

Сибирское отделение РАН  
Учреждение Российской академии наук  
Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
Марийский государственный технический университет

**Серия «Экология»**  
Издается с 1989 г.  
**Выпуск 94**

**П. М. Мазуркин, С. И. Михайлова**

**ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ  
РАВНОВЕСИЕ**

Аналитический обзор

Новосибирск, 2010

ББК 28.081

**Мазуркин П. М.** Территориальное экологическое равновесие = Territorial ecological balance : аналит. обзор / П. М. Мазуркин, С. И. Михайлова ; Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, М-во образования и науки Рос. Федерации Федер. агентство по образованию Марийск. гос. техн. ун-т. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2010. – 430 с. – (Сер. Экология. Вып. 94).

ISBN 978-5-94560-187-1

Изложены научные основы формирования геотриады «ландшафт + население + хозяйство», и на практических примерах показаны статистические модели изменения показателей экологической оценки по административным образованиям и экосистемам в границах водосборных бассейнов рек и их притоков. Обоснованы практические подходы к измерениям критериев территориального экологического равновесия по Н. Ф. Реймерсу и активности растительного покрова по предложенному способу.

Приведены примеры анализа экологического состояния по динамике площади и продуктивности растительного покрова. Особое внимание уделено земельному кадастру и первой категории земель сельскохозяйственного назначения, причем для последних территориальное экологическое равновесие предложено измерять параметрами травяного покрова в виде лугов, пастбищ и многолетних насаждений. Предложены методы использования залежей. Показаны способы измерения продуктивности: травяного покрова по динамике массы травы в ходе ее естественной сушки, а также земель по динамике урожайности зерновых культур, озимой пшеницы и картофеля по статистическим рядам с 1913 г. для расчета кадастровой стоимости сельхозугодий.

Для работников сельского и лесного хозяйств, занимающихся учетом и анализом земельных участков, а также для студентов и аспирантов специальностей и направлений инженерной экологии, защиты окружающей среды, природообустройства и территориального природопользования.

Scientific foundations for forming the geotriady «landscape + population + household» are given, and on practical examples statistical models of changes in the indicators of environmental assessment for administrative entities and ecosystems within the watersheds of rivers and their tributaries are shown. Practical approaches to the measurement of criteria of territorial ecological balance due to N. F. Reimers and the activity of vegetation are grounded. The examples of environmental conditions analysis based on the dynamics of the area and productivity of vegetation are given. Particular attention is paid to the land register and the first category of agricultural lands, and for the latter it is proposed to measure the territorial ecological balance using the parameters of grass cover in the form of meadows, pastures and perennial plants. Methods for using deposits are proposed.

Ways to measure the productivity of grass cover based on the dynamics of the grass mass during its natural drying, as well as lands based on the dynamics of grain yields, winter wheat and potatoes based on the statistical series since 1913 for the calculation of the cadastral value are shown. For agricultural and forestry workers, dealing with the account and analysis of land, as well as for undergraduates and postgraduates specializing on environmental engineering, environmental protection, and territorial nature use.

Научный редактор д-р техн. наук П. М. Мазуркин

Обзор подготовлен к печати д-ром пед. наук О. Л. Лаврик  
канд. пед. наук Т. А. Калужной  
канд. пед. наук Л. Б. Шевченко  
О. Н. Альшевской

ISBN 978-5-94560-187-1 © Учреждение Российской академии наук  
Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Сибирского отделения РАН (ГПНТБ СО РАН), 2010

*Что случается с нами,  
никак не отражается на земной поверхности.  
Но что случается с земной поверхностью,  
отражается на нас.*

Хью Макдьярмид. Цит по [120, с. 108].

## ВВЕДЕНИЕ

Намечаемый в нашей стране комплексный подъем сельских территорий<sup>1</sup> требует фундаментальных исследований не только отдельных участков земной поверхности (ландшафтов), но и проживающих на них различных биологических видов населения, а также многообразия видов животных, включая хозяйства людей. Без учета свойств и выявления закономерностей динамики этих свойств для рассматриваемой в данном обзоре геотриады «ландшафт + население + хозяйство» не будет реализован сам принцип комплексности в экологическом, социальном, технологическом и экономическом подъемах сельских территорий России.

