



ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК 316

О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

© 2008. Светлосанов В.А., Кудин В.Н., Куликов А.Н.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт географии РАН

Рассмотрена проблема устойчивого развития на региональном уровне. Изменение численности населения предложено принять за интегральную характеристику (критерий) устойчивого развития региона. Предложена методика построения математической модели регионального уровня для Кировско-Апатитского района. Сделан вывод, что, начиная с 1990 года по настоящее время, имеется неустойчивое развитие региона. Сделаны сценарии развития региона с переводом его в состояние, соответствующее понятию «устойчивое развитие».

The problem of regional sustainable development is considered. The number of population for integral description (criterion) of regional sustainable development is accepted. The method of construction of the mathematical regional model for Kirovsk-Apatity region is suggested. The conclusion on regional unsustainable development beginning on 1990 year till now is done. The scenario of regional development to the condition of sustainable development is model demonstrated.

В последние годы много говорится об «устойчивом развитии», проводятся многочисленные научные конференции как на российском, так и на международном уровнях, написано и опубликовано много статей, книг и учебников. Казалось бы, все знают, что такое «устойчивое развитие».

По этому поводу хотелось бы сказать следующее. Все, начиная со школьников, знают, что такое «энергия». Если школьник не ответит на этот вопрос, он может не получить аттестат зрелости по окончании школы. Тем не менее, в знаменитых «Фейнмановских лекциях по физике» автор (Р. Фейнман, лауреат Нобелевской премии по физике) писал: «Важно понимать, что физике сегодняшнего дня неизвестно, что такое энергия. Существует факт или закон, который управляет всеми явлениями природы. Название его – закон сохранения. Этот закон утверждает, что существует некоторая величина, называемая энергией, которая не меняется ни при каких превращениях, которые происходят в природе».

Аналогичную ситуацию мы имеем в проблеме «устойчивое развитие». Все говорят об устойчивом развитии, но каждый вкладывает свой сокровенный смысл в этот термин. Попробуем проанализировать понятие «устойчивое развитие».

Термин «устойчивое развитие» получил широкое распространение после публикации доклада, подготовленного для ООН в 1987 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию, возглавляемой бывшим премьер-министром Норвегии г-й Брунтланд [2]. Этой комиссией был введен термин «sustainable development».

Все страны, входящие в ООН (около двух сотен государств), руководствуясь рекомендацией этой Международной организации, начали разработку своих национальных концепций, планов, программ, стратегий вхождения в XXI век. Принятый Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) в 1992 г. в Рио-де-Жанейро документ, содержащий программу нового поступательного движения цивилизации, был назван «Повестка дня на XXI век». Создаваемые наци-



ональные «Повестки дня на XXI век» для каждой конкретной страны взяли за основу идеи, заложенные в документе ООН.

На ЮНСЕД широко использовалось следующее определение: «Устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности».

По рекомендации ЮНСЕД предлагалось правительству каждой страны утвердить свою национальную стратегию устойчивого развития.

В России создается «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», где под устойчивым развитием подразумевается «стабильное социально-экономическое развитие, не разрушающее своей природной основы». В концепции Российской Федерации понятие «устойчивое развитие» раскрывается следующим образом: «Улучшение качества жизни людей должно обеспечиваться в тех пределах хозяйственной емкости биосферы, превышение которых приводит к разрушению естественного биотического механизма регуляции окружающей среды и ее глобальным изменениям». Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию в первую очередь подразумевает развитие концепции устойчивого развития на уровне регионов.

Рассмотрим проблему устойчивого развития на региональном уровне.

Общая формулировка проблемы.

Дано:

имеется произвольный регион (аграрно-промышленный), развивающийся в пространстве и во времени. Развитие любого региона происходит под действием внешних и внутренних сил. К внешним силам в первую очередь могут быть отнесены потребности в разработке минеральных запасов региона. К внутренним силам следует отнести наличие природных ресурсов, возможности использования современной техники и наличие рабочей силы, перспективы размещения производства и населения, состояния окружающей среды, физико-географические, геоморфологические, климатические и почвенные характеристики. Наличие природных (невозобновляемых) ресурсов в регионе приводит к интенсивному антропогенному воздействию. Если в пределах региона имеется привлекательная для туристов территория, то развивается рекреационная деятельность. Для получения продуктов питания часть территории региона используется под сельское хозяйство. Движущиеся силы, способствующие развитию региона в целом, вводят в действие другие силы, в частности, приводящие к негативным для человека последствиям. Практически всегда происходит загрязнение окружающей человека среды. Чем интенсивнее движущиеся силы, тем более могут быть отрицательны их последствия. Смягчение этих последствий возможно за счет выделения средств на их нейтрализацию. Загрязнение окружающей среды влияет на здоровье населения – увеличивается количество заболеваний, возрастает смертность.

