

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ КОЛИЧЕСТВА ЛЮДЕЙ ЖИВУЩИХ С ВИЧ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Кирилюк А. А.,¹ Лукашов Р. И.²

¹РУП «БЕЛФАРМАЦИЯ», г. Минск

²УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», кафедра стандартизации лекарственных средств, г. Витебск

Ключевые слова: ВИЧ-инфекция, прогнозирование, тренд-линия.

Резюме: За 10 лет (с 2006 по 2015 гг.) установлена тенденция роста заболеваемости ВИЧ-инфекции в Республике Беларусь, описываемая кубическим трендом. Линия тренда позволяет спрогнозировать изменение ряда на будущие периоды. Сравнивая результаты двух подходов к прогнозированию «прямой» и «последовательный», последний является наиболее точным, т.к. опирается на больший объем данных. Согласно «прямому» подходу количество людей живущих с ВИЧ на 01.01.2018 г. составит 19522 ± 210 человек, а согласно «последовательному» подходу - 19420 ± 196 человек.

Resume: For 10 years (from 2006 to 2015), the tendency of the increase in the incidence of HIV infection in the Republic of Belarus, described by a cubic trend, has been established. The trend line allows predicting the change of the series for future periods. Comparing the results of the 2 approaches to "direct" and "sequential" forecasting, the latter is the most accurate, because it's based on more data. According to the "direct" approach, the number of people living with HIV on 01/01/2018 will be 19522 ± 210 people, and according to the "sequential" approach - 19420 ± 196 people.

Актуальность. Потребность и спрос на лекарственные средства (ЛС), финансовые затраты при внедрении новой технологии в здравоохранении, уровень и распространенность заболевания – все эти величины можно спрогнозировать. Прогноз - это научно-обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем, об альтернативных путях и сроках его осуществления. Само прогнозирование имеет две стороны: первая – описание возможных будущих состояний, а вторая – использование полученной информации в настоящем [1]. Для нашей страны характерно ежегодное повышение количества людей живущих с ВИЧ (ЛЖВ). В связи, с чем государство выделяет значительные финансовые средства на сдерживание эпидемии ВИЧ-инфекции. Так только на закупку антиретровирусных ЛС в 2017 году было потрачено 14805095,80 рублей, а затраты на борьбу с ВИЧ-инфекцией по Государственной программе «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь» на 2016-2020 годы (подпрограмма № 5 «Профилактика ВИЧ-инфекции») составляют 908835,90 рублей. Однако сами расходы здравоохранения на лечение ЛЖВ намного выше, т.к. на положительный ответ терапии оказывают воздействие факторы, влияющие на приверженность: посещение врачей-специалистов, прием ЛС против оппортунистических инфекций, сопутствующие лабораторные исследования и другие. Поиск подходов и построение моделей прогнозирования количества ЛЖВ в нашей стране на будущие периоды может способствовать оптимизации бюджетных средств, направленных на борьбу с инфекционным заболеванием.

Цель: Проанализировать результаты прогнозирования количества ЛЖВ в Республике Беларусь за 2016-2017 гг.

Задачи: 1. Проанализировать статистические данные об эпидемиологической ситуации в Республики Беларусь по ВИЧ-инфекции за 2006-2015 гг., и выявить закономерную тенденцию. 2. На основе выявленной тенденции – спрогнозировать количество ЛЖВ на 2016-2018 гг. ($p < 0,05$). 3. Определить достоверность разных подходов, путем сопоставления ожидаемых результатов с реальными данными.

Материалы и методы исследования. Материалами являлись данные эпидемиологической статистики по ВИЧ-инфекции в Республики Беларусь за 2006 – 2015 гг. На 1-ом этапе определяли закономерную тенденцию, уравнение данной тенденции (с учетом коэффициентов детерминации), на 2-ом этапе осуществляли прогнозирование и его оценку. Собственно модели прогнозов, задаваемые уравнениями тренд-линий, выполнялись в 2-ух подходах. Подход №1 («прямой») означает прогнозирование величин на последующие периоды, опираясь только на исходные данные, исключая новообразующие переменные (по прошествии прогнозируемого события). Подход №2 («последовательный») предполагает прогнозирование величины на постоянно (последовательно) обновляемых исходных данных, т.е. по прошествии прогнозируемого события, в исходные данные автоматически включается новая реальная переменная, и так формируются следующие прогнозируемые величины. В работе использовался метод прогнозирования – экстраполяция и оценке тренда, графический, аналитический, логико-теоретический методы. Обработка результатов проводилась в программе IBM SPSS Statistics 23.

