

Москвичева М.Г.<sup>1</sup>, Радзиховская М.В.<sup>2</sup>, Клепиков В.В.<sup>3</sup>

## Прогноз развития эпидемии ВИЧ-инфекции в Челябинской области на основании математического моделирования

1- ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск; 2- ГБУЗ «Областной центр по профилактике и борьбе со СПИДом и инфекционными заболеваниями», Челябинск; 3 - МБУЗ ГКБ №8, Челябинск

Moskvicheva M.G., Radzihovskaya M.V., Klepikov V.V.

### Forecast of development of the HIV epidemic in the Chelyabinsk region on the basis of mathematical modeling

#### Резюме

В статье предпринята попытка прогнозирования будущего развития эпидемии ВИЧ/СПИДа на территории Южно-Уральского региона на основе применения методов математического моделирования. Результаты работы продемонстрировали прогноз дальнейшего роста пораженности и смертности вследствие прогрессирования эпидемии ВИЧ-инфекции в регионе. Складывающаяся ситуация требует безотлагательного принятия адекватных комплексных мер направленных на профилактику и повышение доступности и качества оказания медицинской и социальной помощи ВИЧ-инфицированным лицам. Учитывая демографические, социальные и экономические последствия складывающейся ситуации авторы надеются, что их работа привлечет внимание ключевых лиц, принимающих решения в регионе по данной проблеме.

**Ключевые слова:** ВИЧ-инфекция, прогноз эпидемии

#### Summary

The article attempts to predict the future development of the HIV / AIDS epidemic in the territory of the South Ural region on the basis of application of methods of mathematical modeling. The results showed continued growth forecast prevalence and mortality due to progression of the HIV epidemic in the region. The current situation requires the immediate adoption of adequate integrated measures to prevent and improve the availability and quality of medical and social care for HIV-infected persons. Taking into account the demographic, social and economic consequences of the current situation, the authors hope that their work will attract the attention of key decision makers in the region on this issue.

**Keywords:** HIV-infection epidemic forecast

#### Введение

Первый случай ВИЧ-инфекции в России был зарегистрирован в 1987 году (1). За период с 1987 года с момента регистрации, по данным федерального государственного статистического наблюдения, общее число зарегистрированных случаев выявления антител к ВИЧ-инфекции составило 1 006 388, из них умерло по разным причинам 212 579 человек. Рост первичной заболеваемости в сравнении с 2014 г. составил 3,9 % (2014 г. - 61,2; 2015 г. - 63,6 на 100 тыс. населения).

Челябинская область по показателям пораженности и заболеваемости ВИЧ-инфекцией входит в число лидирующих территорий РФ, данные показатели за 2015 г. составили 133,4 и 937,5 на 100 тыс. населения соответственно. Рост показателя первичной заболеваемости

в регионе в 2015 г., в сравнении с 2014 г., составил 12,4% (2014 г. - 118,7 на 100 тыс. населения).

На фоне развивающейся эпидемии наиболее актуальным становятся вопросы прогнозирования дальнейшего развития эпидемиологического процесса, так как принятие адекватных мер по улучшению эффективности профилактических мероприятий и системы оказания медицинской помощи ВИЧ-инфицированным лицам практически невозможно без наличия достоверной и своевременной информации у лиц, принимающих решение (2,3). Расчет реального количества ВИЧ-инфицированных лиц и прогнозирование распространения ВИЧ-инфекции в Челябинской области необходимо для экономического обоснования выделения финансовых ресурсов, направляемых на профилактику и борьбу с ВИЧ/СПИДом, с соответствующим отражением в принимаемых программах.