Требуется:

- 1) сформулировать критерии «устойчивого развития» региона;
- 2) сформулировать математическую модель региона;
- 3) выбрать конкретный регион для проведения исследований;
- 4) провести исследования и сделать оценку «устойчивого развития» выбранного региона.

Попробуем сформулировать критерии «устойчивого развития» региона [3, 5, 6].

С кибернетической точки зрения любой регион представляет собой динамическую систему, компоненты которой, связанные между собой функциональными зависимостями, развиваются в пространстве и во времени. При этом практически всегда существует определенное управление со стороны человека данным регионом. Отметим, что в любой динамической системе объективно существуют некоторые ограничения, превышение которых ведет к нежелательным процессам внутри нее.

Прежде всего, попытаемся разобраться, как понимать «устойчивое развитие региона» и какие динамические компоненты региона ответственны за его устойчивое развитие. Будем считать, что регион развивается устойчиво, если некие заданные региональные параметры находятся в определенных пределах. В общем случае критерии для оценки «устойчивого развития региона» должны рассматривать такие параметры как:



1) индикаторы социальных аспектов устойчивого развития (которые должны, в частности, включать среднюю заработную плату по региону не ниже прожиточного уровня по России в целом, среднюю продолжительность жизни населения региона не ниже соответствующих параметров по России в целом);

2) индикаторы экономических аспектов устойчивого развития;

3) индикаторы экологических аспектов устойчивого развития, включающие характеристику природных ресурсов (вод, почв, атмосферы и других), а также отходов производства;

4) индикаторы институциональных аспектов устойчивого развития (программирование и планирование политики, научные разработки, международные правовые инструменты, информационное обеспечение, усиление роли основных групп населения).

Однако конкретных разработок по численному значению индикаторов по регионам в настоящее время нет и, видимо, они не скоро появятся. Потребности же в оценке устойчивого развития региона остаются. Поэтому предложена следующая оценка «устойчивого развития региона».

Любая система будет иметь «устойчивое развитие», если ее главные характеристики будут находиться в соответствующих пределах. Приведем пример. Человеческий организм – это очень сложная кибернетическая система. Если человек здоров, то он находится в состоянии «устойчивого развития». Иногда человек может проверить свое «устойчивое развитие», измерив градусником температуру тела и измерив артериальное давление. Если температура тела и давление отклонились от нормы, имеет смысл обратиться к врачу и сделать соответствующие дополнительные анализы.

Хотелось бы иметь такую интегральную характеристику для оценки устойчивого развития региона.

В реальности, устойчивое развитие региона во многом определяется либо наличием и разработкой имеющихся природных ресурсов, либо дотациями со стороны вышестоящих систем. Пока у региона есть природные ресурсы, и они разрабатываются, население региона имеет работу, материально обеспечено и способно заботиться о своем здоровье и здоровье семьи, учебе своих детей, повышении качества уровня своей жизни и пр. Отрицательным последствием разработки природных ресурсов является загрязнение окружающей среды. Если загрязнение окружающей среды не является катастрофическим, эмиграции населения не будет. Если же начинается сильное уменьшение численности населения региона, то это «первый звонок», который извещает о том, что ситуация в регионе не нормальная, и регион переходит или уже перешел в состояние «неустойчивого развития». Поэтому изменения численности населения предложено принять за интегральную характеристику устойчивого развития региона. Если наблюдается рост численности населения, а в дальнейшем ее стабилизация, то мы имеем дело с устойчивым развитием региона.

Если регион развивается устойчиво, а это реально означает, что у региона есть природные (возобновимые или невозобновимые) ресурсы, и они разрабатываются или регион обладает какими-либо высокими технологиями, то, несмотря на загрязнение окружающей среды, в первую очередь, плавно растет численность населения, достигая своего предельного для данного региона значения.