Результаты и их обсуждение. Проанализировав данные эпидемиологического мониторинга по ВИЧ-инфекции в Беларуси за 10 лет (с 2006 по 2015 гг.) установлена тенденция роста заболеваемости ВИЧ-инфекции в стране (Рисунок 1).

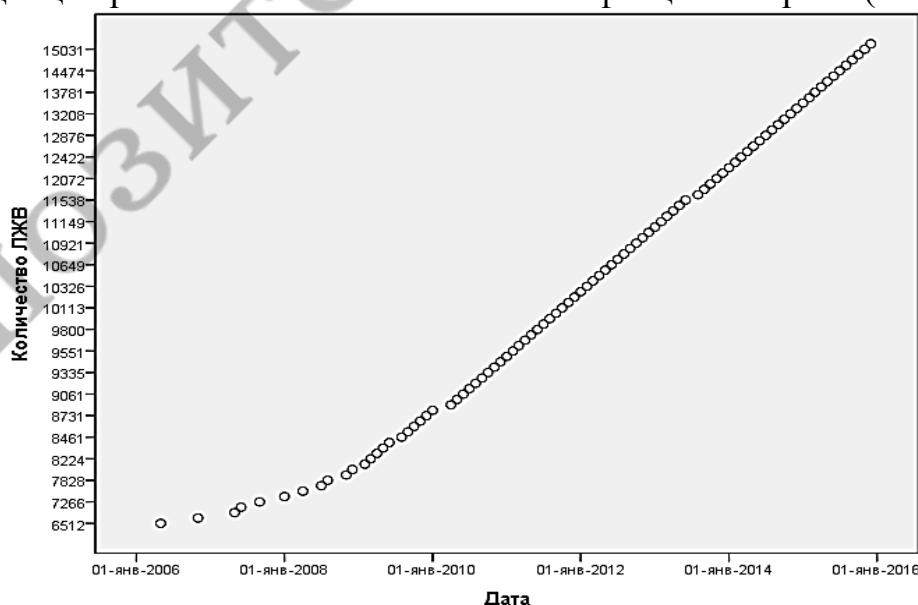


Рис.1 – Динамика изменения количества ЛЖВ в Беларуси за 2006 -2015 гг.

На основании данных рисунка 1, посредством графического метода, была установлена математическая тенденция. Линия тренда позволяет спрогнозировать

изменение ряда на будущие периоды. Программа SPSS Statistics автоматически подобрала несколько трендов: линейный ($R^2=0,9703$), логарифмический ($R^2=0,7627$), обратный ($R^2=0,301$), квадратичный ($R^2=0,9962$), кубический ($R^2=0,9993$), экспоненциальный ($R^2=0,9954$), логистический ($R^2=0,962$). Так последующее наблюдение проводилось только для уравнений имеющих коэффициент R^2 больше 0,9 (свидетельствует о высокой степени зависимости среди изучаемых величин): линейная ($y=5202,437+74,337t$), квадратичная ($y=6769,128+19,135t+0,399t^2$), кубическая ($y=6012,326+70,387t-0,504t^2+0,005t^3$), экспоненциальная ($y=6175,910e^{0,007t}$).

Результаты прогнозирования в соответствии с Подходом №1 ($p<0,05$) приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты прогнозирования согласно «прямому» подходу

Дата	Реально[2]	Линейн. тренд	Квадрат. тренд	Кубич. тренд	Экспоненц. тренд
01.01.2016	15378	14197±777	14922±286	15228±125	14663±426
01.02.2016	15557	14272±778	15038±287	15378±126	14768±429
01.03.2016	15731	14346±778	15154±288	15530±127	14874±432
01.04.2016	15890	14420±779	15272±289	15684±129	14981±436
01.05.2016	16096	14495±779	15390±290	15841±130	15088±439
01.06.2016	16225	14569±780	15510±291	16001±132	15196±443
01.07.2016	16359	14643±780	15630±292	16162±134	15305±446
01.08.2016	16470	14718±781	15751±293	16327±137	15415±450
01.09.2016	16570	14792±781	15872±295	16493±139	15525±453
01.10.2016	16805	14866±782	15994±296	16663±142	15637±457
01.11.2016	16954	14941±782	16118±298	16834±144	15749±460
01.12.2016	17118	15015±783	16242±299	17009±148	15862±464
01.01.2017	17260	15089±783	16366±301	17186±151	15975±468
01.02.2017	17446	15164±784	16492±302	17365±154	16090±471
01.03.2017	17605	15238±785	16618±304	17547±158	16205±475
01.04.2017	17748	15312±785	16746±306	17732±162	16321±479
01.05.2017	17918	15387±786	16874±308	17920±166	16438±483
01.06.2017	18016	15461±786	17002±310	18110±171	16556±487
01.07.2017	18114	15535±787	17132±312	18303±176	16675±490
01.08.2017	18233	15610±788	17262±314	18499±181	16794±494
01.09.2017	18438	15684±788	17393±316	18698±186	16915±498
01.10.2017	18664	15758±789	17525±319	18900±192	17036±502
01.11.2017	18806	15833±790	17658±321	19104±197	17158±506
01.12.2017	19020	15907±790	17792±323	19312±204	17281±510
01.01.2018	---	15981±791	17926±326	19522±210	17405±514