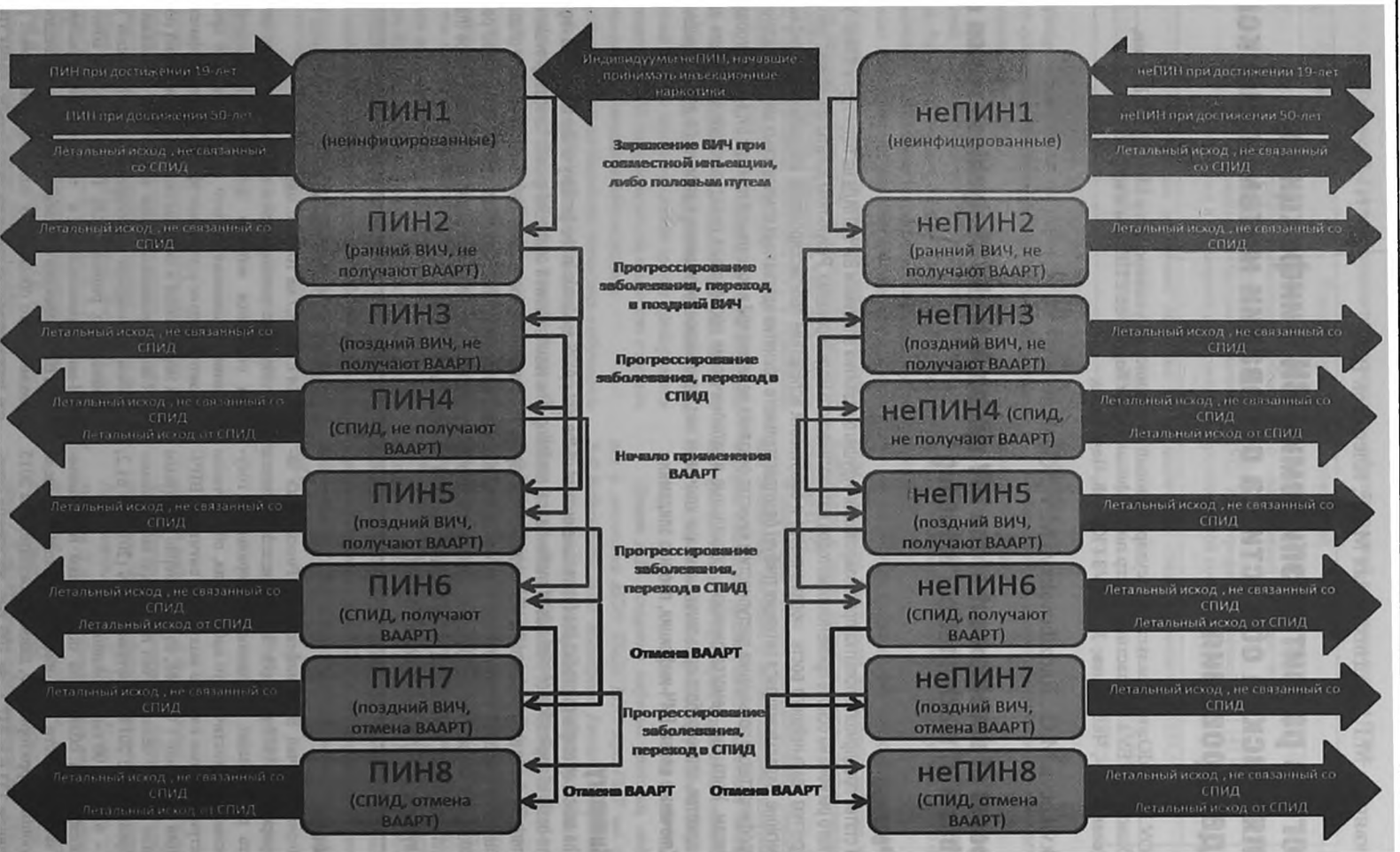


Рис. 1. Формирование подгруппы ВИЧ-инфицированных лиц на прогнозируемый период.

С целью формирования прогноза развития эпидемии ВИЧ-инфекции в Челябинской области было проведено математическое моделирование эпидемического процесса среди населения региона в возрасте 18-49 лет.

## Материалы и методы

В связи с особенностями путей передачи ВИЧ-инфекция является сложной для прогнозирования, так как развитие эпидемиологического процесса зависит от множества социальных причин, а также от особенностей культуры и быта. С учетом региональных особенностей распространения ВИЧ-инфекции в Челябинской области при моделировании были учтены следующие факторы:

- прогнозируемая популяция должны быть открытой, то есть должна существовать возможность притока новых членов в популяцию и оттока из нее;

- пути передачи ВИЧ-инфекции;
- стадия заболевания;
- уровень охвата ВИЧ-инфицированных лиц высокоактивной антиретровирусной терапией.

