

ПОСТРОЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НАРКОМАНИИ В РЕГИОНЕ

С. А. Митягин (Санкт-Петербург)

Введение

Мониторинг и анализ наркоситуации на данный момент – одни из самых актуальных вопросов государственной антинаркотической политики и деятельности по противодействию незаконному обороту наркотиков и распространению наркомании [1], [2], [3].

Специфика работ в данной области обусловлена скрытым и криминальным характером процесса распространения наркомании, являющегося недоступным для непосредственного наблюдения. Данные особенности требуют применения комплексных методов оценки и анализа наркоситуации, основанных на наблюдении процессов, характеризующих уровень развития наркомании на рассматриваемой территории. Таким образом, существует необходимость разработки аппарата математического моделирования рассматриваемых процессов с учетом причинно-следственных связей между наркоманией и отображаемыми ею факторами [4]. Решение данной задачи позволяет прогнозировать развитие наркоситуации в зависимости от общей социальной, экономической, психологической и политической обстановки на территории, что, в свою очередь, является важнейшей составляющей планирования работ по противодействию незаконному обороту наркотиков и развитию наркомании.

Основными задачами, возникающими в процессе прогнозирования, являются анализ социальной структуры наркомании, а также выявление наиболее существенных факторов распространения наркопотребления.

Любая динамическая система обладает той или иной степенью инерционности, что служит основой прогнозирования. При этом прогнозирование определяет тенденции будущего развития исследуемого явления при условии, что его закономерности, сложившиеся в прошлом, будут существовать и в будущем.

Модель развития наркомании

Один из подходов к моделированию социальных процессов заключается в применении матричных моделей, действие которых основано на предсказании будущей возрастной структуры объекта прогнозирования по известной структуре в настоящий момент времени и коэффициентам вероятности перехода [5], [6]. Традиционная область применения матричных моделей – прогнозирование половозрастной структуры населения на основе данных о рождаемости и смертности в регионе [7].

В литературе выделяют следующие группы населения в социальной структуре незаконного оборота наркотиков [8], [9], [10]: население, имеющее иммунитет к наркомании (I); население, входящее в группу риска (S); наркозависимые, состоящие на учете с диагнозом синдрома зависимости от наркотических веществ (Y); лица, принимающие психоактивные вещества и не состоящие под наблюдением (X); распространители наркотических веществ (D). Основываясь на данной структуре, можно рассмотреть следующую схему моделирования развития наркомании (рис. 1).

Помимо вышеуказанных обозначений на схеме приведены: общее население территории (P); лица, к которым применена мера наказания в виде лишения свободы (M).

Сложность рассматриваемой модели обусловлена достаточно скрытым характером наркомании, включающим весьма существенную латентную составляющую [10], [11], что требует комплексного подхода к оценке данного явления.

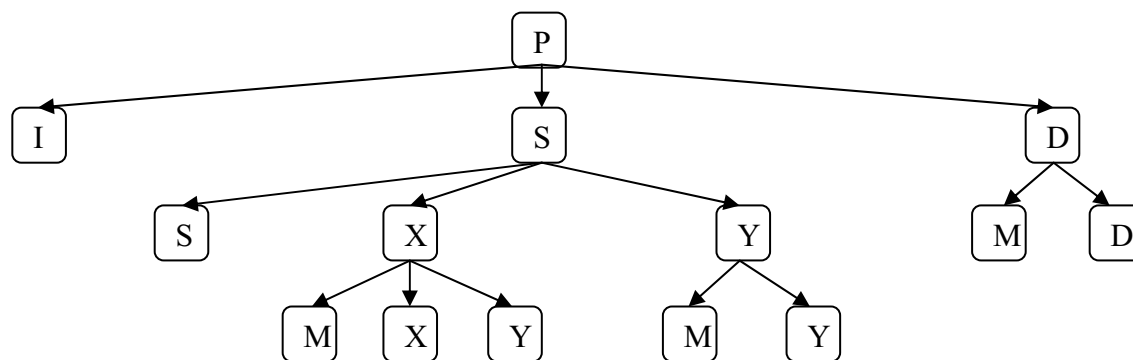


Рис. 1. Схема моделирования развития наркомании

Данная модель является марковской моделью, и ее работа записывается в виде матричного уравнения

$$P_{i+1} = F_1 P_i + W_i, \quad (1)$$

где W_i – сальдо миграции в период i , F_1 – матрица следующей структуры:

$$F_1 = \begin{pmatrix} f_{b1} & f_{b2} & \cdots & f_{bn} \\ f_1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & f_{n-1} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где первая строка содержит вероятности рождения ребенка у лиц каждого возраста, а на диагонали вероятности лиц каждого возраста до $n-1$ дожить до следующего возраста.