Примечание (здесь и далее): Выделенные полужирным шрифтом прогнозы свидетельствуют о попадании в них реальных эпидемиологических показателей.

Результаты прогнозирования в соответствии с Подходом №2 ($p<0,05$) приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты прогнозирования согласно «последовательному» подходу

Дата	Реально[2]	Линейн. тренд	Квадрат. тренд	Кубич. тренд	Экспоненц. тренд
------	------------	---------------	----------------	--------------	------------------

01.01.2016	15378	14197±777	14922±285	15228±125	14663±426
01.02.2016	15557	14319±812	15076±300	15400±128	14797±453
01.03.2016	15731	14443±847	15234±315	15576±131	14934±481
01.04.2016	15890	14570±884	15395±330	15755±135	15074±510
01.05.2016	16096	14698±920	15558±344	15936±137	15216±538
01.06.2016	16225	14829±959	15727±359	16124±140	15362±569
01.07.2016	16359	14960±996	15894±372	16307±141	15508±598
01.08.2016	16470	15092±1030	16061±382	16487±140	15655±625
01.09.2016	16570	15224±1062	16225±388	16661±139	15802±648
01.10.2016	16805	15354±1091	16387±392	16828±140	15948±669
01.11.2016	16954	15489±1123	16555±399	17006±139	16099±693
01.12.2016	17118	15624±1155	16724±405	17183±139	16251±717
01.01.2017	17260	15761±1186	16894±410	17360±138	16405±740
01.02.2017	17446	15898±1216	17064±414	17536±139	16560±762
01.03.2017	17605	16037±1248	17237±419	17715±139	16717±785
01.04.2017	17748	16177±1278	17410±423	17894±140	16875±807
01.05.2017	17918	16317±1308	17583±426	18070±142	17035±828
01.06.2017	18016	16459±1338	17758±429	18247±145	17196±850
01.07.2017	18114	16599±1365	17928±430	18417±151	17357±868
01.08.2017	18233	16739±1389	18095±429	18579±161	17516±884
01.09.2017	18438	16878±1411	18260±427	18736±173	17676±899
01.10.2017	18664	17019±1435	18429±427	18900±182	17838±914
01.11.2017	18806	17163±1462	18604±427	19073±186	18004±932
01.12.2017	19020	17308±1487	18777±427	19243±192	18171±949
01.01.2018	---	17455±1514	18955±427	19420±196	18341±967

Оценка степени близость прогнозов по двум подходам (степень близости прогнозируемой величины к реальным данным) приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Степень близости прогнозируемой величины к реальным данным

Дата	Подход №1				Подход №2			
	Линейн.	Квадрат.	Кубич.	Экспонен.	Линейн.	Квадрат.	Кубич.	Экспонен.
01.01.2016	92,3%	97,0%	99,0%	95,4%	92,3%	97,0%	99,0%	95,4%
01.02.2016	91,7%	96,7%	98,8%	94,9%	92,0%	96,9%	99,0%	95,1%
01.03.2016	91,2%	96,3%	98,7%	94,6%	91,8%	96,8%	99,0%	94,9%
01.04.2016	90,7%	96,1%	98,7%	94,3%	91,7%	96,9%	99,2%	94,9%
01.05.2016	90,1%	95,6%	98,4%	93,7%	91,3%	96,7%	99,0%	94,5%
01.06.2016	89,8%	95,6%	98,6%	93,7%	91,4%	96,9%	99,4%	94,7%
01.07.2016	89,5%	95,5%	98,8%	93,6%	91,4%	97,2%	99,7%	94,8%
01.08.2016	89,4%	95,6%	99,1%	93,6%	91,6%	97,5%	100,1%	95,1%
01.09.2016	89,3%	95,8%	99,5%	93,7%	91,9%	97,9%	100,5%	95,4%
01.10.2016	88,5%	95,2%	99,2%	93,0%	91,4%	97,5%	100,1%	94,9%
01.11.2016	88,1%	95,1%	99,3%	92,9%	91,4%	97,6%	100,3%	95,0%
01.12.2016	87,7%	94,9%	99,4%	92,7%	91,3%	97,7%	100,4%	94,9%
01.01.2017	87,4%	94,8%	99,6%	92,6%	91,3%	97,9%	100,6%	95,0%
01.02.2017	86,9%	94,5%	99,5%	92,2%	91,1%	97,8%	100,5%	94,9%
01.03.2017	86,6%	94,4%	99,7%	92,0%	91,1%	97,9%	100,6%	95,0%
01.04.2017	86,3%	94,4%	99,9%	92,0%	91,1%	98,1%	100,8%	95,1%
01.05.2017	85,9%	94,2%	100,0%	91,7%	91,1%	98,1%	100,8%	95,1%

