Екатеринбург, Челябинск (5-6 мкг/м<sup>3</sup>).

**Фенол.** Среднегодовая концентрация фенола составляет 2-3 мкг/м<sup>3</sup> (ПДК<sub>сс</sub> = 3 мкг/м<sup>3</sup>), и в большинстве городов максимальные разовые концентрации фенола эпизодически превышают ПДК.

### Оценка последствий воздействия отдельных загрязняющих веществ на показатели смертности

На основе данных об уровнях загрязнения атмосферного воздуха различными веществами в более чем 100 городах России определена ориентировочная численность населения, находящегося на загрязнённых территориях (рис. 1).

В табл. 2 представлены расчеты риска смерти от ряда загрязняющих веществ, присутствующих в атмосферном воздухе городов России. При оценке риска умереть на протяжении жизни вследствие воздействия различных веществ использованы коэффициенты пожизненного риска ВОЗ и Американского агентства по охране окружающей

среды - База данных по риску (IRIS). Для ряда веществ, по которым нет чёткой позиции международных организаций, имеются показатели риска, рекомендуемые отдельными исследователями. Диапазон неопределённости отражает различия в рекомендуемых значениях коэффициентов риска, а также неточность измерения содержания загрязняющих веществ. Список веществ в таблице меньше числа веществ, контролируемых в атмосферном воздухе, что объясняется недостатком и/или неопределённостью информации о влиянии на здоровье многих из них. В последней колонке приведены расчетные абсолютные числа ежегодных дополнительных смертей, наступающих вследствие действия конкретного вещества при его соответствующей среднегодовой концентрации в воздухе городов.

Общее годовое число смертей только от загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами равняется примерно 16 000 для населения в 15 млн. чел., что составляет около 7% ежегодных случаев среди этого населения. Значительный вклад в общую смертность, связанную с загрязнением среды, вносят также диоксиды азота и серы, хотя оценки этого вклада пока можно считать лишь приблизительными.

Вклад неканцерогенных загрязняющих атмосферный воздух веществ в общую смертность является определяющим и может достигать 90% от общего индуцированного атмосферным загрязнением риска смерти.

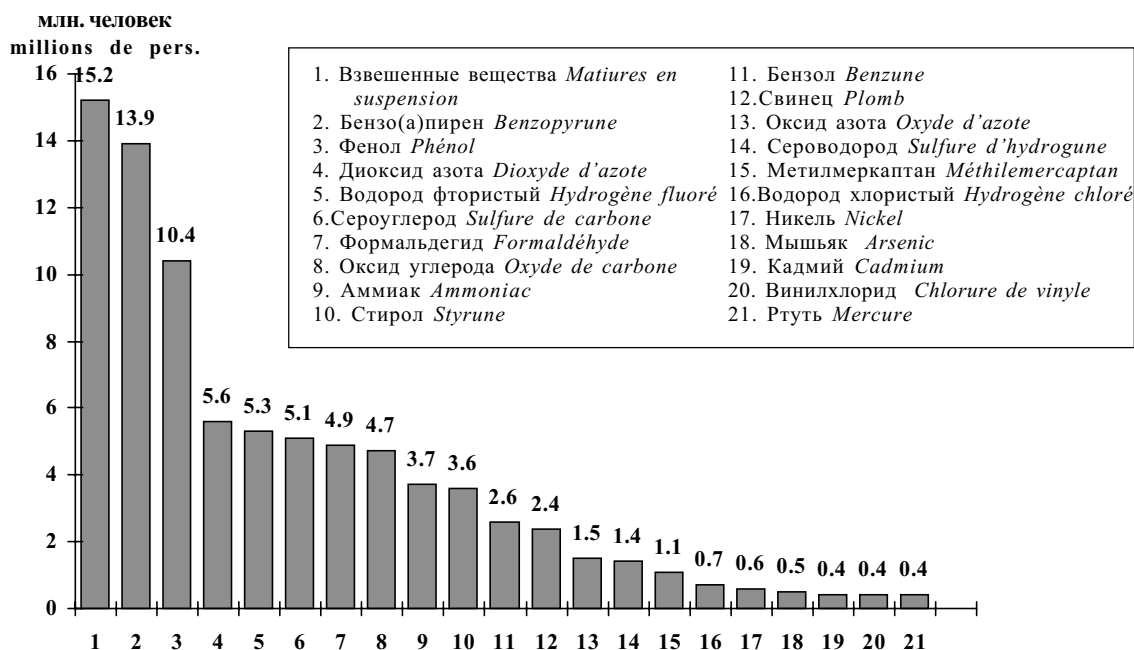
Вклад канцерогенных загрязняющих веществ: бензола, бензо(а)пирена, винилхлорида, мышьяка, кадмия, никеля, формальдегида - в смертность от соответствующих классов злокачественных новообразований составляет 1-3% от существующих частотных уровней и не превышает 10% смертности, вызванной загрязнением атмосферного воздуха.