Классическим примером «устойчивого развития» является логистическая кривая, являющаяся решением уравнения Ферхюльста (рис. 1).

$$\frac{dN}{dt} = A \cdot N - B \cdot N^2 \quad (1)$$

Здесь N – численность населения (популяции), коэффициент A включает средние показатели рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции. Коэффициент B характеризует внутреннюю конкуренцию. Уравнение Ферхюльста решается при начальных условиях: при $t = 0$ численность населения равна N_0 .

Идея Ферхюльста заключалась в наложении на экспоненциальный рост некоторого фактора, характеризующего замедление процесса роста и увеличивающегося с ростом численности.

Решением уравнения Ферхюльста является логистическая кривая, представленная на рис. 1.

Процесс, описываемый логистической кривой, бесконечен (так составлены уравнения). Кривая стремится к своему предельному значению, равному $N_1 = A/B$. Такое стремление к некой пре-



дельной величине и характеризует устойчивое развитие. Следует отметить, что поведение логистической кривой является устойчивой согласно критериям Ляпунова. Это означает, что любое отклонение от логистической кривой в какой-то момент времени не будет влиять на конечный результат. Кривая попрежнему будет стремиться к своему предельному значению, равному $N_1 = A/B$.

Однако при истощении природных ресурсов кривая численности населения может пойти вниз. Вопрос в том, в какой момент следует считать, что региональная система находится в фазе «устойчивого развития» и когда региональная система должна рассматриваться как система, вступившая в фазу «неустойчивого развития» (т.е., надо выделить коридор для численности населения, находясь в котором система будет иметь устойчивое развитие).

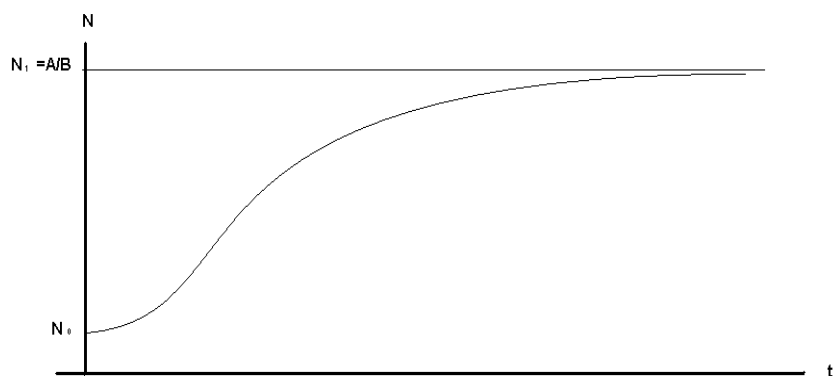


Рис. 1. Изменение во времени численности населения (популяции) на основе решения уравнения Ферхюльста

К динамическим компонентам региона следует отнести численность населения, ресурсы, состояние окружающей среды, распределение площадей региона.

Для решения проблемы надо создать математическую модель, описывающую динамические процессы в регионе. Любая модель – это упрощение реальной действительности.

Была предложена блок-схема математической модели [4], условно состоящая из шести взаимосвязанных блоков:

- 1) «население»;
- 2) «разработка минеральных ресурсов»;
- 3) «качество окружающей среды»;
- 4) «географическое пространство»;
- 5) «капиталовложения»;
- 6) «производство и импорт продуктов питания».





К предложенной блок-схеме была сформирована информационная база, необходимая для построения математической модели.

Информационная база модели.

Для обеспечения реалистичности результатов моделирования требуется большая и разносторонняя информация. Можно заранее сказать, что для определения многих показателей потребуются выполнить специальные исследования, а некоторые из показателей на первых этапах моделирования придётся задавать «волевым» образом. По мере ее уточнения исходная информация будет вводиться в модель, хранящуюся в памяти ЭВМ, и результаты повторного моделирования будут все более точно отражать взаимодействия в региональной системе. В принципе процесс подпитки модели все более точной входной информацией целесообразно сделать непрерывным.

Был обработан полученный статистический материал и создан банк статистических данных развития Кировско-Апатитского района.