01.06.2017	85,8%	94,4%	100,5%	91,9%	91,4%	98,6%	101,3%	95,4%
01.07.2017	85,8%	94,6%	101,0%	92,1%	91,6%	99,0%	101,7%	95,8%
01.08.2017	85,6%	94,7%	101,5%	92,1%	91,8%	99,2%	101,9%	96,1%
01.09.2017	85,1%	94,3%	101,4%	91,7%	91,5%	99,0%	101,6%	95,9%
01.10.2017	84,4%	93,9%	101,3%	91,3%	91,2%	98,7%	101,3%	95,6%
01.11.2017	84,2%	93,9%	101,6%	91,2%	91,3%	98,9%	101,4%	95,7%
01.12.2017	83,6%	93,5%	101,5%	90,9%	91,0%	98,7%	101,2%	95,5%

Таким образом, на основании данных таблицы 1 и 3, наиболее достоверной в прогностическом плане моделью (среди моделей Подхода №1) является кубическая тренд-линия ($p < 0,05$). Именно она показала наиболее близкие результаты к реальным данным. В сравнении с другими трендами, кубический тренд дает наименьший разброс данных, создавая тем самым необходимый оптимальный минимальный прогностический диапазон. Как видно из таблиц 2 и 3, реальные данные о количестве ЛЖВ попадали в прогностические диапазоны по квадратичной, кубической и экспоненциальной моделям (согласно Подходу №2, $p < 0,05$). Однако оценка степени близости показало, что наиболее точными являются кубическая и квадратичная модели. Сравнивая два разных подхода, наиболее точным является Подход №2 (кубический тренд) по нескольким причинам: 1) степень близости по 2-ому подходу выше, что придает большую точность прогнозу; 2) кубический тренд создает наименьший оптимальный прогностический диапазон, составляющий всего несколько сотен единиц; 3) уравнения кубического тренда имеют наибольший коэффициент детерминации и, следовательно, наименьшую ошибку прогноза. Кубический тренд имеет 99% степень близости с графиком $f(\text{дата}; \text{ЛЖВ})$. Собственно уравнение можно представить в виде функции: $y(t) = K + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3 + f$, где K – свободный коэффициент, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты перед t , f – факторы влияющие на прогнозируемые величины.

Используя данные настоящего прогноза в фармакоэкономическом моделировании и методе «влияния на бюджет» можно получить более полную картину о финансовых затратах на антиретровирусную терапию ЛЖВ и «упущенные затраты» (сэкономленные средства). Перспективно применение в расчете уровня смертности от ВИЧ-инфекции. Зная примерные цифры о количестве ЛЖВ на будущие периоды, возможна корректировка программ, направленных на сдерживание эпидемии, с целью снижения вероятности исполнения прогноза в реальном времени.

Выводы: 1. На основании мониторинга данных статистики за 2006-2015 гг. выявлена закономерная тенденция роста заболеваемости ВИЧ-инфекцией в Республике Беларусь, описываемая кубическим трендом. 2. Для тренда характерен малый разброс данных, высокий процент достоверности по отношению к реальным данным. 3. Достоверность прогноза превалирует в «последовательном» подходе. Согласно «прямому» подходу количество ЛЖВ на начало 2018 г. составит 19522 ± 210 человек, а согласно «последовательному» подходу - 19420 ± 196 человек.

Литература.

1. Койчубеков, Б.К. Математические методы прогнозирования в медицине / Б.К. Койчубеков, М.А. Сорокина, К.Э. Мхитарян // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 29-36.

2. Ассоциация некоммерческих организаций по противодействию эпидемии ВИЧ/СПИДа «БелСеть антиСПИД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bel aids.net. – Дата доступа: 12.01.2018.

Репозиторий БГМУ