В заключении к своим уникальным фильмам Д. Аттенборо (17.03.2007), рассматривая эволюцию земной поверхности и сельского хозяйства на ней за три миллиона лет, на 48% изменившую поверхность суши Земли, высказал мысль о будущем поведении людей на планете так: «Наверное, пора переходить от выживания человечества в окружающей среде к выживанию самой окружающей среды через управление человечеством».

Для будущих технологических преобразований земельных ресурсов эта идея является принципиально новой экологической доктриной, придерживаясь которой вполне можно достичь некоторого экологического равновесия на конкретной территории, на материках и на суше планеты в целом.

В начале XXI в. многие ученые, изучая эволюцию жизни на Земле, пришли к выводу, что человек только ускоряет естественные процессы геологической смены ландшафтов, почвы, растительного покрова и других природных объектов. Поэтому расширение и интенсификация сельского хозяйства, вырубка лесов, мелиорация, строительство гидротехнических сооружений, добыча полезных ископаемых и многие другие антропогенные изменения территорий, если судить по меркам геологического времени, являются вроде бы и не так уж опасными.

---

<sup>1</sup> Выступление на Совете Российской Федерации Дмитрия Медведева по национальным проектам на три года. – Телеканал «Россия». «Вести» 16.03.2007.

Дело в том, что в истории Земли были куда более катастрофичные случаи, приведшие к гибели до 90% видового разнообразия жизненных форм. Но с каждой такой глобальной катастрофой на Земле появлялись все более адаптивные к резким изменениям в окружающей среде растения и животные. Из последних самыми универсальными явились люди. Однако их поведение стало таким, что антропогенные изменения ландшафтов в тысячи и миллионы раз ускорили геологические циклы, превращая естественные ландшафты (сложившиеся на суше, на данный момент времени эволюции Земли) в неестественные ландшафты. Эти так называемые искусственные ландшафты вполне могли быть и в прошлом (до 200 млн лет назад в ретроспективе или еще дальше), вполне могут быть и в будущем (до 50 млн лет на перспективу).

Очевидно, что прошлое в эволюции земной поверхности не зависит от человечества. Эта зависимость только в информационном отношении. Но будущее явно зависит от деятельности человечества физически.

В связи с вышесказанным понятия экологической стабильности и устойчивости весьма условны и могут быть рассмотрены только на очень короткий промежуток времени. Пустыня тоже стабильна и устойчива, но не удовлетворяет жизненным потребностям не только людей, но и других видов животных и подавляющего большинства видов растений.

Поэтому в данном обзоре авторы придерживаются понятия об экологическом равновесии, развивая идеи проф. Н. Ф. Реймерса. В этом понятии промежуток учетного времени зависит в основном от способов и средств измерения свойств, структуры и параметров ландшафтов, населения и системы хозяйств на территории этих ландшафтов. Эволюция техники и технологии в мире приведет к совершенствованию способов и технических средств, необходимых для таких измерений. А это в свою очередь – к сокращению времени на измерения и осознанию необходимых мер поворота в рационализации природопользования. Тем самым укрепится надежда в реализации оперативных и экологически ответственных стратегий развития сельского хозяйства и сельских территорий.

По Н. Ф. Реймерсу, экологическое равновесие – это непрерывно меняющееся соотношение. Мы дополнили это определение тем, что по значению это динамичное соотношение нужно приблизить различными научно-техническими мерами к золотой пропорции между растительным покровом и всей территорией ландшафта.

Кроме того, экологическое равновесие следует понимать на четырех уровнях смыслового содержания: 1) физическое состояние; 2) сохранение равновесия, т. е. изменение во времени; 3) уравнивание негативных изменений научно-техническими мерами; 4) состояние спокойствия живого и душевное равновесие людского населения.