Составление и обсуждение уравнений математической модели. Из указанных выше шести блоков математической модели к настоящему моменту времени промоделированы три: «население», «разработка природных ресурсов» и «качество окружающей среды» [1]. Этих 3-х блоков достаточно для оценки «устойчивого развития региона» по предложенному выше критерию. Рассмотрим более подробно составление уравнений для указанных трех блоков.

Численность населения представляет собой динамическую переменную величину, значение которой в определенный момент времени t зависит от численности населения в предыдущий момент времени $(t - \Delta t)$, плюс население, которое родится, минус население, естественным образом убывающее за рассматриваемый промежуток времени.

В общем случае должна быть учтена миграция населения (в модели миграция населения определена коэффициентом $c1$). Было выдвинуто предположение, что наличие природных ресурсов в целом способствует увеличению численности населения. Конкретное уравнение изменения во времени численности населения выглядит следующим образом:

$$\frac{dP}{dt} = c1 \cdot (B1 - D1) \cdot P + k2 \cdot \Delta R - k3 \cdot Z, \quad (2)$$

где $B1$ и $D1$ – коэффициенты средней рождаемости и смертности, P – численность населения в момент t . $\Delta R = (R_0 - R)$ – наличие минеральных ресурсов в момент времени t , R_0 – разведанные запасы минеральных ресурсов, R – извлеченные ресурсы на текущий момент времени, $c1, k2, k3$ – соответствующие размерные нормировочные коэффициенты, Z – загрязненность окружающей среды.

Значения коэффициентов рождаемости $B1$ и смертности $D1$ брались из статистического материала: $B1 = 28$, $D1 = 7$.

Известно, что природные минеральные ресурсы с течением времени истощаются. Для математического описания данного процесса были допущены следующие гипотезы. Считалось, что скорость изменения во времени (добыча) ресурсов зависит от их наличия, а также от способов добычи. При этом предполагалось, что способ добычи определяется уровнем развития технологии, а последний зависит от количества средств, вкладываемых в развитие индустрии.

В модели было сделано предположение, что разработка природного ресурса (его добыча) тем выше, чем его больше в наличии и чем больше людей, проживающих в регионе:

$$\frac{dR}{dt} = k4 \cdot \frac{1}{P_0} \cdot (R_0 - R) \cdot P \quad (3)$$

Здесь $k4$ – комплексный коэффициент, интегрально отражающий целый ряд факторов, влияющих на разработку природных ресурсов: трудовые ресурсы данной индустрии, глубину залегания природного ресурса, наличие горнодобывающей техники, производительность труда и др. P_0 – реальная численность населения в начальный расчетный момент времени (в модели начало расчета велось с 1970 г.).



При составлении уравнения, характеризующего общее загрязнение окружающей среды, были сделаны следующие предположения. Считалось, что уровень загрязнения зависит от разработки природных ресурсов (чем больше добыча ресурсов при соответствующей технологии, тем больше загрязнение окружающей среды), а также от общей численности населения. Способность окружающей среды к самоочищению определялась членом $\frac{Z}{T}$ уравнения, в который входило среднее время (T) полураспада концентрации загрязнения, т.е. период, когда уровень загрязнения уменьшается в 2,7 раза. Уравнение, описывающее уровень концентрации загрязнения, выглядит следующим образом:

$$\frac{dZ}{dt} = k_5 \cdot R + k_6 \cdot P - k_7 \cdot \frac{Z}{T}, \quad (4)$$

где k_5 и k_6 k_7 – соответствующие размерные нормировочные коэффициенты.

Для решения задачи были заданы начальные условия. В силу имеющихся статистических данных за начальное время отсчета был принят 1970 г.

Пользуясь данной упрощенной математической моделью, можно проигрывать различные сценарии и анализировать различные варианты. Что будет с регионом в результате быстрой разработки имеющихся природных ресурсов? Каково будет состояние окружающей среды через заданный промежуток времени? Как будет изменяться во времени численность населения?

На основе модели возможно разыграть варианты долгосрочного развития региона с целью выявления «узких мест» и способов их устранения.

По составленной модели с учетом имеющегося в наличии статистического материала были сделаны некоторые количественные сценарные расчеты изменения во времени численности населения, добычи природных ресурсов и общего загрязнения окружающей среды.

