

ОЖИДАЕМАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ: МНОГОФАКТОРНЫЙ МЕЖСТРАНОВЫЙ АНАЛИЗ

Александр Юфа

На основе фактического материала найдены основные глобальные факторы, влияющие на ожидаемую продолжительность жизни. Выявлен объективный закон баланса рождаемости и продолжительности жизни. Показано, что высокая продолжительность жизни ассоциируется с низкими рождаемостью и смертностью, а также с высоким уровнем благосостояния населения.

Введение

Данная статья является продолжением демографического исследования [1], а также развитием работ автора [2-4] в области эмпирического многостранового анализа. В последних работах техника многофакторного статистического анализа (кластерный анализ, множественная корреляция и регрессия) была использована для определения оптимальной комбинации наиболее важных и легко измеряемых факторов, влияющих на величину валового продукта на душу населения [2], ожидаемой продолжительности жизни [3-4], а также её качества и уровня [4].

Целью данного исследования является:

- 1) выявление взаимосвязей между основными факторами, влияющими на ожидаемую продолжительность жизни;
- 2) построение уравнений множественной регрессии для продолжительности жизни, рождаемости и смертности в зависимости от основных влияющих факторов;
- 3) разработка практических рекомендаций по повышению продолжительности жизни в странах мира.

Методы исследования

Методической основой данной работы является многофакторный статистический анализ с использованием пакета программ *STATISTICA* [5], включая кластерный анализ, множественные корреляцию, линейную и нелинейную регрессию, а также статистический контроль качества с применением контрольных графиков. Достоверность уравнения регрессии оценивается с помощью средней ошибки аппроксимации и коэффициента детерминации, равного квадрату коэффициента простой или множественной корреляции.

В последнее время появились новые показатели, требующие специального разъяснения: экономическая свобода, индекс восприятия коррупции, индекс человеческого развития и индекс качества жизни. Экономическая свобода, характеризующая свободу рынка, торговли и предпринимательства, определяется с помощью специально разработанных экспертных систем в организациях Fraser Institute и Heritage Foundation. Индекс восприятия коррупции отражает силу антикоррупционной политики государства.

Индекс человеческого развития представляет собой корень кубический из произведения индексов продолжительности жизни, образования и дохода, которые вычисляются по специальным эмпирическим формулам. Индекс качества жизни определяется как линейная комбинация следующих 9 факторов (весовые коэффициенты указаны в скобках): 1) стоимость жизни (20%); 2) культура (10%); 3) экономика (15%); 4) окружающая среда (5%); 5) свобода (10%); 6) здоровье (10%); 7) инфраструктура (10%); 8) безопасность и риск (10%); 9) климат (10%).

В качестве расчётного выбран 2010 год. Основные исходные данные по сотням различных показателей для 192 стран мира взяты из Интернет-ресурсов, включая базы

данных Мирового Банка [6] и Центрального Разведывательного Управления [7]. Показатели экономической свободы по странам заимствованы из данных *Heritage Foundation* [8]. Значения индекса человеческого развития приняты по данным ООН [9]. Преимущество религии в странах мира указана в Википедии [10]. Индекс качества жизни в странах принят по данным организации *International Living* [11], а индекс восприятия коррупции – по данным *Transparency International* [12]. Вышеуказанные данные были загружены с интернета в *EXCEL*, где были обработаны и экспортированы в пакет *STATISTICA*, с помощью которого и были получены основные численные результаты.

Результаты исследования

Предварительный анализ позволил отобрать 19 основных факторов и критериев для детального исследования в данной работе, обозначения и средние значения которых для сгруппированных по религиям стран мира приведены в табл. 1. Следует отметить, что иудеи представлены одной страной (Израиль), христиане – 122 странами, буддисты – 16 странами, индуисты – двумя (Индия, Непал) и мусульмане – 48 странами.

Анализ табл. 1 показывает, что, судя по большинству критериев (последние 4 строки), имеет место такая последовательность качества и уровня жизни по религиям (в порядке убывания): 1) иудеи; 2) христиане; 3) буддисты; 4) мусульмане; 5) индуисты. Эта же последовательность сохраняется и для потребления энергии и электроэнергии, а также выбросов углекислого газа в атмосферу и санитарии. Индуисты превосходят мусульман по индексу человеческого развития (пятая строка снизу), индексу восприятия коррупции (шестая строка снизу) и экономической свободе (седьмая строка снизу), а также грамотности и обеспеченности водой (четвертая и пятая строки сверху). Несмотря на наиболее низкое потребление алкоголя и сигарет, мусульмане и индуисты имеют самую низкую продолжительность жизни, что связано с наиболее высокой рождаемостью. Самая высокая смертность наблюдается у христиан, а самая низкая – у иудеев. При той же рождаемости иудеи живут на 10 лет дольше христиан.

В табл. 2 приведена корреляционная матрица для 19 факторов, включённых в табл. 1, причём наиболее существенные значения коэффициентов парной корреляции, равные 0,7 и выше, выделены жирным шрифтом (за исключением диагональных элементов, равных 1). Анализ корреляционной матрицы позволил выделить группы родственных сильно закоррелированных факторов (энерго- и электропотребление вместе с выбросами углекислого газа в атмосферу) и критериев (валовой продукт, валовой продукт за жизнь, индекс человеческого развития, индекс качества жизни и уровень жизни). Во избежание мультиколлинеарности (множества сильно закоррелированных факторов) в последующих уравнениях регрессии должны присутствовать единственные представители подобных групп.

Основные результаты для продолжительности жизни, рождаемости и смертности, полученные с помощью пошагового регрессионного анализа, представлены в табл. 3. В итоговые уравнения множественной регрессии включены лишь статистически значимые факторы. Эти уравнения объясняют подавляющую часть вариации процессов: коэффициент детерминации находится в пределах от 47% до 88%.

Увеличению продолжительности жизни способствуют низкие рождаемость и смертность, а также высокий душевой валовой продукт. Снижению рождаемости способствуют увеличение грамотности, обеспеченности водой и санитарией. Снижению смертности способствуют низкая рождаемость, снижения употребления алкоголя и табака, а также полная иммунизация населения.

Анализ исходной корреляционной матрицы (табл. 2) позволил сократить число рассматриваемых факторов и критериев с 19 до 13, которые показаны на графике

корреляционной матрицы (рис. 1). Каждая строка этого матричного графика показывает зависимость стоящего в этой строке фактора (критерия) по оси ординат от остальных (по оси абсцисс), находящихся в столбцах указанной матрицы. Линии на индивидуальных графиках проведены по методу наименьших квадратов.

Наиболее интересные из этих графиков рассматриваются подробно далее в виде регрессионных контрольных графиков качества на рисунках 4 - 9.