Введение, главы 1–3, 6, 9 и заключение подготовил П. М. Мазуркин, главы 4, 5 и 8 – С. И. Михайлова, главы 7 и 10 написаны совместно.

## 1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

В инженерной экологии как теоретической основе экологически ответственного обустройства и рационального пользования природными объектами и их частями, присвоенными людьми в виде ресурсов для собственного выживания как биологического вида, требуется развить территориальный (пространственный) принцип в динамике эволюции Вселенной, Солнечной системы и нашей планеты Земля.

В рамках такого динамического подхода время становится главным фактором, влияющим на явления и процессы возникновения, образования (роста и развития), формирования структуры и свойств (зрелости), деградации (распада, разрушения) и гибели (вымирания) различных сред обитания основных и переходных форм жизни.

Главной средой обитания на суше является растительный покров. Поэтому необходимо рассмотрение изменений растительного покрова вначале по площади территории отдельных компонент. При этом, как известно, лесные массивы являются ядром биосферы планеты и тем самым становятся главной частью растительного покрова на суше.

### 1.1. Понятие экологического равновесия

Четкого и однозначного понимания (т. е. концептуальной модели) о нашем планетарном доме наука пока еще не выработала. В связи с этим мы вынуждены сразу же оговориться, что за исходные предпосылки принимаем определение Н. Ф. Реймерса [154, с. 426–431].

В указанном словаре-справочнике отмечается, что *равновесие экологическое* – это непрерывно меняющееся соотношение.

В таком квазистационарном процессе (квази – [*лат.* quasi] – приставка при различных словах, означающая «якобы», «мнимый»; стационарный *лат.* stationarius стоящий, неподвижный, постоянный, не изменяющийся, остающийся на месте) находятся любые природные и антропогенные (измененные человеком) объекты. Поэтому при рассмотрении вопросов территориального экологического равновесия следует исходить не из принципа стационарности (квазистационарности), а из принципов динамичности и цикличности, т. е. в изменяющихся взаимодействиях между природными, природно-антропогенными и антропогенными объектами.

Все указанные три класса объектов входят в различные физические или химические системы (в общем смысле – физические). В таких системах протекают так называемые квазистатические процессы, т. е. такие процессы, которые меняются столь медленно, что состояние системы в любой момент времени на какой-то короткий период можно считать равновесным. Но какова длина этого периода? Неизвестно.

По поводу слова «равновесие» обратимся не к терминам математики и экологии, а к современному толковому словарю русского языка.

«Равновесие» [178, с. 661] имеет четыре смысловых содержания:

1) физическое состояние неподвижности, покоя, в котором находится какое-либо тело, система под воздействием равных, противоположно направленных сил;

2) устойчивое положение; устойчивость (например, способность сохранять равновесие);

3) полное соответствие, устойчивое соотношение, равенство между чем-либо; уравнивание одного другим (например, экологическое равновесие);

4) состояние спокойствия, уравновешенности (например, душевное равновесие).

Сразу отметим, что за основу принимается первое (общее физическое) определение, и оно будет рассмотрено в следующем разделе.

Остальные определения также следует понимать не в статике, а в динамике, т. е. изменениях во времени и пространстве.

Второе определение показывает, что понятие «устойчивость» является характеристикой процесса во времени, т. е. сохранять равновесие, например, при вращении юлы или же при движении канатоходца с шестом, можно только при поступлении дискретной энергии извне. А первое определение характеризует состояние, т. е. ситуацию процесса в какой-то момент времени (в «срезе» шкалы времени).

Поэтому **устойчивость экологическая** – это сохранение на некоторый промежуток времени равновесия или неравновесия в естественных природных объектах, а также в экосистемах с вкраплениями технических объектов (природно-антропогенные комплексы). Тогда основным количественным показателем экологической устойчивости становится период времени, за который наблюдалось (для экосистем прошлых биосфер планеты), наблюдается и будет наблюдаться в будущем экологическое равновесие.