Сформулированная выше общая постановка проблемы была применена к Кировско-Апатитскому району Мурманской области. Данный район богат природными ресурсами, особенно минеральными. Он длительное время подвергается сильному антропогенному и техногенному воздействию. Одно из крупнейших в мире предприятий производственное объединение (п/о) «Апатит» осуществляет добычу и обогащение фосфорсодержащих руд, находящихся в недрах Хибин. Популярны в нашей стране также рекреационные ресурсы Кировско-Апатитского района (горнолыжный спорт). И приезжим, и местным жителям хорошо известны проблемы, возникающие в Хибинах в связи с интенсивным антропогенным воздействием. Так, в озере Большой Вудъявр уже длительное время вода непригодна не только для питья, но и для купания. Большой водоем, который мог бы быть гордостью Кирова, практически мертв. Воздушный бассейн Кировско-Апатитского района также подвергается сильнейшему воздействию как со стороны предприятий п/о «Апатит», так и со стороны хвостохранилищ, куда переносится добываемая из недр и не используемая в дальнейшем порода. Будучи незакрепленной, она становится источником загрязнения, повышая химическую загрязненность воздуха Кировско-Апатитского района.

Постоянные коэффициенты модели, описанной уравнениями (2-4), означают, что структура модели не меняется с течением времени, что не соответствует реальности. На рис. 2 видно расхождение модельных и реальных данных в интервале времени 1970-2002 гг. Такие расхождения модельных и реальных данных говорят о том, что в системе произошли структурные перестройки, которые не учтены в модели. Было предложено сделать учет структурных перестроек системы следующим образом. Временной интервал (1960-2002 гг.), на котором рассматривался динамический процесс изменения численности населения, был разбит на 4 части. Сначала проводилось интегрирование уравнений (1-3) в первом интервале (1960-1976 гг.). Далее интегрировались уравнения в интервалах: 1976-1987, 1987-1990, 1990-2002 гг. При этом менялся коэффициент уравнения c_1 , который, в частности, включал миграцию населения. Все полученные решения в дальнейшем «сшивались». Результаты расчета представлены на рис. 3-5.



Описанные выше уравнения (2-4) были проинтегрированы, а результаты представлены на рис. 2-6. Результаты расчета дали хорошее совпадение реальных и модельных данных по моделированию численности населения КАР по годам 1960-2001 гг.

Проанализируем имеющиеся графики с точки зрения «устойчивое развитие региона».

В интервале 1960-1990 гг. согласно предложенной методике оценки можно считать, что было «устойчивое развитие региона». Кривая численности населения поднималась, стремясь к своему предельному значению. Начиная с 1990 г. по настоящее время (кривая численности населения довольно резко опустилась вниз), имеется неустойчивое развитие региона. Сделанные модельные сценарные варианты на будущее (до 2050 г.) (рис. 6) показали, что при сохранении параметров системы неустойчивое развитие региона будет усугубляться.

Учитывая, что «sustainable development» – это поддерживаемое развитие, были сделаны сценарии развития региона (путем изменения коэффициента c_1 с переводом его в состояние, соответствующее понятию «устойчивое развитие»). Один из вариантов развития региона представлен на рис. 7.