Учитывая особенности эпидемического процесса ВИЧ-инфекции при моделировании прогноза распространения заболевания за основу была взята модель Лаборатории фармакоэкономики НИИ фармации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, основанная на методе динамического моделирования и методологии исследования группы американских ученых «Effectiveness and Cost Effectiveness of Expanding Harm Reduction and Antiretroviral Therapy in a Mixed HIV Epidemic: A Modeling Analysis for Ukraine».

Объектом моделирования являлась популяция, включающая как здоровых, так и ВИЧ-инфицированных индивидуумов в возрасте от 19 до 49 лет включительно, так как именно эта возрастная группа преобладает в структуре ВИЧ-инфицированных и представляет наибольшую группу риска.

В качестве исходных данных численности индивидуумов, в возрасте от 19 до 49 лет, и численности пополнения и выхода из популяции, использовались данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики Челябинской области (распределение численности населения Челябинской области на начало 2015 года по возрастам и прогноз рождаемости в Челябинской области на 2015-2016 годы), а также данные официальной статистики ГБУЗ «Челябинский Областной Центр по профилактике и борьбе со СПИДом» (4).

Так как основное влияние на развитие эпидемии в Южно-Уральском регионе оказывают лица, внутривенно употребляющие наркотические средства в немедицинских целях (ПИН), при проведении моделирования рассматриваемая популяция была разделена на две основные группы: ПИН (принимающие инъекционные наркотики) и не-ПИН (не принимающие инъекционные наркотики). В основу такого деления было заложено отличие в способах передачи вирусов здоровым индивидуумам, входящим в популяцию.

Пополнение популяции ВИЧ-инфицированных ПИН происходит за счет здоровых индивидуумов ПИН при достижении ими 19-летнего возраста, а также за

счет индивидуумов не ПИН, начавших принимать инъекционные наркотики. Выход из популяции здоровых ПИН индивидуумов осуществляется при достижении последними 50 летнего возраста, либо по причине смерти, как связанной, так и не связанной с ВИЧ-инфекцией.

Пополнение популяции не ПИН происходит за счет здоровых индивидуумов не ПИН при достижении ими 19 летнего возраста. Выход из популяции здоровых не ПИН индивидуумов осуществляется при достижении последними 50 летнего возраста, либо по причине смерти, как связанной, так и не связанной с ВИЧ, а также за счет индивидуумов не ПИН, начавших принимать инъекционные наркотики.

При проведении прогнозирования принималось во внимание, что инфицированные ПИН могут передавать вирус здоровым индивидуумам двумя способами:

- при совместном употреблении инъекционных наркотиков (инъекционный путь);
- при незащищенном половом контакте (половой путь).

Для инфицированных не ПИН членов популяции возможен только половой путь передачи инфекции здоровым индивидуумам.

В соответствии с клиническими исследованиями вероятность заражения при половом контакте возрастает по мере прогрессирования заболевания, для инъекционного пути передачи такой зависимости нет (5).

На вероятность заражения, как при половом контакте, так и через инъекционный путь влияет широта охвата ВААРТ. Исходя из вышесказанного, рассматриваемая популяция была разделена на 8 групп в зависимости от ПИН-принадлежности, стадии инфицирования и ВААРТ-статуса (Рис. 1).

## Результаты и обсуждение

Полученные в результате моделирования данные свидетельствуют о негативном влиянии эпидемии ВИЧ-инфекции на численность населения Челябинской области в возрасте 19-49 лет. В соответствии с прогнозной моделью с учетом влияния эпидемии ВИЧ-инфекции за прогнозируемый период 2015-2031 гг. общая численность населения в возрасте 19-49 лет может уменьшиться на 12,9% (2015 г. - 1546195 человек; 2035 г. - 1346486 человек) (Рис. 2).