При таком понимании вполне ясна закономерность динамики экологической устойчивости – период экологического равновесия в хронологии роста и развития человечества постоянно (т. е. стабильно) уменьшается, а период территориального неравновесия растет по вине людей. Количественно этот закон также является устойчиво определенным: период некоторого условного экологического равновесия снижается по устойчивому закону экспоненциальной гибели, а период экологического неравновесия стабильно и неуклонно увеличивается по закону экспоненциального роста.

Из формулировки третьего определения термина «равновесие» видно, что современная экология как наука понимает экологическое равновесие как уравнивание экологического ущерба природоохранными, защитными, иными антропогенными мерами.

Поведение человечества по современным представлениям инженерной экологии становится ясным: вначале проявляются недостатки в природопользовании, а затем люди на данной территории (как правило, административного деления, а не экосистемного разделения территории суши) начинают понимать, что они делают что-то не то и не так. После этого нарушенная людьми экосистема становится объектом активного и интенсивного изучения, а на основе результатов этих исследований проводится постоянный поиск новых технических решений (иногда на уровне мировой новизны, т. е. с получением патентов и лицензий на изобретения). Экономическое обоснование позволяет выбрать социально-приемлемые и финансово выгодные технические решения, на основе которых разрабатываются проекты экологических мероприятий.

Уравнивание экологических потерь техническим прогрессом, по видимому можно будет добиться, если будут достигнуты высоконравственные отношения с другими биологическими видами на Земле. Многие ученые и практики справедливо считают, что уровень развития техники и технологии должен превысить некоторый порог прогресса, выше которого будет дольше сохраняться природная среда.

Однако сразу же отметим, что вначале нужно превзойти высокие требования нравственности и духовности людей и их сообществ, и только это позволит даже грубыми и примитивными техническими средствами достичь значительного экологического равновесия между процессами природы и природопользования. Поэтому экологические проблемы заключаются не в технике и технологии, а в самом человеке и его поведении, в его природолюбивой духовности и социальной нравственности.

Однако с позиций физико-технологического подхода даже такой процесс достижения экологического равновесия не даст в перспективе позитивных результатов только из-за того, что управление природопользованием происходит всегда с запаздыванием (вначале разрушить природную среду, а потом обустроить для нового цикла использования возобновляемых природных ресурсов).

Ныне в экологии управление территориями происходит по обстоятельствам: последствиям негативного изменения человеком природной среды. А нужно срочно перейти к управлению обстоятельствами, т. е. сначала спрогнозировать на далекое будущее возможные варианты последствий техногенных преобразований и только затем приступать к проектированию природно-антропогенных систем и технологий рационального природопользования.

Таким образом, пока в современной экологической доктрине следствие принимается за причину достижения экологического равновесия.

Нужно всю практику проектно-конструкторских работ перевернуть с головы на ноги, т. е. до разработки проектно-конструкторской документации еще на стадии предпроектных работ (аванпроектирования) на основе биологических и эколого-экономических прогнозов следует создать проект экологической (шире биологической) инфраструктуры создаваемого объекта природопользования и даже комплексов природообустройства. В новой технологии проектирования выполнение биоэкологических требований, обычно оставляемых на конец формирования проектно-конструкторской документации, переносится на стадию аванпроектирования. Поэтому должен быть освоен принцип: весь проект еще на этапе замыслов следует сделать биологически и экологически ответственным, а не заниматься запоздало только проверкой выполнения экологических требований морально устаревшими технологиями и экологически опасными техническими средствами природопользования.

В итоге рационализация явлений и процессов природопользования должна начинаться уже на концептуальном уровне осмысления биоэкологических последствий формируемого природно-антропогенного комплекса. А при строительстве необходимо четко соблюдать условие, при котором вначале вводится в действие биоэкологическая инфраструктура, и только затем строятся основные звенья природно-антропогенных и технических комплексов.