В работе модели рассматриваются следующие процессы:

1. Динамика населения с иммунитетом к наркомании:

$$I_{i+1} = F_2 I_i + F_3 P_i, \quad (3)$$

где F_2 – матрица структуры (2) для группы населения I , F_3 – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями перехода населения каждого возраста в группу I .

2. Динамика лиц, состоящих на учете с диагнозом синдрома зависимости от наркотических веществ:

$$Y_{i+1} = F_4 Y_i + F_5 P_i - F_6 Y_i, \quad (4)$$

где F_4 – матрица структуры (2) для группы населения Y , F_5 – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями перехода населения каждого возраста в группу Y , F_6 – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями быть привлеченными к уголовной ответственности для лиц из группы Y .

3. Динамика лиц, принимающих психоактивные вещества и не состоящих на учете:

$$X_{i+1} = F_7 X_i + F_8 P_i - F_9 X_i - F_{10} X_i, \quad (5)$$

где F_7 – матрица структуры (2) для группы населения X , F_8 – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями перехода населения каждого возраста в группу X , F_9 – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями быть привлеченными к уголовной ответственности для лиц из группы X , F_{10} – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями встать на учет как наркозависимые для лиц из группы X .

4. Динамика лиц, распространяющих наркотические вещества:

$$D_{i+1} = F_{11} D_i + F_{12} P_i - F_{13} D_i, \quad (6)$$

где F_{11} – матрица структуры (2) для группы населения D , F_{12} – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями перехода населения каждого возраста в группу D , F_{13} – диагональная матрица, элементы которой являются вероятностями для лиц из группы D быть привлеченными к уголовной ответственности.

Как можно видеть, данная модель управляется таблицами F_1, \dots, F_{13} , содержащими вероятностные оценки событий перехода между группами населения, для их заполнения используются экспертные оценки, основанные на значениях ключевых показателей.

Оценка параметров модели

Рассмотрим формирование элементов управляющих матриц F_1, \dots, F_{13} на основе факторов, характеризующих развитие наркомании.

При построении прогноза структуры наркопотребителей учитываются два взаимосвязанных процесса – демографического развития населения и распространения наркомании на территории, которые характеризуют воспроизводство населения на территории и наркотизацию общества. Данные процессы взаимосвязаны, так как на них влияют общие группы факторов.

В литературе [13] рассматриваются оценивание процесса наркотизации на основе социально-демографических индикаторов самоощущения неблагополучия, которые характеризуют поведенческие и демографические реакции населения на неблагополучие. Среди таких индикаторов выделяются:

1. Уровень безработицы (I_1);
2. Уровень заработных плат (I_2);
3. Концентрация доходов населения – Индекс Джини (I_3);
4. Отношение смертности к рождаемости за период (I_4);
5. Отношение числа разводов к числу браков за период (I_5);
6. Число преступлений, совершенных несовершеннолетними в общей структуре преступлений (I_6);
7. Процент населения, удовлетворенного жизнью (I_7);
8. Процент населения, ясно видящего перспективы в жизни (I_8).

Кроме них рассматриваются базовые показатели:

9. Число зарегистрированных браков (A_1);
10. Число зарегистрированных разводов (A_2);

11. Число родившихся за период (A_3);
12. Число умерших за период (A_4);
13. Число преступлений, совершенных несовершеннолетними (A_5).

Согласно государственной статистике, для части перечисленных показателей наблюдается положительная динамика [12] (рис. 3).