На рис. 2 представлены гистограмма и контрольный график Шьюхарта для суммы продолжительности жизни и рождаемости. Это соответствует уравнению регрессии $Life = A - B * Birth$, где $B = 1 \text{ год/чел/1000 населения}$. Тогда их сумма $A = Life + Birth$ имеет нормальное распределение, а её значения для всех стран (за исключением Южной Африки) находятся внутри контрольных лимитов (плюс-минус три стандартных отклонения). Это позволяет предположить существование некоего объективного закона природы, ограничивающего продолжительность жизни с ростом рождаемости для обеспечения баланса размера популяции. Назовём его законом баланса продолжительности жизни и рождаемости.

Из рис. 3 следует, что этот закон имеет место на уже протяжении 50 лет, т.к. сумма $A = Life + Birth$ изменяется в узких пределах (от 90,6 до 95 при среднем значении 92,8), а её стандартное отклонение ещё более стабильно (от 5,5 до 7 при среднем значении 6,3). За 50 лет с 1960 по 2010 годы среднемировая продолжительность жизни увеличилась с 59 до 70 лет, а рождаемость упала с 39 до 21 чел/1000 населения.

На рис. 4 приведён линейный регрессионный контрольный график для продолжительности жизни в зависимости от рождаемости. Здесь, наряду с Южной Африкой, за пределами нижнего контрольного лимита оказались соседние с ней страны (Намибия, Свазиленд и Мозамбик), а находящаяся на границе этого лимита Ангола имеет самую низкую в мире продолжительность жизни (менее 40 лет!). Примечательно, что при одинаковой рождаемости (около 20) продолжительность жизни в Израиле более 80 лет по сравнению с менее 50 лет в Южной Африке. За пределами верхнего контрольного лимита оказалась только Иордания. Наибольшая продолжительность жизни ожидается в Макао (84 года).

На рис. 5 показан линейный регрессионный контрольный график для продолжительности жизни в зависимости от смертности. Линия регрессии разделяет страны мира на две группы: большая с более низкой продолжительностью жизни включает практически все мусульманские и африканские страны, а меньшая с более высокой продолжительностью жизни – Израиль, большинство христианских и буддистских стран. Самая высокая смертность наблюдается в Анголе, Мозамбике и Афганистане, а самая низкая – в странах Персидского залива и Иордании. Следует отметить, что в странах второй группы наиболее высокая смертность вместе с наиболее низкой продолжительностью жизни наблюдается в России и Украине.

На рис. 6 представлен квадратичный регрессионный контрольный график для смертности в зависимости от рождаемости. За пределами верхнего лимита оказались Южная Африка, Лесото, Свазиленд, Мозамбик и Ангола. Зона «оптимальной» (с точки зрения минимальной смертности) рождаемости составляет 15-25. Минимальная рождаемость наблюдается в Японии и Гонконге (ниже 8), самая высокая – в Нигере (более 50). Линия со стрелкой является геометрическим местом точек с одинаковыми рождаемостью и смертностью. Левее этой линии находится зона депопуляции (смертность превышает рождаемость), печальными лидерами в которой являются Украина, Россия и Беларусь. В этой же зоне находятся такие страны, как Япония, Италия, Литва и Дания. При той же низкой рождаемости (около 10) смертность в России и Украине в 4 раза выше, чем в Макао – стране рекордной продолжительности жизни.

На рис. 7 приведён линейный регрессионный контрольный график для смертности в зависимости от потребления алкоголя. За пределами верхнего лимита оказались Ангола, Мозамбик и Афганистан. Большинство мусульманских стран почти не употребляют алкоголь. При этом смертность в Афганистане в 6-9 раз выше, чем в странах Персидского залива. Среди наиболее пьющих стран Молдова, Чехия, Венгрия, Россия, Украина и Беларусь. При почти одинаковом потреблении алкоголя смертность в Южной Корее в 2,5 раза ниже, чем в России и Украине.

На рис. 8 показан квадратичный регрессионный контрольный график для смертности в зависимости от потребления сигарет. За пределами верхнего лимита оказались малокурящие страны с высокой смертностью: Ангола, Мозамбик и Южная Африка. Наиболее курящими странами являются Греция, Словения, Украина, Болгария, Македония и Россия. При практически одинаковом потреблении сигарет смертность в Македонии вдвое ниже, чем в России и Украине.

На рис. 9 представлен линейный регрессионный контрольный график для продолжительности жизни в зависимости от её качества. За пределами нижнего лимита оказались Мозамбик, Свазиленд, Южная Африка и Намибия. Самое высокое качество жизни в США, а самое низкое – в Сомали. При одинаковом индексе качества жизни (60%) её продолжительность в Макао 84 года, в Украине – 69, а в Южной Африке – всего 49 лет.

На рис. 10-12 приведены трёхмерные контурные географические графики для продолжительности жизни, рождаемости, смертности в зависимости от широты и долготы, а на рис. 13 – трёхмерный контурный график для продолжительности жизни в зависимости от рождаемости и смертности. Сглаживание производилось методом взвешенных наименьших квадратов.

Анализ графика на рис. 10 показывает, что наименьшая ожидаемая продолжительность жизни имеет место на юге Африки, а наибольшая – на северо-западе Европы и в Северной Америке (США и Канада), а также на юго-востоке (Новая Зеландия). Из графика на рис. 11 следует, что максимальная рождаемость имеет место в Африке в районе экватора и убывает по направлению к полюсам. География смертности (рис. 12) представляет собой седловидную поверхность с максимумами в Сибири и Южной Африке. Максимальная продолжительность жизни (рис. 13) наблюдается в странах Юго-Восточной Азии при рождаемости около 10 и смертности от 4 до 7 (Макао, Сингапур, Южная Корея, Тайвань).

Выводы

1. Установлен объективный закон баланса продолжительности жизни и рождаемости: их арифметическая сумма равна среднему значению выборки плюс-минус три стандартных отклонения и имеет нормальное распределение. Этот закон уже действует, как минимум, 50 лет с 1960 по 2010 годы.
2. Найдены основные факторы, влияющие на увеличение продолжительности жизни: низкие рождаемость и смертность, высокое благосостояние. Алкоголь и курение повышают смертность и снижают ожидаемую продолжительность жизни.
3. Снижению рождаемости в отсталых и развивающихся странах способствует повышение грамотности, обеспеченности водой и уровня санитарии.

Источники

1. Keyfitz, Nathan and Flieger, Wilhelm (1990). World Population Growth and Aging: Demographic Trends in the Late Twentieth Century. - Chicago: The University of Chicago Press. – 608 p.