Четвертое смысловое содержание термина «равновесие» обращается непосредственно к менталитету людского населения на данной территории. Однако, прежде всего, душевное равновесие должно быть у чиновников и одновременно у изобретателей и проектировщиков новых биологических, экологических, социальных, технико-технологических, организационно-управленческих, экономических и иных решений.

Население привыкло и давно махнуло рукой на чиновничьи эксперименты, а сельчане многие века не верили тому, что говорят сверху. Это пассивное противодействие оказывается весьма эффективным инструментом выживания людей как популяции на данной экологически системной территории. В итоге получается, что надстройка общества в России борется, планирует и что-то делает только ради себя и проверяет также сама себя. Это приводит к полной стагнации народной экологической экспертизы, которая сохранилась, например, в Швеции или Швейцарии, в виде обсуждений и решений вопросов на сельских сходках и собраниях общин. К большому сожалению, экологическую экспертизу в России почти более ста лет делают те же чиновники, которые вначале планируют крупные по территориальным и хозяйственным меркам технические объекты.

В связи с этим в теории и практике инженерной (по этимологии слова «инженер», т. е. творец, созидатель, изобретатель) экологии понятие «экологическое равновесие» в каждый момент времени органично включает в себя все четыре смысловых содержания из современного уровня развития русского языка.

Каждый смысл должен быть реализован на практике.

Наиболее значимым является первое определение слова «равновесие». Без него остальные определения реально невозможны и даже теоретически бессмысленны.

Закономерность проявления чего-либо можно описать формулой, содержащей, как минимум, две части (аддитивные составляющие) – детерминистскую и статистически вероятную. В грубых объяснениях и расчетах можно исключить вторую составляющую (это мы покажем на примерах в последующих главах), т. е. перейти к идеальным законам отдельных классических наук.

## 1.2. Неравновесное состояние природы

В конце XX в. появились новые результаты астрономических исследований, в частности с использованием космического телескопа Хаббл. Приведем некоторые факты из теории эволюции Вселенной, объясненной в фильме, показанном 19.03.07 г. по каналу «Культура» российского телевидения.

Никогда бытие во Вселенной не было равновесным процессом.

Современная картина процесса эволюции нашего мироздания была создана на основе изучения реликтового излучения. Такое излучение началось через 0,5 млн лет после Большого Взрыва (Пензиас и Уилсон).

По разным источникам наше время отстоит от момента Большого Взрыва на 13–15 млрд лет. Созданная общими усилиями астрофизиков картина формирования природы исходит из предпосылки в 13 млрд лет.

Вещество во Вселенной создавалось интересным образом: с момента Большого Взрыва возникали частицы и античастицы из соотношения 1 млн + 1 частица и 1 млн античастиц. Такое пренебрежительно малое неравновесие со временем привело к созданию всего количества вещества современной природы. Но что побудило вещество быть больше по количеству на 0,000001 долю от антивещества, пока никто не знает.

Если расширить наше понимание «эко» (дом, жилище) до бесконечных границ всей современной Вселенной, то оказывается, что процесс возникновения *нашей* (а ведь она могла бы быть и не нашей, если бы количество античастиц превышало указанную долю количества частиц вещества) Вселенной прошел чрезвычайно быстро и тем самым ни о каком экологическом равновесии за столь значительное время не может быть и речи. В дальнейшем мы покажем, что и в геологических масштабах наблюдается явное неравновесие, приводящее к разомкнутым природным циклам. В этом масштабе времени человечество за прошедшие 10–15 млн лет как бы далеко раздвигает начало и конец природных циклов, превращая их в небытие. Но может оказаться, что само человечество станет только частью какого-то космического цикла.

В итоге среди ученых пока не существует альтернативных точек зрения о жизни (bio) и ее мастерстве (biotechne).

Лишь стало известным, что в течение 380 тыс. лет, прошедших с момента Большого Взрыва, размер Вселенной по диаметру был всего с нашу галактику Млечный Путь. До этого «среза» времени электроны не давали связей. И водород, и гелий существовали без электронных оболочек, т. е. не было еще химических элементов как таковых, а почти раздельно существовали электроны, протоны и нейтроны.