Полученные данные усугубляют прогноз официальной статистики, согласно которой без учета влияния эпидемии ВИЧ-инфекции численность населения региона в данной возрастной группе за период 2015-2031 гг. уменьшится на 5,8% (2015 г. - 1546000; 2031 г. - 1456000) (6). Таким образом, предполагаемые потери непосредственно от развития эпидемии ВИЧ-инфекции среди населения 19-49 лет кумулятивно могут составить - 109514 человек (Рис. 3).

Важно отметить, что по данным прогноза установлено увеличение доли умерших от прогрессирования ВИЧ-инфекции в структуре общей смертности населения региона в возрасте 19-49 лет. Доля умерших непосредственно от ВИЧ-инфекции в трудоспособном возрасте за

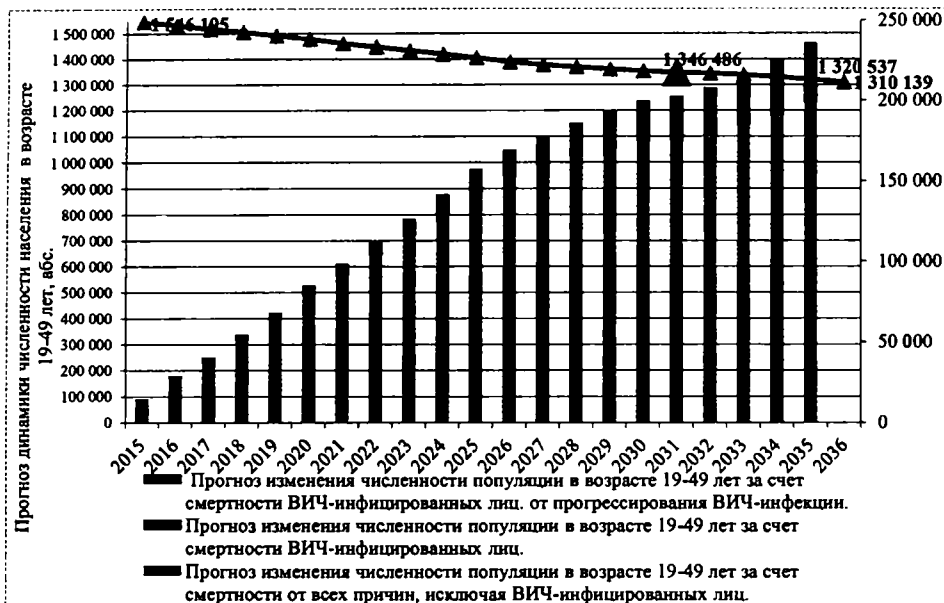


Рис. 2. Прогноз численности населения Челябинской области в возрасте 19-49 лет с учетом влияния эпидемии ВИЧ-инфекции (абс.).

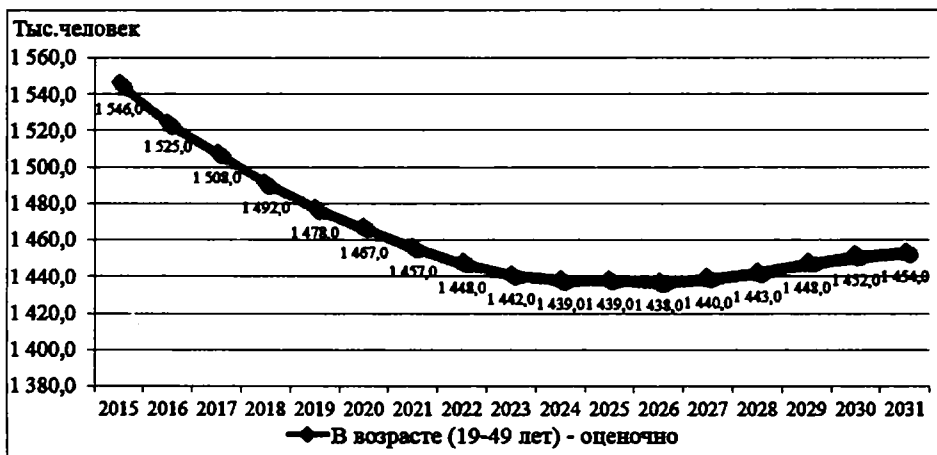


Рис. 3. Прогноз численности населения Челябинской области в возрасте 19-49 лет без учета влияния эпидемии ВИЧ-инфекции (абс.).