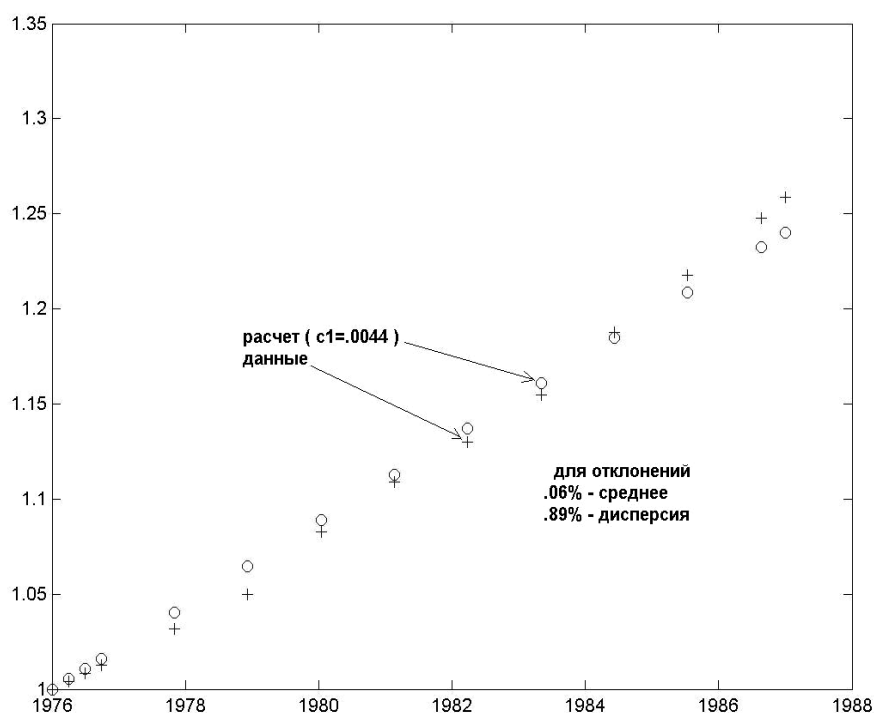


Рис. 2. Изменение во времени численности населения Кировско-Апатитского района с постоянными коэффициентами уравнений (2-4)

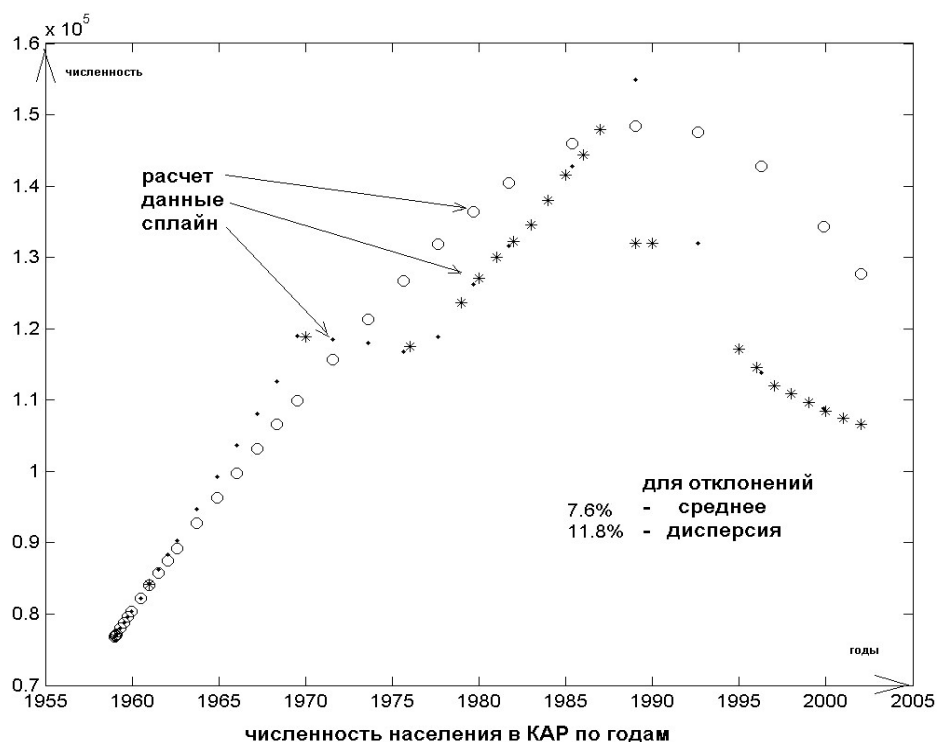


Рис. 3. Изменение во времени (1976-1988 гг.) численности населения Кировско-Апатитского района с измененным коэффициентом c_1 ($c_1 = 0,0044$) уравнений (1-3)