2. Yufa, Alex. Multivariate Cross Country Analysis. – //Proceedings of the Business and Economics Section. Annual Meeting of the American Statistical Association, August 8-12, 1999, Baltimore, MD: 135-140.
3. Yufa, Aleksandr (2001). Life Expectancy: Multivariate Cross-Country Analysis (White Paper). – Holyoke, MA. – 12 p.
4. Юфа, Александр. Многофакторный анализ продолжительности, качества и уровня жизни в странах мира. – Бостон: Сб. MCRSS, Второе дыхание, 2010, 27: 85-96.
5. STATISTICA: Statsoft.
6. <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>
7. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
8. <http://www.heritage.org/Index/download>
9. <http://hdrstats.undp.org/en/indicators/49806.html>
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Religions_by_country
11. <http://internationalliving.com/2010/02/quality-of-life-2010/>
12. http://www.transparency.org/policy_research/surveys_indices/cpi/2010/results

Таблица 1. Основные факторы, обозначения и средние показатели по религиям и миру в целом

Факторы\Религия	Иудеи	Христиане	Буддисты	Индусты	Мусульмане	Мир в целом
LIFE - Продолжительность жизни, лет	80,86	70,22	73,24	66,41	57,48	67,55
BIRTH - Рождаемость, чел/1000 населения	19,51	19,34	11,64	21,30	23,45	18,62
DEATH - Смертность, чел/1000 населения	5,45	9,45	6,34	7,51	7,36	8,01
LITERACY - Грамотность, %	97,10	88,19	89,39	60,67	57,55	77,00
WATER - Обеспеченность водой, %	100,00	87,03	87,00	88,70	60,90	88,20
SANITATION - Санитария, %	100,00	79,85	75,37	51,80	58,66	69,40
IMMUNIZATION - Иммунизация, %	95,00	88,59	91,02	59,58	67,88	80,92
ALCOHOL - Потребление алкоголя, л/(чел.год)	2,89	9,19	6,13	2,54	3,20	5,77
CIGARETTES - Потребление сигарет, шт/(чел.год)	1 173	986	1 541	103	468	869
ENERGY - Потребление энергии, кг нефт. экв./(чел.год)	2 815	2 966	1 597	487	1 092	1 742
ELECTRICITY - Потребление электроэнергии, квтч/(чел.год)	6 379	4 539	3 068	481	1 106	2 674
CO2 - Выбросы углекислого газа, т/(чел.год)	10,46	6,67	4,31	1,21	2,72	4,22
FREEDOM - Экономическая свобода, %	67,70	60,85	52,36	53,72	45,07	54,88
ACI - Индекс восприятия коррупции (от 0 до 10)	6,10	4,41	3,89	3,37	2,50	3,66
HDI - Индекс человеческого развития (от 0 до 1)	0,872	0,69	0,66	0,52	0,44	0,61
GDP - Валовой продукт, \$(чел.год)	29 500	18 396	10 367	3 346	6 709	10 841
LIFEGDP = LIFE*GDP - Валовой продукт за жизнь, \$/чел	2 385 370	1 408 480	764 787	222 343	353 484	818 584
LQI - Индекс качества жизни, %	67,00	63,00	57,09	50,04	58,17	55,10
LIFELEVEL = LIFEGDP*LQI/100 - Уровень жизни, \$/чел	1 598 198	1 047 479	496 815	111 297	206 897	558 346

Таблица 2. Корреляционная матрица для основных факторов

Факторы	Energy	Electricity	Life	Birth	Death	Freedom	Literacy	Life GDP	GDP	ACI	LQI	HDI	LifeLevel	Alcohol	Cigarettes	Water	CO2	Sanitation	Immunization
Energy	1,00	0,94	0,44	-0,53	0,03	0,58	0,44	0,07	0,87	0,75	0,49	0,66	0,83	0,36	0,38	0,48	0,94	0,48	0,28
Electricity	0,94	1,00	0,48	-0,55	0,06	0,62	0,48	0,03	0,87	0,81	0,58	0,69	0,85	0,39	0,39	0,50	0,83	0,50	0,30
Life	0,44	0,48	1,00	-0,81	-0,60	0,61	0,60	-0,10	0,58	0,56	0,72	0,86	0,59	0,23	0,47	0,82	0,40	0,73	0,67
Birth	-0,53	-0,55	-0,81	1,00	0,15	-0,55	-0,74	0,10	-0,60	-0,55	-0,73	-0,86	-0,59	-0,56	-0,70	-0,86	-0,48	-0,76	-0,64
Death	0,03	0,06	-0,60	0,15	1,00	-0,20	-0,01	-0,01	-0,02	-0,05	-0,10	-0,23	-0,02	0,48	0,20	-0,34	-0,03	-0,20	-0,36
Freedom	0,58	0,62	0,61	-0,55	-0,20	1,00	0,43	-0,08	0,74	0,81	0,67	0,76	0,74	0,28	0,28	0,51	0,50	0,50	0,33
Literacy	0,44	0,48	0,60	-0,74	-0,01	0,43	1,00	-0,07	0,50	0,44	0,66	0,76	0,49	0,63	0,60	0,65	0,39	0,69	0,59
LifeGDP	0,07	0,03	-0,10	0,10	-0,01	-0,08	-0,07	1,00	0,00	0,01	-0,10	-0,13	0,00	-0,18	-0,10	-0,07	0,05	-0,03	0,14
GDP	0,87	0,87	0,58	-0,60	-0,02	0,74	0,50	0,00	1,00	0,89	0,67	0,78	0,98	0,38	0,38	0,54	0,75	0,56	0,28
ACI	0,75	0,81	0,56	-0,55	-0,05	0,81	0,44	0,01	0,89	1,00	0,68	0,72	0,90	0,32	0,27	0,52	0,61	0,47	0,27
LQI	0,49	0,58	0,72	-0,73	-0,10	0,67	0,66	-0,10	0,67	0,68	1,00	0,83	0,72	0,54	0,50	0,67	0,41	0,58	0,53
HDI	0,66	0,69	0,86	-0,86	-0,23	0,76	0,76	-0,13	0,78	0,72	0,83	1,00	0,77	0,51	0,60	0,81	0,61	0,79	0,59
LifeLevel	0,83	0,85	0,59	-0,59	-0,02	0,74	0,49	0,00	0,98	0,90	0,72	0,77	1,00	0,40	0,38	0,53	0,70	0,54	0,28
Alcohol	0,36	0,39	0,23	-0,56	0,48	0,28	0,63	-0,18	0,38	0,32	0,54	0,51	0,40	1,00	0,63	0,36	0,28	0,37	0,29
Cigarettes	0,38	0,39	0,47	-0,70	0,20	0,28	0,60	-0,10	0,38	0,27	0,50	0,60	0,38	0,63	1,00	0,58	0,39	0,59	0,42
Water	0,48	0,50	0,82	-0,86	-0,34	0,51	0,65	-0,07	0,54	0,52	0,67	0,81	0,53	0,36	0,58	1,00	0,47	0,78	0,67
CO2	0,94	0,83	0,40	-0,48	-0,03	0,50	0,39	0,05	0,75	0,61	0,41	0,61	0,70	0,28	0,39	0,47	1,00	0,47	0,28
Sanitation	0,48	0,50	0,73	-0,76	-0,20	0,50	0,69	-0,03	0,56	0,47	0,58	0,79	0,54	0,37	0,59	0,78	0,47	1,00	0,61
Immunization	0,28	0,30	0,67	-0,64	-0,36	0,33	0,59	0,14	0,28	0,27	0,53	0,59	0,28	0,29	0,42	0,67	0,28	0,61	1,00