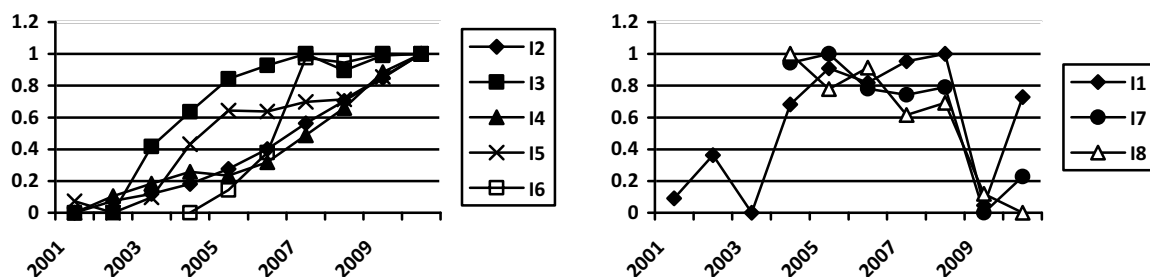


Рис. 2. Ретроспектива нормированных значений показателей I_1, \dots, I_8

Некоторые из перечисленных показателей в значительной степени коррелируют, при этом необходимо выделить группы факторов, наиболее значимых для каждой возрастной группы. В табл. 1 приведены выборочные оценки коэффициентов корреляции показателей I_1, \dots, I_8 с возрастными группами впервые в жизни зарегистрированных наркозависимых.

Таблица 1

Оценки коэффициентов корреляции по Пирсону между данными по показателям I_1, \dots, I_8 и данными по заболеваемости наркоманией

Возрастная группа	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
15–17	0.37	-0.65	-0.79	0.76	0.69	0.33	0.70	0.69	-0.56	-0.53	-0.72	0.53	0.95
18–19	0.51	-0.78	-0.88	0.85	0.85	0.54	0.65	0.50	-0.75	0.65	-0.79	0.72	0.88
20–39	-0.38	0.98	0.82	-0.98	-0.85	-0.94	-0.84	-0.72	0.98	-0.47	0.95	-0.95	-0.75
40–59	-0.20	0.83	0.70	-0.77	-0.82	-0.55	-0.90	-0.96	0.78	-0.63	0.76	-0.83	-0.52

На основе табл. 1 отбираются наиболее значимые факторы для вероятности перехода в группу наркопотребителей лиц каждого возраста. Определим регрессионные модели зависимости элементов матриц F_5 и F_8 :

$$\begin{aligned}
 F_i^{0-14} &= \theta_1^{0-14} I_{2,i} + \theta_2^{0-14} I_{6,i} + \theta_3^{0-14} I_{7,i} + \theta_4^{0-14} I_{8,i} + \theta_5^{0-14} A_{3,i} + \varepsilon_i; \\
 F_i^{15-17} &= \theta_1^{15-17} I_{7,i} + \theta_2^{15-17} I_{8,i} + \theta_3^{15-17} A_{3,i} + \theta_4^{15-17} A_{5,i} + \varepsilon_i; \\
 F_i^{18-19} &= \theta_1^{18-19} I_{1,i} + \theta_2^{18-19} I_{7,i} + \theta_3^{18-19} I_{8,i} + \theta_4^{18-19} A_{5,i} + \varepsilon_i; \\
 F_i^{20-39} &= \theta_1^{20-39} I_{2,i} + \theta_2^{20-39} I_{3,i} + \theta_3^{20-39} I_{7,i} + \theta_4^{20-39} I_{8,i} + \varepsilon_i; \\
 F_i^{40-59} &= \theta_1^{40-59} I_{2,i} + \theta_2^{40-59} I_{7,i} + \theta_3^{40-59} I_{8,i} + \theta_4^{40-59} A_{4,i} + \varepsilon_i; \\
 F_i^{60} &= \theta_1^{60} I_{2,i} + \theta_2^{60} A_{4,i} + \varepsilon_i,
 \end{aligned} \tag{7}$$

где F_i – вероятность перехода в группу населения, употребляющую наркотики, оцениваемая как $f_i = \frac{y_i}{s_i}$ (здесь y_i – численность впервые зарегистрированных наркозависимых соответствующего возраста за период, s_i – численность группы риска соответствующего возраста); $\theta_1, \dots, \theta_5$ – параметры регрессии; $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$ – нормально распределенная ошибка с нулевым средним и дисперсией $D\varepsilon = \sigma^2 E$; E – единичная матрица. В случае нормального распределения аддитивной ошибки традиционным методом оценивания параметров является метод наименьших квадратов:

$$\hat{\theta} = (X^T D_\varepsilon^{-1} X)^{-1} X^T D_\varepsilon^{-1} F_i, \quad (8)$$

где строки матрицы X образованы из элементов векторов наблюдений I_i .