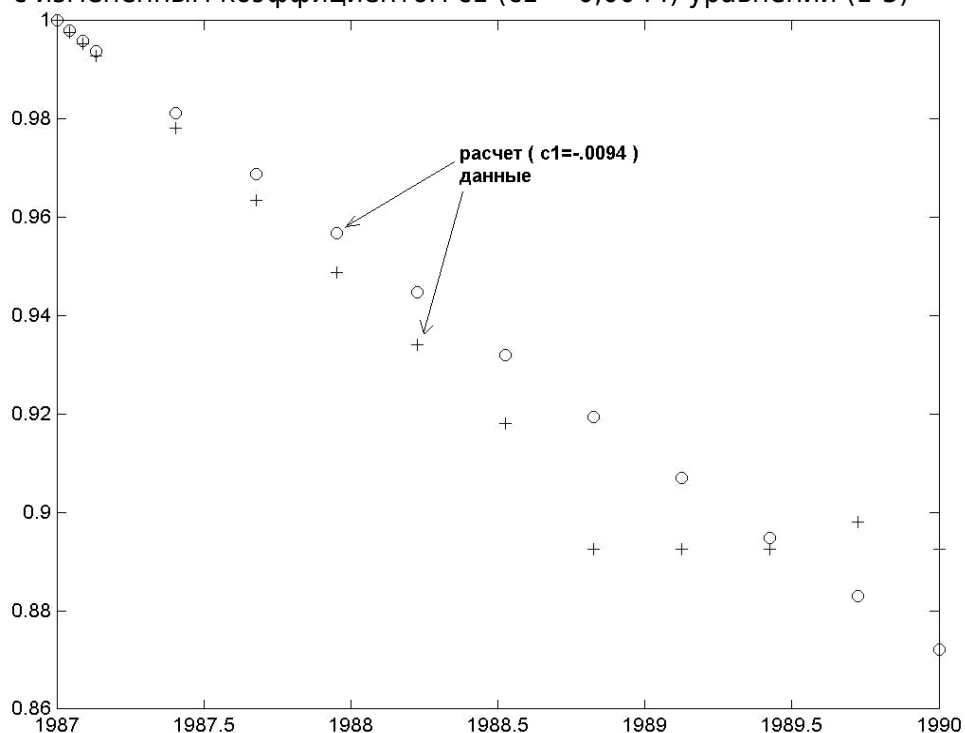


Рис. 4 . Изменение во времени (1987-1990 гг.) численности населения Кировско-Апатитского района



с измененным коэффициентом c_1 ($c_1 = -0,0094$) уравнений (1-3)

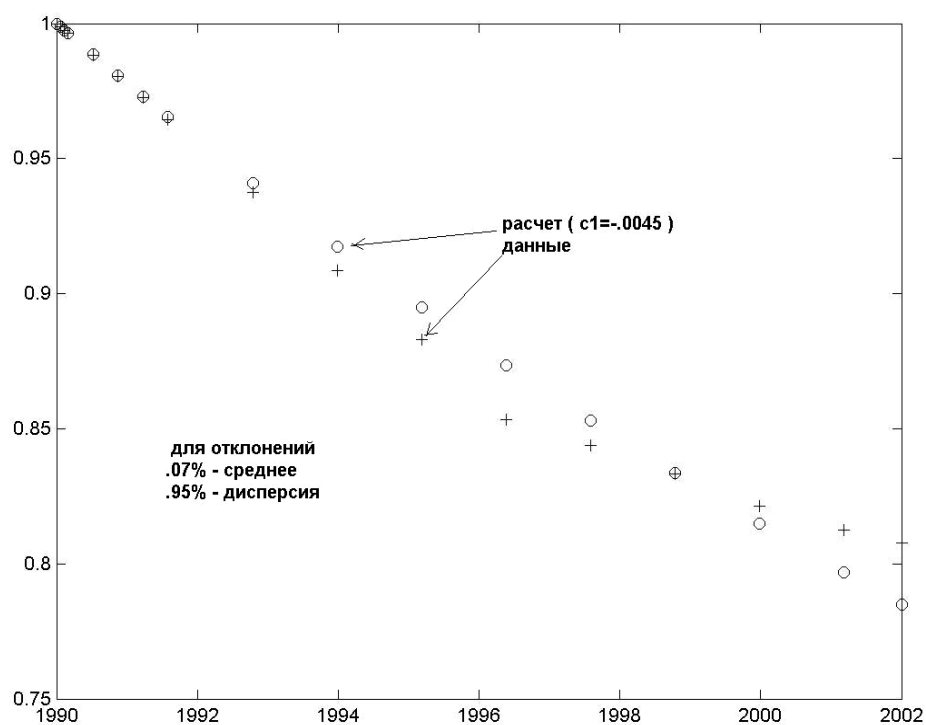


Рис. 5. Изменение во времени (1990-2002 гг.) численности населения Кировско-Апатитского района
с измененным коэффициентом c_1 ($c_1 = -0,0045$) уравнений (1-3)