Густой туман электронов, образовавшийся с момента Большого Взрыва, не давал распространяться свету. Затем электроны стали соединяться с протонами, и постепенно появилась прозрачность. Свет вырывался ярко и по мере остывания вещества слабел. Космический шум явился отзвуком того момента эволюции Вселенной, который составил 13 млн лет после Большого Взрыва. Кроме атомов водорода и гелия после этого не было ничего, поэтому ослабление света неизбежно привело к потемнению всей Вселенной.

Момент эволюции наступает через 200 млн лет после Большого Взрыва, и диаметр Вселенной достигает примерно 1 млрд световых лет. Атомы водорода и гелия начинают сливаться вместе в звездах. Повсюду темно и везде имеются газовые туманности. При этом в пространстве Вселенной нет явных неоднородностей. И вполне может быть, что это однородное газовое пространство останется вечно, не давая никаких шансов возникновению и развитию биологической (и иной?) жизни.

Но мельчайшие неоднородности, которые затем превратились в гигантские галактики<sup>2</sup> дали не только реликтовое излучение, но механизм флуктуации (качания взаимных переходов) вещества и энергии во всей Вселенной. Эти неоднородности проявились через вкрапления переменной плотности космического вещества. На их основе затем возникли кластеры галактик и сами галактики. В начале нового цикла эволюции Вселенной все эти галактики и их кластеры существовали в виде облаков водорода.

И зажглись звезды. Снова появился во Вселенной свет. При этом диаметр Вселенной увеличился во много миллиардов раз.

Молодые звезды состоят в основном из водорода и гелия. Они нестабильные, но внутри их рождались и поныне рождаются новые химические элементы (вплоть до железа). Таким образом, по мнению английского физика Хоэля, атомы производились в звездах. Он же ввел в научный обиход термин «Большой Взрыв». Звезды – это водородные реакторы. Ядерные отходы – это и есть новые химические элементы. Поэтому все такие молодые звезды имеют водородное излучение – красный свет.

По нашему мнению, периоды химических элементов – это новые формы эволюции вещества, включая затем и органические клетки. Поэтому

---

<sup>2</sup> В частности, одной из мельчайших неоднородностей (0,5 млн лет после Большого Взрыва) ныне является Млечный Путь.

нами выдвигается гипотеза о том, что во Вселенной вполне существовали и существуют переходные формы химических элементов (по аналогии с переходными формами растений и животных), как и в биологии по эволюционной теории Ч. Дарвина.

Создание химического элемента можно представить как последовательную сборку автомобиля, когда к основным узлам добавляются новые элементы. Например, так из кремния получается железо. А оно является основным компонентом крови животных и человека. Поэтому появление железа в звездах знаменует собой уникальный этап в эволюции животных и человека среди них.

Вселенная встала на порог нового цикла эволюции, когда стало возможным создание химических элементов тяжелее железа.

Новый вселенский цикл, конечно же, начался гораздо раньше конца предыдущего цикла. Астрофизики считают, что через 50 млн лет после Большого Взрыва некоторые молодые звезды, увеличиваясь, превращались в столь массивные, что взрывались, образуя так называемые сверхновые звезды. В процессе таких взрывов рождаются химические элементы тяжелее железа.

Таким образом, без взрывающихся массивных звезд не возникла бы и жизнь на нашей планете. Поэтому очень высока цена сверхновых звезд в эволюции Вселенной от Большого Взрыва до наших дней. Без них не было бы жизни, человека, золота и других тяжелых элементов. В процессе взрыва сверхновой звезды железное ядро слипается в маленький комочек, а высвобождающаяся при этом слипании огромная энергия разрывает ее оболочку, образуя попутно химические элементы всей периодической таблицы Д. И. Менделеева.

Люди – неотъемлемая часть Вселенной. Когда мы говорим об эволюции человека, то на элементарном уровне мироздания речь идет о периоде в 14 (13–15) млрд лет от Большого Взрыва до наших дней.