Значения элементов остальных управляющих матриц определяются на основе показателей государственной статистики:

F_1, F_2 формируются по данным о рождаемости и смертности в регионе [12];

F_3 формируется по данным о химических отравлениях с целью наркотического опьянения;

F_4, F_7, F_{11} формируются по данным о рождаемости и смертности в регионе среди рассматриваемых групп населения;

F_6, F_9, F_{12}, F_{13} формируются по данным об уровне зарегистрированной преступности в сфере незаконного оборота наркотиков;

F_{10} формируется по данным учета численности наркозависимых лиц.

Рассмотрим численные результаты применения модели (1)–(6) на данных по Санкт-Петербургу.

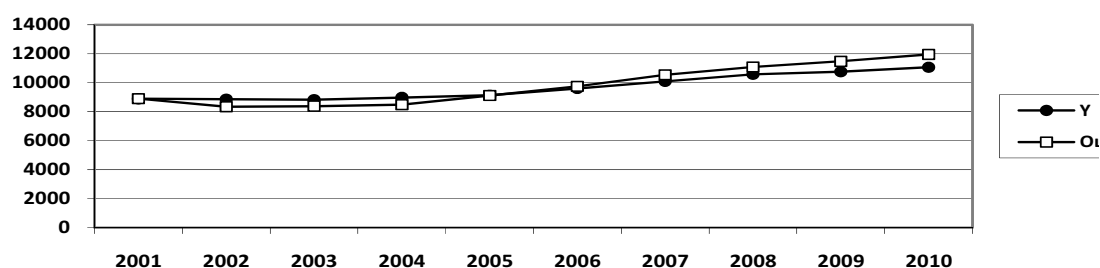


Рис. 3. Моделирование численности зарегистрированных наркозависимых

Модели (1)–(6) на ретроспективных данных показателей I_1, \dots, I_8 и A_1, \dots, A_5 (рис. 3) хорошо описывает динамику развития наркоситуации в регионе и является основой прогнозирования развития рассматриваемого процесса.

Прогнозирование развития наркоситуации

Оценка параметров модели (1)–(6) посредством применения уравнений регрессии (7) позволяет получить долгосрочный прогноз развития наркоситуации на основе прогноза показателей I_1, \dots, I_8 и A_1, \dots, A_5 , что, в свою очередь, дает возможность наблюдать различные варианты прогноза масштабов наркопотребления в зависимости сценария социально-экономического развития территории.

Рассмотрим демографическую структуру населения города Санкт-Петербурга в 2010 году.

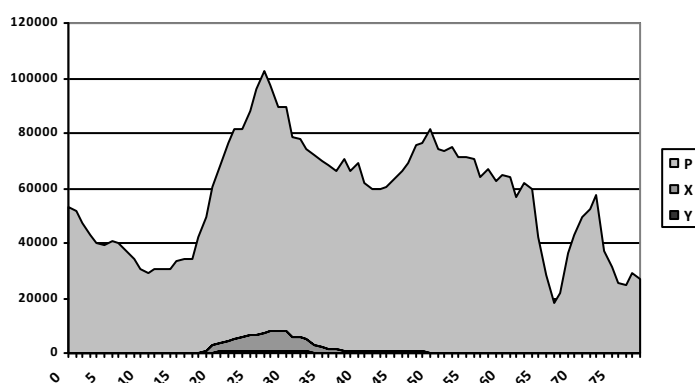


Рис. 4. Возрастная структура населения в Санкт-Петербурге в 2010 году

На рис. 4 можно наблюдать значительный спад численности населения в возрасте 8–18 лет и пик численности населения в возрасте 25–35, наиболее неблагоприятного с точки зрения заболеваемости наркоманией.

С целью получения долгосрочного прогноза развития наркоситуации на территории, как было отмечено выше, необходимо осуществить прогнозирование показателей I_1, \dots, I_8 и A_1, \dots, A_5 . В качестве иллюстрации рассмотрим прогнозирование методом константной пошаговой авторегрессии с 95%-ным уровнем значимости (рис. 5).