### Сравнительный анализ и классификация степени риска смерти

В табл. 3 показано соотношение риска смерти от загрязнений атмосферного воздуха с другими рисками смерти. Риск смерти на протяжении жиз-

**Рис. 1. Ориентировочная численность населения на территориях с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха некоторыми вредными веществами**

*Fig. 1. Effectif approximatif de la population vivant sur les territoires à niveau élevé de pollution de l'air*



<sup>1</sup> Максимальные разовые нормативы (ПДК<sub>мр</sub>) фиксируют предел кратковременного (в течение 30 минут) воздействия и устанавливаются для веществ, обладающих раздражающим действием и/или специфическим запахом, для которых не установлен среднесуточный норматив.

**Таблица 2. Расчёты степени риска смерти от загрязнения атмосферного воздуха**  
**Tableau 2. Calcul du degré de risque de décès dus à la pollution de l'air**

Вещество (1)	Среднегодовая концентрация (мкг/м <sup>3</sup> ) (2)	Годовое число смертей в расчете на 1 мкг/м <sup>3</sup> /год, на 1 млн. человек (3)	Численность населения, млн. человек (4)	Риск смерти (число смертей в год) (5)
Неканцерогенные вещества (6)				
Взвешенные вещества (8)	265	~4 (0,8-17)	15,2	16100
Диоксид азота (9)	75	< 3	5,6	<1200*
Канцерогенные вещества (7)				
Бензо(а)пирен (10)	0,005	~660 (25 - 1300)	13,9	45
Винилхлорид (11)	50	~0,6 (0,01-1,2)	0,4	12
Бензол (12)	37,6	~0,09 (0,06-0,12)	2,6	9
Формальдегид (13)	18,7	~0,09	4,9	8,2
Мышьяк (14)	0,6 **	~60	0,5	18
Кадмий (15)	1,2	26	0,4	12,5
Никель (16)	2,6	~5,3 (4,9-5,7)	0,6	8,3

\* Верхняя оценка \*\* Экспертная оценка

(1) Matière; (2) Concentration annuelle, (µg/m<sup>3</sup>); (3) Nombre annuel de décès par 1 µg/m<sup>3</sup>/an, par 1 million de personnes; (4) Population, en millions; (5) Risque de décès (nombre de décès par an); (6) Matières non cancérogènes; (7) Matières cancérogènes; (8) Matières en suspension; (9) Dioxyde d'azote; (10) Benzopyrène; (11) Chlorure de vinyle; (12) Benzène; (13) Formaldéhyde; (14) Arsenic; (15) Cadmium; (16) Nickel.