Таблица 3. Уравнения множественной регрессии

Зависимая переменная	Параметры регрессии	Константа	Birth	Death	GDP	Literacy	Alcohol	Cigarettes	Water	Immunization	Sanitation	Стандартная ошибка	Коэффициент детерминации
Life	Коэффициент	86,2198	-0,7956									5,3960	0,7116
	Критерий Стьюдента	98,3636	-21,5038										
Life	Коэффициент	93,3884	-0,6682	-1,1542								3,6633	0,8671
	Критерий Стьюдента	121,6611	-25,1588	-14,7840									
Life	Коэффициент	91,1085	-0,6123	-1,1377	0,0000625							3,5127	0,8778
	Критерий Стьюдента	99,1747	-21,2590	-15,1756	4,1475								
Life	Коэффициент	67,3967	-0,6124		0,0000704		-0,3962		0,0904	0,1009		5,0059	0,7684
	Критерий Стьюдента	13,8783	-9,1122		2,6821		-3,8864		2,2445	2,8489			
Birth	Коэффициент	63,2941				-0,1416			-0,2034		-0,1662	5,0142	0,7980
	Критерий Стьюдента	31,8907				-4,6511			-5,8996		-6,3432		
Death	Коэффициент	5,0443	0,2115				0,5243	0,00103		-0,0606		2,6409	0,4680
	Критерий Стьюдента	1,6201	4,8533				8,1045	2,0395		-2,2326			



Рис. 1.

Закон баланса суммы продолжительности жизни и рождаемости



Рис. 2

Динамика изменения среднемировой продолжительности жизни, рождаемости, их суммы и её стандартного отклонения за 50 лет с 1960 до 2010 года