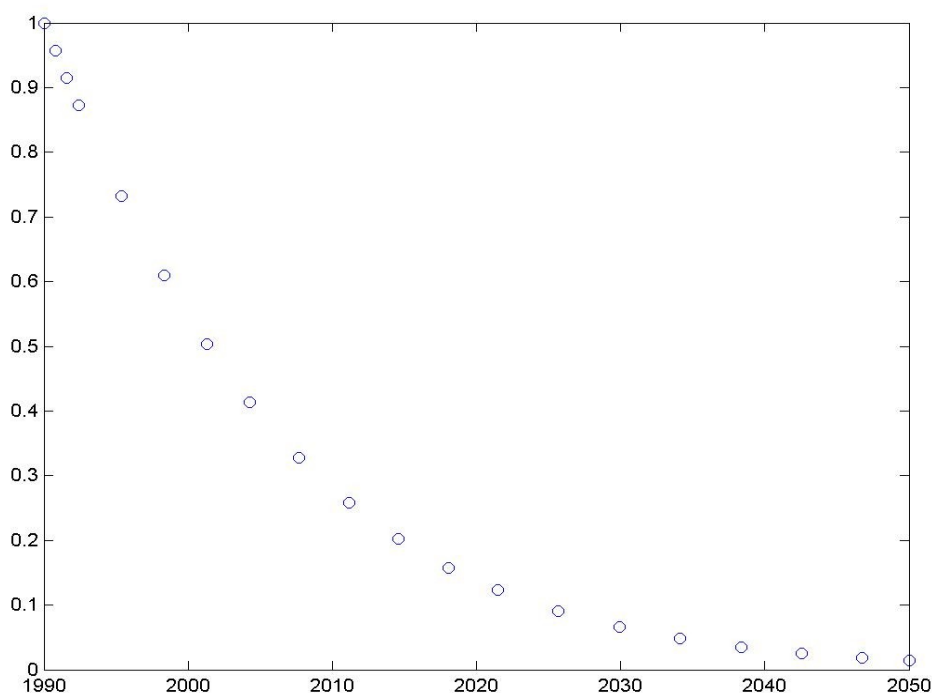


Рис. 6. Изменение во времени численности населения Кировско-Апатитского района в интервале 1990-2050 гг. с сохранением коэффициента c_1 ($c_1 = -0,0045$) уравнений (1-3)

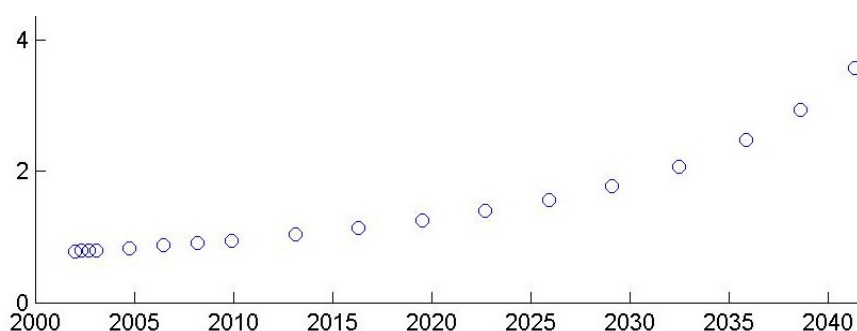


Рис. 7. Сценарий изменения во времени численности населения Кировско-Апатитского района в интервале 2000-2040 гг.

Библиографический список

1. Куликов А.Н., Светлосанов В.А. Методика построения математической модели социально-экономического развития Кировско-Апатитского региона Мурманской области с учетом экологических последствий // Экологические системы и приборы. 2005, №5.
2. Наше общее будущее. – М., 1989.
3. Светлосанов В.А. Устойчивость и стабильность природных экосистем. / ВИНТИ. Итоги науки и техники. Серия «Теоретические и общие вопросы географии». – М., 1990.
4. Светлосанов В.А., Мыслев И.Б. Математическая модель социально-экономического развития Кировско-Апатитского района (компьютерные эксперименты) // Вестник МГУ. Сер. геогр., 1991, №4.
5. Светлосанов В.А., Симакин В.В., Тикунов В.С. О создании