**Таблица 3. Сравнение степеней риска смерти от различных факторов**  
**Tableau 3. Comparaison du degré de risque de décès de différents facteurs**

Степень опасности (1)	Воздушные загрязнители (2)	Другие ф-ры риска и причины смерти (3)
Экстремальная (4)		Все болезни (22)
Очень высокая (5)		Болезни сердца (23). Новообразования (24)
Очень высокая или высокая (6)		Болезни сосудов мозга (25)
Высокая (7)	Взвешенные вещества (13)	Бронхит хронический (26) Самоубийства (27) Убийства (28) Все несчастные случаи (29) Транспортные происшествия (30)
Высокая или относительно высокая (8)	Диоксид азота (14)	Диабет (31) Алкоголизм хронический и алкогольный психоз (32) Несчастные случаи, исключая ДТП (33)
Относительно высокая (9)	Мышьяк (15) Кадмий (16) Винилхлорид (17)	Падения (34) Утопления (35) Пожары (36)
Относительно высокая или средняя (10)	Бензол (18) Никель (19)	Природные явления (37)
Средняя (11)	Бензо(а)пирен (20)	Наводнения, цунами, бури, землетрясения (38)
Относительно низкая (12)	Формальдегид (21)	Ураганы (39)

(1) Degré du danger; (2) Polluants de l'air; (3) Autres facteurs de risques et causes de décès; (4) Extrême; (5) Très élevé; (6) Très élevé ou élevé; (7) Élevé; (8) Élevé ou relativement élevé; (9) Relativement élevé; (10) Relativement élevé ou moyen; (11) Moyen; (12) Relativement bas; (13) Matières en suspension; (14) Dioxyde d'azote; (15) Arsenic; (16) Cadmium; (17) Chlorure de vinyle; (18) Benzène; (19) Nickel; (20) Benzopyrène; (21) Formaldéhyde; (22) Toutes les maladies; (23) Maladies du coeur; (24) Néoplasmes; (25) Maladies cérébrovasculaires; (26) Bronchite chronique et emphyseme; (27) Suicides; (28) Homicides; (29) Tous les accidents; (30) Accidents de la route; (31) Diabète; (32) Syndrome de dépendance alcoolique et psychose alcool; (33) Accidents à l'exception des accidents de la route; (34) Chutes; (35) Noyades; (36) Incendies; (37) Phénomènes naturels; (38) Inondations, tsunamis, tremblements de terre; (39) Ouragans.

ни от загрязнения воздуха в целом (по риску от взвешенных частиц) ниже риска смерти вообще от болезней или даже только от заболеваний сердца, сосудов или от новообразований. Но все же он близок к значениям рисков смерти от хронического бронхита, от всех несчастных случаев и гибели в транспортных происшествиях, а также от убийств и самоубийств. Меньше всего риски смерти от бензо(а)пирена и формальдегида, которые эквивалентны рискам смерти от отдельных природных явлений и катастроф.

Таким образом, из включённых в анализ риска загрязняющих веществ наиболее опасны для здоровья населения городов России повышенные концентрации взвешенных веществ, диоксида азота, бензола, винилхлорида, мышьяка, кадмия, никеля, бензо(а)пирена. Необходимы дальнейшие исследования как по расширению списка контролируемых загрязнителей, так и по уточнению оценок порождаемого ими риска.

**Борис РЕВИЧ, Андрей БЫКОВ**

Главный редактор: Анатолий Вишневецкий Редактор: Юлия Флоринская  
 ЦЕНТР ДЕМОГРАФИИ И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА  
 ИНСТИТУТА НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
 ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
 ПРИ ПОДДЕРЖКЕ "POPULATION ET SOCIÉTÉS" -  
 БЮЛЛЕТЕНЬ  
 НАЦИОНАЛЬНОГО ИНСТИТУТА  
 ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ФРАНЦИЯ



117418, Москва, Нахимовский пр-т, 47.

Тел. 332 43 14 Факс: (095) 129 26 27

Свидетельство о регистрации в Роскомпечати 013123



Prix hors de Russie

Le numéro: 10F

Abonnement annuel (6 numéros): 50F

Adresse pour l'abonnement:

I.N.E.D.,

27 rue du Commandeur, 75675 Paris

Cedex 14, France