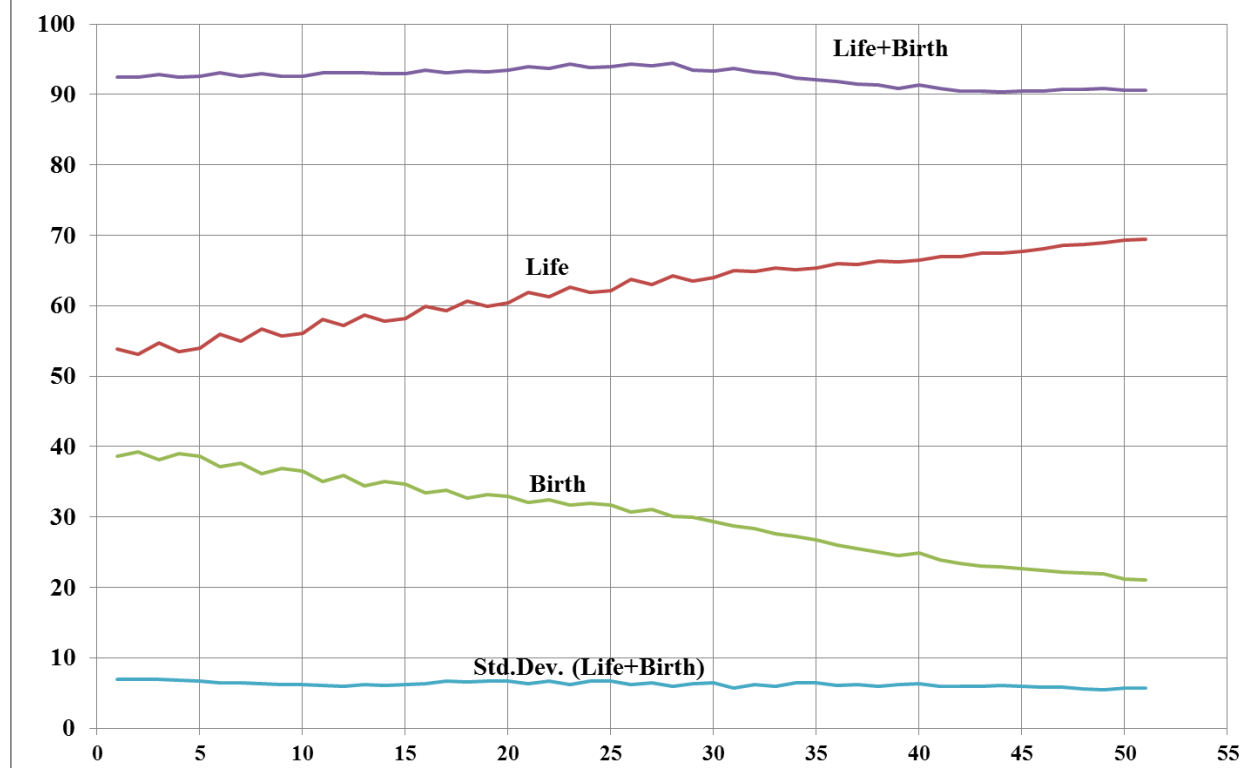


Рис. 3

Продолжительность жизни в зависимости от рождаемости

$$Life = 86,2198 - 0,7956 * Birth$$

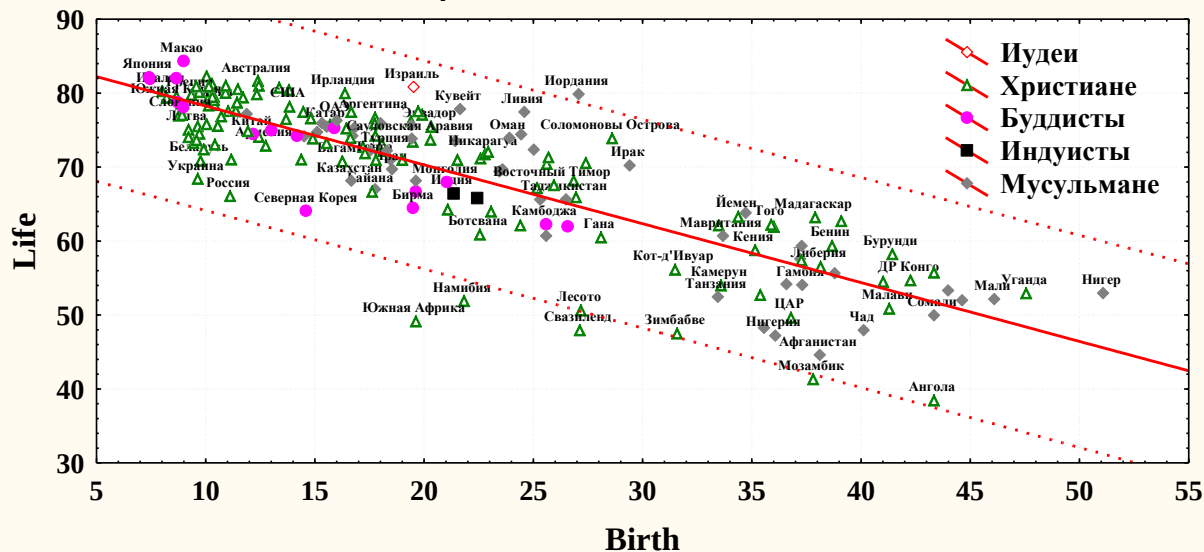


Рис. 4

Зависимость продолжительности жизни от смертности

$$Life = 84,6963 - 1,792 * Death$$

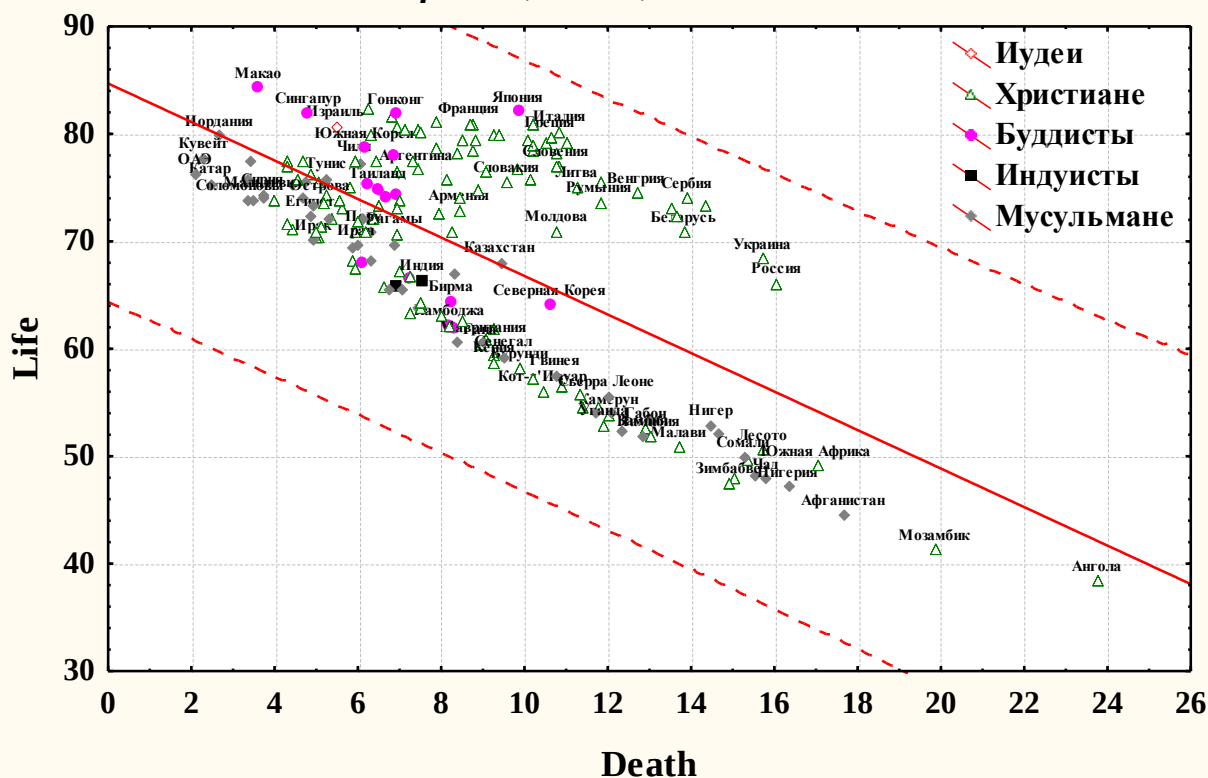


Рис. 5

Зависимость смертности от рождаемости