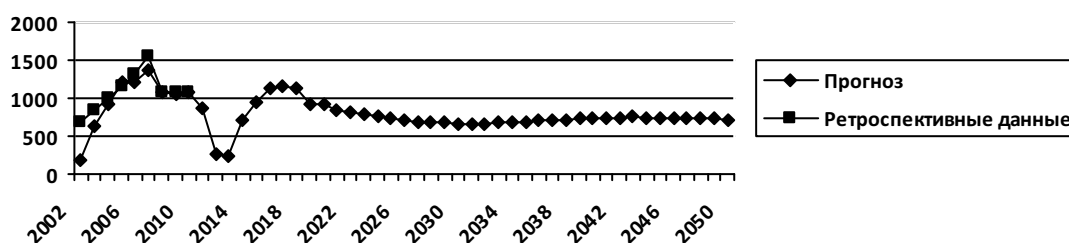


Рис. 5. Прогнозирование заболеваемости наркоманией в Санкт-Петербурге при средних значениях прогноза показателей I_1, \dots, I_8 и A_1, \dots, A_5

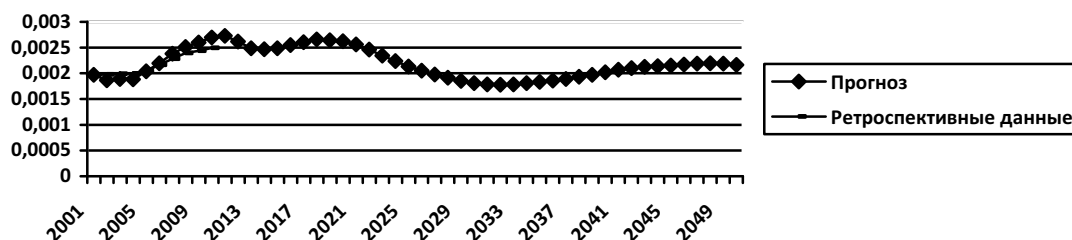


Рис. 6. Прогнозируемая доля наркозависимых в структуре населения Санкт-Петербурга при средних значениях прогноза показателей I_1, \dots, I_8 и A_1, \dots, A_5

Интерпретация численных результатов

Полученные результаты прогноза заболеваемости наркоманией иллюстрируют возможность применения модели (1)–(6) для анализа наркоситуации на территории. На основе полученных результатов можно сделать выводы о структуре и численности наркозависимых в регионе (рис. 6). Так, предположительно, в 2011 году численность наркозависимых достигнет максимального значения, затем начнется заметный спад регистрации новых наркоманов и снижение доли наркозависимых в общей структуре населения. Полученный эффект можно объяснить резким снижением численности населения в возрасте 8–18 лет, а именно тех лиц, которые в 2012–2014 годах составят большую часть группы риска по наркомании, чем объясняется снижение заболеваемости. С другой стороны, население в возрасте 45–50 лет сместится в область вне группы риска, поскольку в меньшей степени будет подвержена наркотизации.

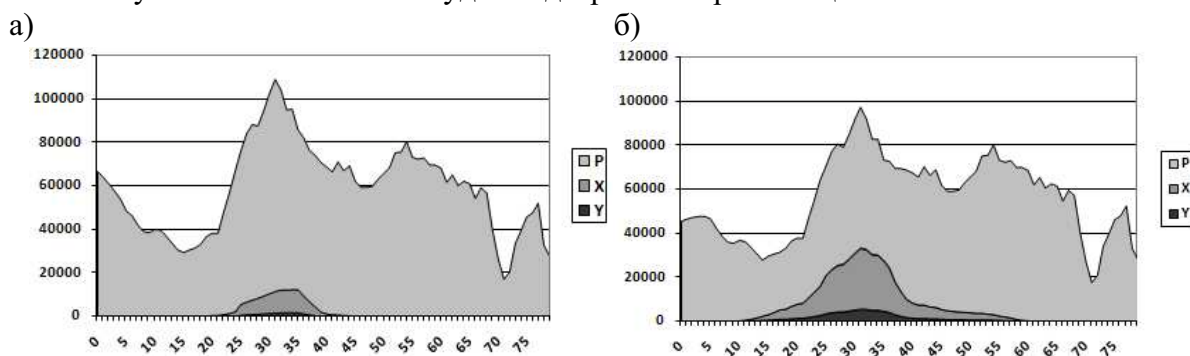


Рис. 4. Возрастная структура наркопотребителей в структуре населения Санкт-Петербурга на 2015 (а) и 2025 (б) годы