2015 г. составила 6,1%. Данный показатель к 2035 году, согласно прогноза, возрастет до 34% (Рис. 4).

По результатам прогнозирования развития эпидемии ВИЧ-инфекции, количество ВИЧ-инфицированных в Челябинской области за 21 год увеличится в 1,8 раза с 33667 до 61895 человек. Необходимо отметить, что в соответствии с прогнозом, озвученным министром здравоохранения Российской Федерации Скворцовой В.И., при сохранении текущих показателей по охвату ВИЧ-инфицированных терапией, их количество в РФ к 2020 г. увеличится в 2,5 раза (6).

В соответствии с результатами проведенного анализа, количество ВИЧ-инфицированных, не являющихся

потребителями инъекционных наркотиков, увеличится в 3,5 раза (с 10009 до 35755 человек), а количество ВИЧ-инфицированных ПИН – в 1,1 раза (с 23667 до 35755 человек) (Рис. 5). Рост доли ВИЧ-инфицированных лиц в рассматриваемой популяции составит более 200% (с 2,18% до 4,69%).

Более чем в 4 раза увеличится доля ВИЧ-инфицированных, не являющихся потребителями инъекционных наркотиков, в исследуемой возрастной группе (с 0,66% до 2,77%). Стабильно высокой (с тенденцией к увеличению) останется доля ВИЧ-инфицированных потребителей инъекционных наркотиков в соответствующей выборке (в 2015г. – 77,9%, в 2035г. – 87,19%) (Рис.6).



Рис. 4. Динамика доли умерших непосредственно от прогрессирования ВИЧ-инфекции в общей структуре смертности населения Челябинской области 2015-2035 гг.

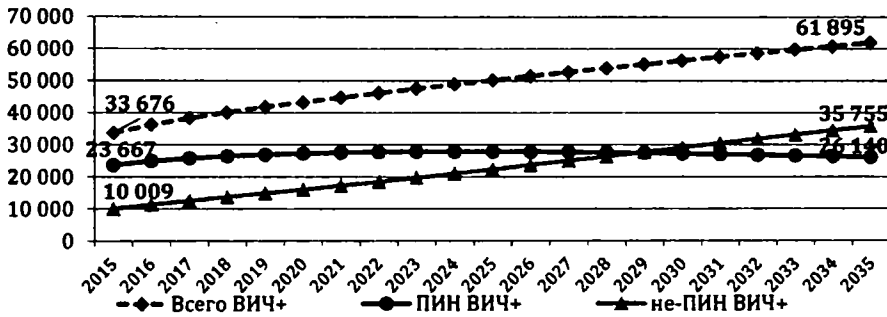


Рис. 5. Прогноз динамики численности ВИЧ+ в возрасте 19-49 лет, среди ПИН и не ПИН (абс.).



Рис. 6. Динамика доли ВИЧ-инфицированных лиц в среди различных групп населения (в %).

По данным проведенного моделирования развития эпидемии, количество вновь выявленных случаев ВИЧ-инфекции в течение года, по данным реакции иммуноблота, будет прогрессивно увеличиваться: от 3214 (в

2015 г.) до 3669 (в 2035 г.). Всего за период 2015-2035 г. прогнозируется 66812 новых случаев ВИЧ-инфекции, в том числе 23704 случая среди ПИН и 43109 случаев среди не ПИН (Рис. 7).



Рис.7. Динамика новых случаев ВИЧ-инфекции, выявленных в реакции иммуноблота, среди населения Челябинской области в возрасте 19-49 лет нарастающим итогом 2015 -2035 гг. (по данным математического моделирования).



Рис. 8. Динамика доли ранней и поздней стадии ВИЧ-инфекции, среди ВИЧ-инфицированных наркопотребителей в возрасте 19-49 лет за 2015-2035 гг. по данным математического моделирования.