$$Death = 14,613 - 0,7254 * Birth + 0,0166 * Birth^2$$

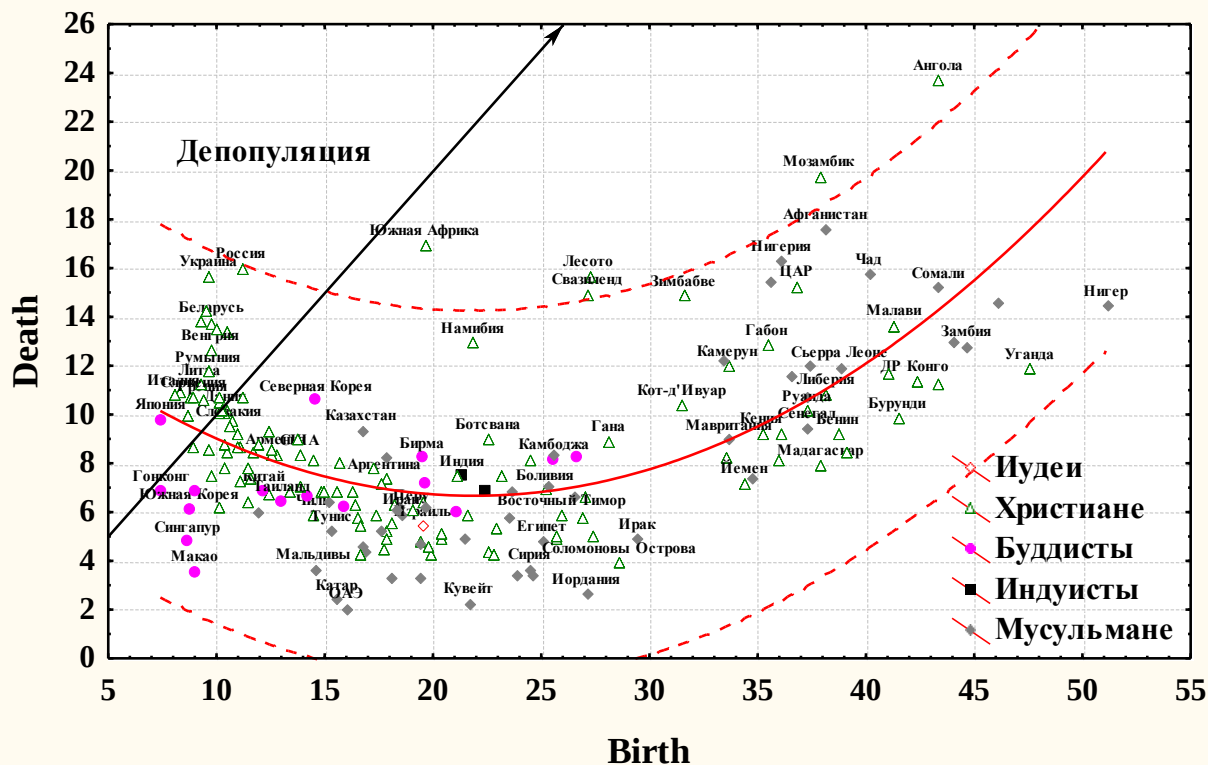


Рис. 6

Зависимость смертности от потребления алкоголя

$$Death = 7,0047 + 0,2465 * Alcohol$$

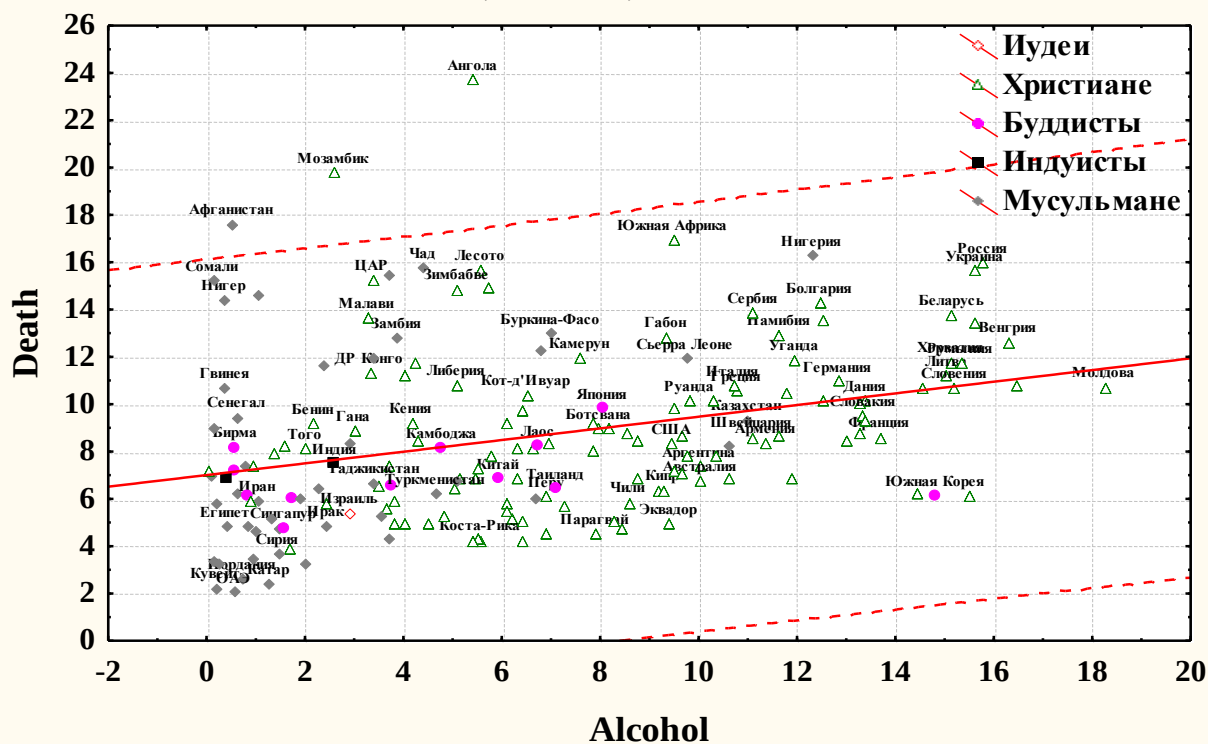


Рис. 7

Зависимость смертности от курения

$$Death = 9,6452 - 0,0048 * Cigarettes + 2,3767 * 10^{-6} * Cigarettes^2$$