В 2016–2021 годах прогнозируется повторное возрастание численности впервые зарегистрированных наркозависимых в силу пополнения группы риска за счет мигрантов и родившихся во время всплеска рождаемости в 2009–2011 годах. В дальнейшем вероятно снижение заболеваемости наркоманией вследствие перемещения наиболее многочисленной группы населения в возрасте 25–35 лет в пенсионную область и выхода ее из группы риска.

Следует отметить, что использование данной модели требует учета миграции, значение которой в большой степени зависит от внешней политики. В силу этого необходимо осуществлять коррекцию параметров модели с целью увеличения достоверности прогноза.

Литература

1. Указ Президента РФ «Об утверждении Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» от 12.05.2009 № 537.
2. Указ Президента РФ «Об утверждении Стратегии государственной антинаркотической политики Российской Федерации до 2020 года» от 09.06.2010 № 690.
3. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Положения о государственной системе мониторинга наркоситуации в Российской Федерации» от 20.06.2011 № 485.
4. Яковлев С. В., Гнусов Ю. В. Анализ и прогнозирование показателей наркологической статистики в Украине и в Харьковской области // Молодёжь и наркотики (социология наркотизма) / Под ред. В. А. Соболева, И. П. Рущенко. Харьков: Торсинг, 2000. С. 194–221.

5. **Аристов С. А.** Имитационное моделирование экономических систем: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал.гос.экон.ун-та. 2004. 124 с.
6. **Цыбатов В. А.** Модели производственного потенциала для долгосрочного прогнозирования регионального развития // Сборник докладов "Методология регионального прогнозирования", М.: СОПС, 2003.
7. **Муравей Л. А.** Экология и безопасность жизнедеятельности. М.: ООО «Издательства Юнити-Дана», 2000.
8. **Боев. Б. В.** Современные этапы математического моделирования процессов развития и распространения инфекционных заболеваний // Эпидемиологическая кибернетика: модели, информация, эксперименты. М., 1991. С. 6–13.
9. **Боев Б. В., Бондаренко В. М.** Прогностическая модель распространения наркомании и ВИЧ-инфекции среди молодежи. // Микробиология. 2001. № 5. С. 76–81.
10. **Стародубов В. И., Татаркин А. И.** Влияние наркомании на социально-экономическое развитие общества. УрО РАН, 2006. 381 с.
11. **Татаркин А. И., Куклин А. А.** Комплексная методика диагностики качества жизни в регионе. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2010. 136 с.
12. Российская Федерация. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>
13. **Мартынов А. С., Артюхов В. В., Виноградов В. Г.** Окружающая среда и здоровье населения России. 1998.
14. Отчет по соц. исследованию «Оценка населением государственной антинаркотической политики, реализуемой на территории Санкт-Петербурга» в рамках целевой программы Санкт-Петербурга «Комплексные меры по противодействию злоупотреблению наркотическими веществами и их незаконному обороту в Санкт-Петербурге на 2009–2012 гг.» и «Комплексные меры по противодействию злоупотреблению наркотическими веществами и их незаконному обороту в Санкт-Петербурге на 2004–2008 гг.». [Http://www.anpolitic.spb.ru](http://www.anpolitic.spb.ru)
15. Санкт-Петербургский информационно-аналитический центр: расчет СПб ИАЦ по данным СПбГУ, стандартизованное интервью с использованием системы CATI, выборка 1200 чел., квотная (по полу и возрасту), максимальная ошибка выборки на уровне 95% составляет 2,9%, 2004–2010.
16. Санкт-Петербургский информационно-аналитический центр: расчет СПб ИАЦ по данным НИИ комплексных социальных исследований СПбГУ, стандартизованное интервью с использованием системы CATI, выборка 1200 чел., квотная (по полу и возрасту), максимальная ошибка выборки на уровне 95% составляет 2,9%, 2004–2010.