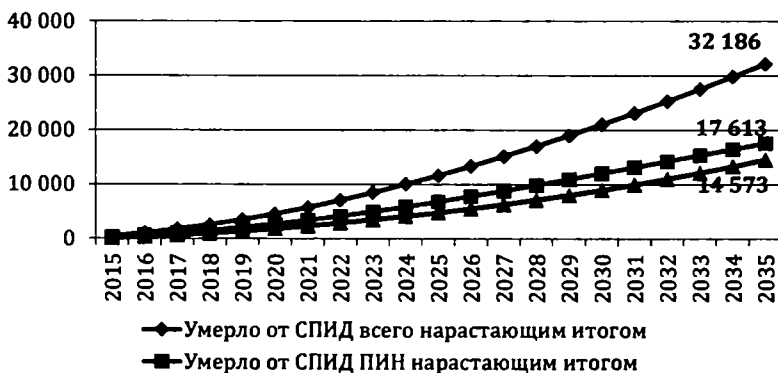


Рис.9. Динамика кумулятивной численности ВИЧ-инфицированных лиц в возрасте 19-49 лет, умерших от прогрессирования заболевания (абс.).

В отношении ВИЧ-инфицированных, не являющихся потребителями инъекционных наркотиков просматривается медленный рост доли лиц в стадии СПИДа и волнообразное изменение доли стадии, без прогрессирования

заболевания («ранний ВИЧ») с нарастанием до 2021 г. и постепенным снижением в последующем периоде, что является объективным подтверждением положительным влиянием ВААРТ на течение заболевания (Рис. 8).

Расчетное общее количество смертей от прогрессирования ВИЧ-инфекции за прогнозируемый период составит 32186, из которых более половины (17613 человек) – потребители инъекционных наркотиков (Рис. 9).

### Заключение

Проведенное прогнозирование развития эпидемии ВИЧ-инфекции в Челябинской области на основе методов математического моделирования, с учетом основных факторов влияния на эпидемиологический процесс, показало возможный двукратный рост пораженности населения в возрасте 19–49 лет (в 2015 г. – 2345 на 100 тыс., в 2035 г. – 4764 на 100 тыс.) и значительный предполагаемый рост количества умерших от прогрессирования ВИЧ-инфекции (более чем в 5 раз: с 432 в 2015 г., до 2355 человек в 2035 г.) в данной возрастной группе.

С целью предотвращения нарастающих негативных влияний эпидемии ВИЧ-инфекции на демографическую картину в Южно-Уральском регионе необходимо принять адекватные меры по усилению профилактической

работы и повышению качества и доступности оказания медицинской помощи данной категории жителей области. Прогнозируемая ситуация потребует значительного увеличения финансовых затрат на обеспечение медицинской и социальной помощью данной категории жителей области. ■

*Москвичева Марина Геннадьевна, доктор медицинских наук, проректор по дополнительному профессиональному образованию и взаимодействию с учебно-производственными базами ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск, Радзиховская Маргарита Владимировна, кандидат медицинских наук, главный врач ГБУЗ «Областной центр по профилактике и борьбе со СПИДом и инфекционными заболеваниями», Челябинск; Клепиков Виктор Владимирович, врач-хирург-ординатор МБУЗ ГКБ №8, Челябинск; Автор, ответственный за переписку - Москвичева Марина Геннадьевна, moskvichevamg@mail.ru*

---

### Литература:

1. <http://government.ru/news/20196/>.
2. Система национальных счетов здравоохранения. Версия 1.0 Организация по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЕСД). 2000 г. 209 с.
3. *Child health accounts: Bangladesh & Sri Lanka. Institute for Health Policy & Data International. 2006. P. 54. [Интернет]. URL: <http://www.ihp.lk/publications/docs/CHAREportFinal.pdf>*
4. [http://chelstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/chelstat/ru/statistics/population/](http://chelstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chelstat/ru/statistics/population/)
5. ВИЧ-инфекция и СПИД. Национальное руководство. Под общей редакцией В.В. Покровского. - М. ГЭОТАР - Медицина, 2013. - 605 с.
6. [http://chelstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/chelstat/ru/statistics/population/](http://chelstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chelstat/ru/statistics/population/)