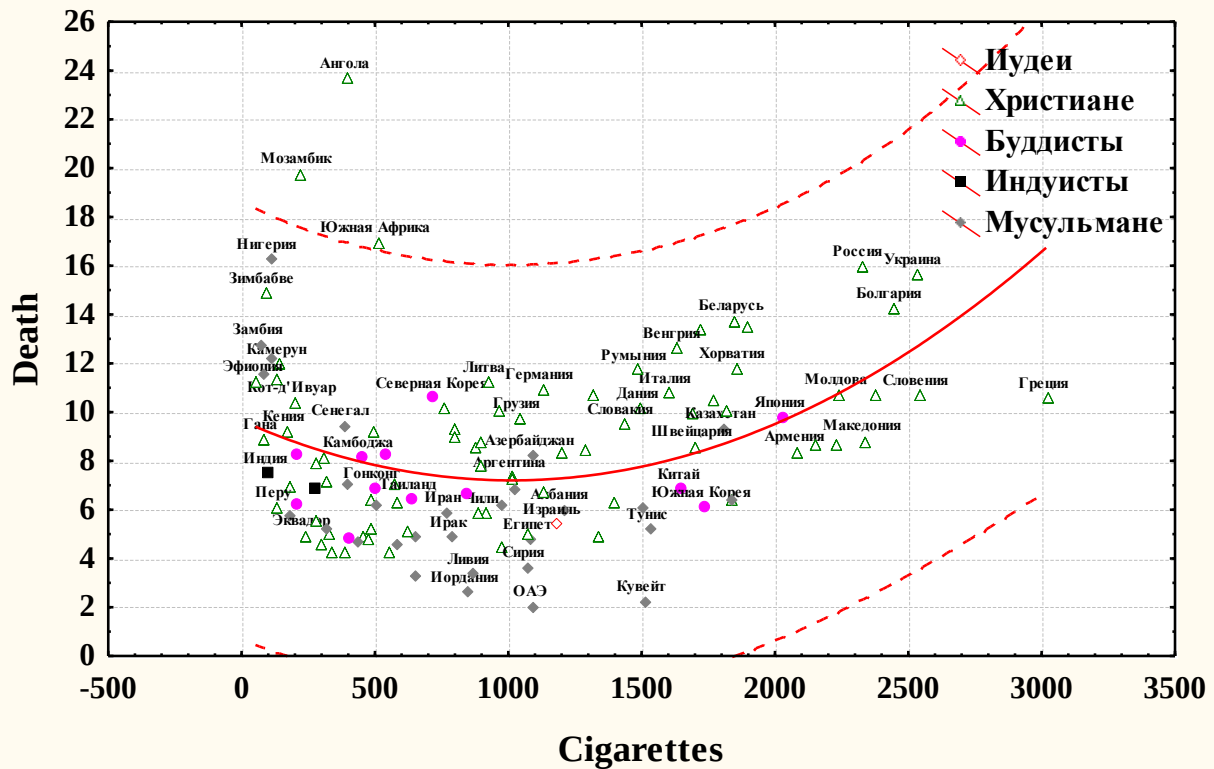


Рис. 8

Зависимость продолжительности жизни от её качества

$$Life = 28,6248 + 0,7123 * LQI$$

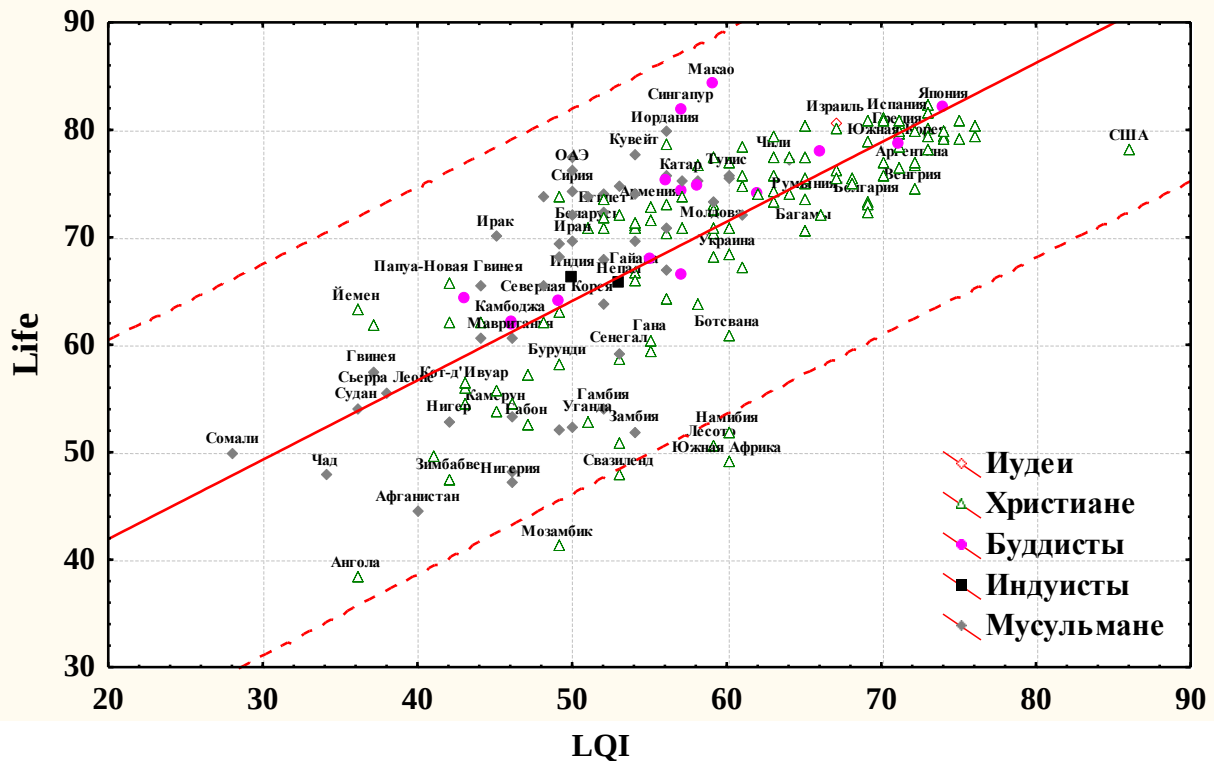


Рис. 9

Трёхмерный контурный географический график для ожидаемой продолжительности жизни

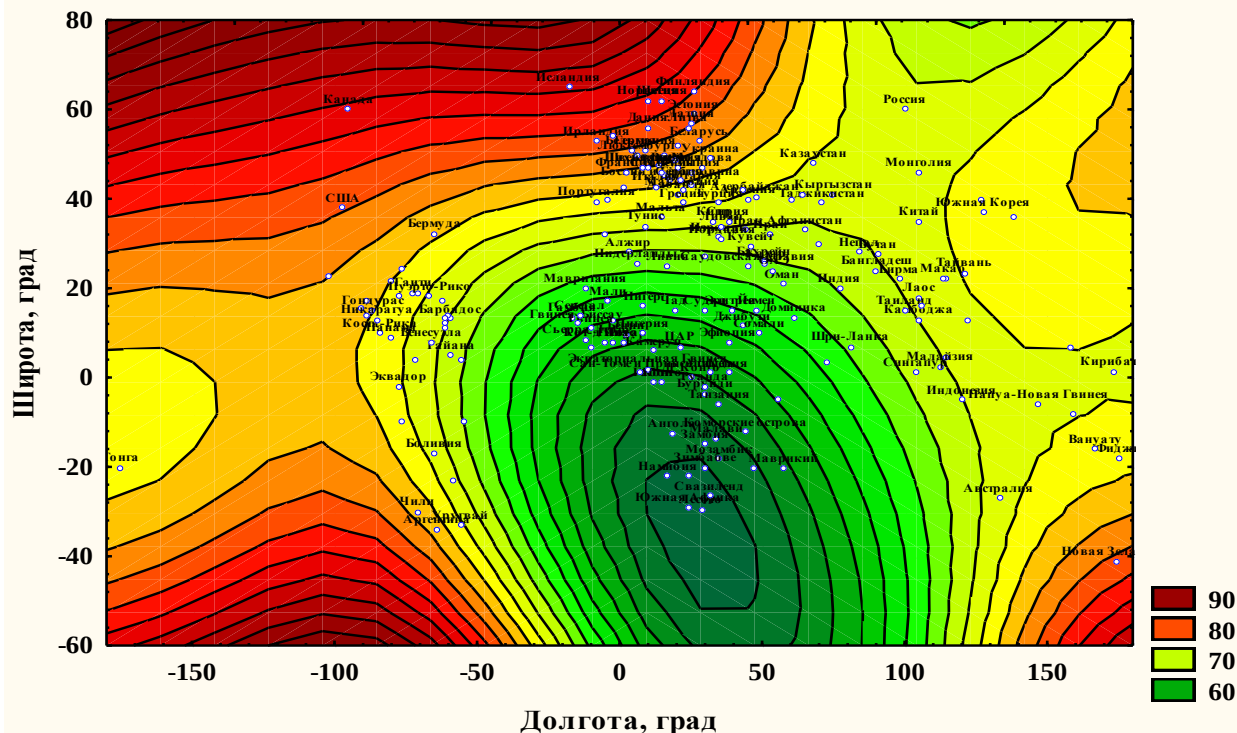


Рис. 10

Трёхмерный контурный географический график для рождаемости

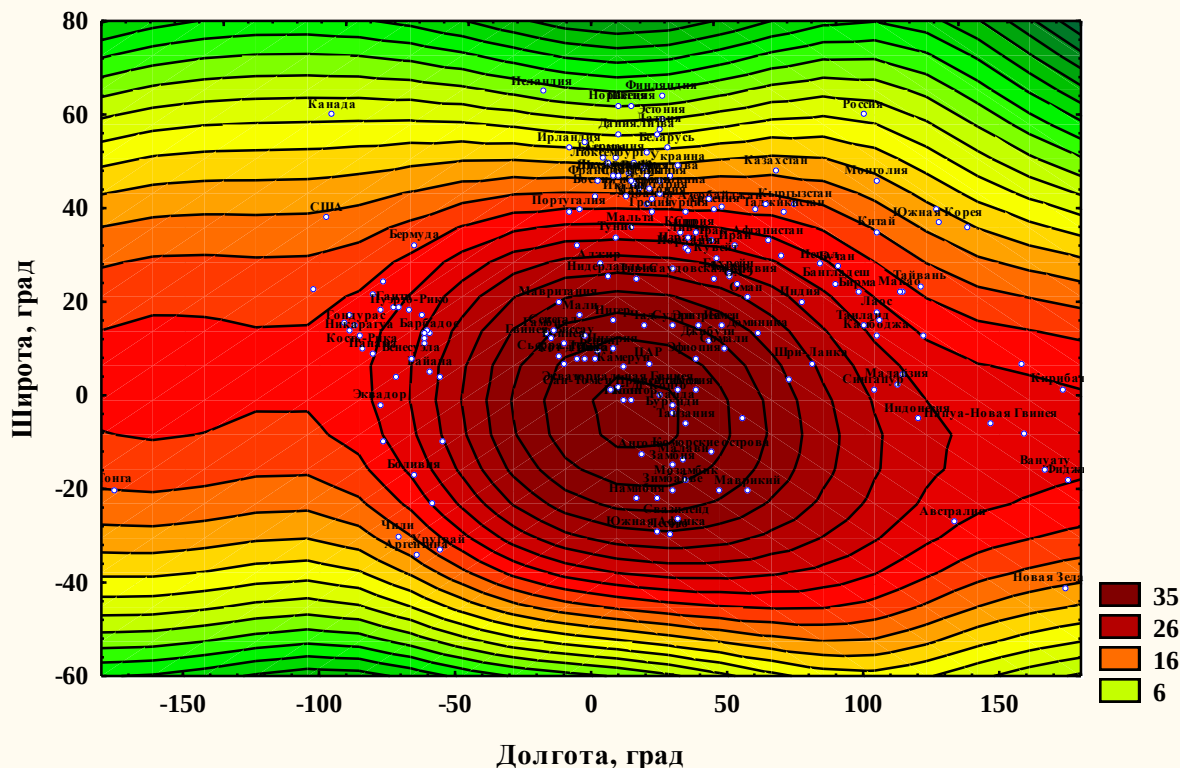


Рис. 11

Трёхмерный контурный географический график для смертности

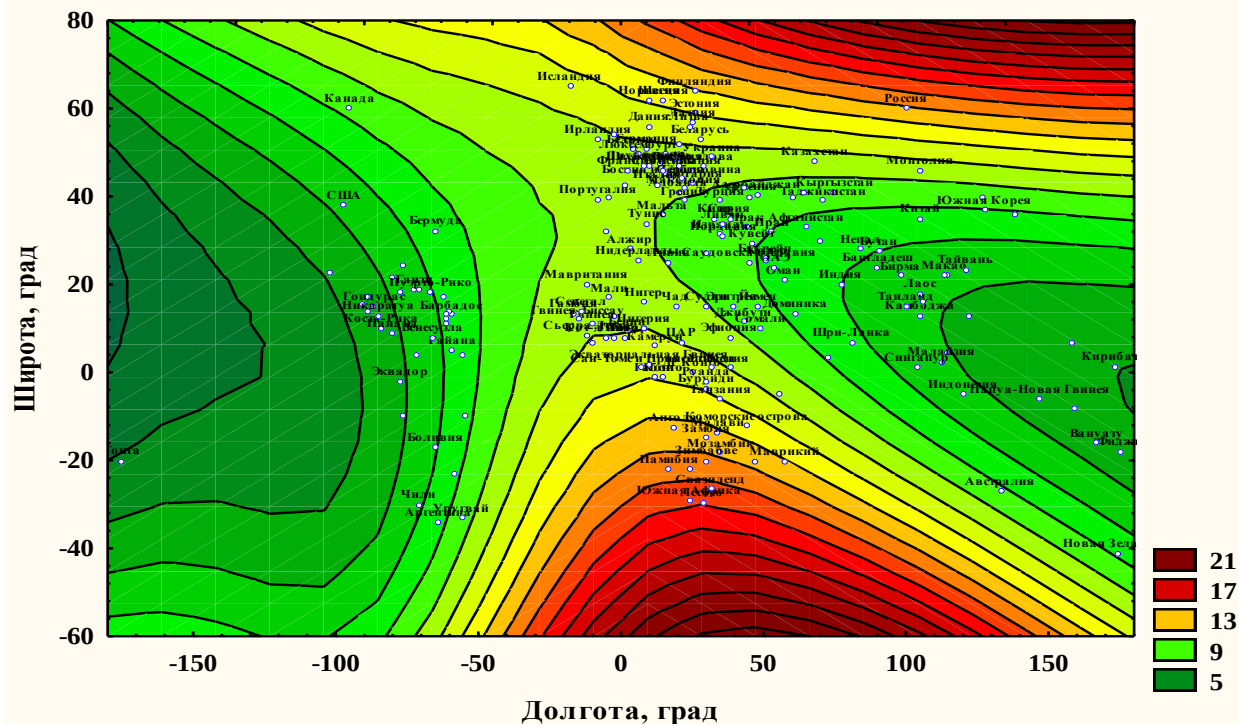


Рис. 12

Трёхмерный контурный график для продолжительности жизни в зависимости от рождаемости и смертности

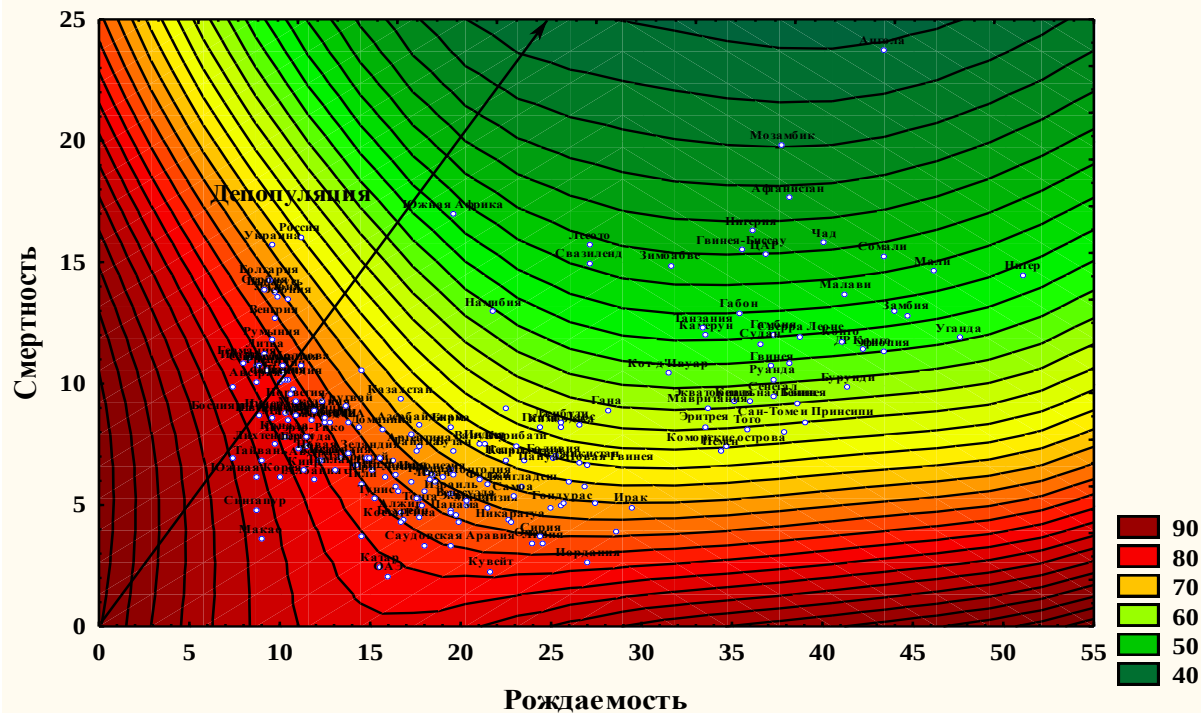


Рис. 13