Каким будет наше будущее? Физики дали ответ и на это.

Сегодня возраст нашей Вселенной достигает почти 14 млрд лет. Наш мир в виде Солнечной системы и планеты Земля в галактике Млечный Путь считается завершенным, а Вселенная в целом продолжает развиваться дальше. По известным теориям она будет расширяться бесконечно или же перестанет расширяться, а ее вещество свернется снова в безразмерную точку, т. е. в бесконечную энергию (напомним, что энергия – это способность к действию [85, 99–101]). В итоге по пузырьковой теории Вселенной эта бесконечно малая точка снова перейдет в состояние Большого Взрыва.

По результатам измерений телескопом Хаббл были получены удивительные новые теоретические объяснения будущего вещества и энергии нашей Вселенной.

Расширение Вселенной не замедляется. Наоборот, она расширяется ускоренно, даже в буквальном смысле разлетается. Еще сотни миллиардов лет будет разлетаться все вещество во Вселенной. Через тысячи триллио-

нов лет после Большого Взрыва будут испаряться и черные дыры. Распадутся атомы, протоны.

Вселенная станет холодной, темной и пустой.

Все сойдет «на нет», и Вселенная превратится в холодную бесконечную пустоту. Такова картина вселенского динамического неравновесия, происходящего по устойчивому закону экспоненциальной гибели.

В связи с этим название данного обзора могло бы быть таким: «Территориальное экологическое неравновесие», так как полное равновесие является идеализированным состоянием (по аналогии: абсолютно твердое тело; абсолютно черное тело; абсолютно упругое тело и пр.). Понятие «идеальное состояние» пригодно только для теоретических умозаключений и во все не годится для практического использования в инженерной биологии и экологии, так как сам человек является крайне неравновесным и по своему поведению не относится к предсказуемым природным объектам и биологическим существам. Вот уже 10 тыс. лет люди сами активно и интенсивно вносят неравновесие в окружающую их природную среду. И неравновесная сила человечества стала, по В. И. Вернадскому, геологической силой. А со временем, конечно же, будет и силой космической.

Наука в начале XXI в. показала, что и сама естественная природа как таковая на весь срок существования от Большого Взрыва в течение прошедших 14 млрд лет является ассиметричным явлением и процессом, черз многое время уходящая в небытие.

### 1.3. Неравновесные процессы

В конце прошедшей эволюции Вселенной произошли чудесные превращения в обмене вещества и энергии на планете Земля. Биологическая жизнь на планете возникла относительно быстро, и некоторые бактерии имеют возраст более 4,2 млрд лет. Эволюция создала человека, который активно вводит в вещественно-энергетический обмен информацию, т. е. меру взаимодействия.

Неравновесное состояние любой системы в динамике хорошо описывает закон, который был назван нами биотехническим или дословно – «мастерство жизни» [85–107].

Для инженерной экологии, природообустройства и природопользования, территориального хозяйствования и других видов эколого-экономической деятельности, связанных с природными объектами и экономическими системами, сумма сил действия и противодействия, составляющая по абсолютной величине меру взаимодействия, подчиняется общему принципу, сформулированному академиком В. И. Вернадским.

Он утверждал, что все экологические ниши на Земле остаются заполненными в ходе регулярной смены биосферы и отдельных биоценозов на другие типы, и *суммарная масса биосферы достоверно не меняется.*

Этот закон пока недоказуем, но на короткий период времени существования человечества, как аксиоматический принцип, вполне применим.

По нашему мнению, эта общая масса биосферы в ходе ее эволюции образует *энергетический импульс жизни на планете Земля*. Подчеркнем, что направление сил взаимодействия принимаем в виде стрелы времени Хокинга. Эта стрела ориентирована в направлении от роста к отмиранию. Поэтому обратного направления от отмирания к росту и развитию живого вещества в природе нашей Вселенной нет.

Человек является лишь частью природы, поэтому свое действие на нее он должен соразмерять (находить и придерживаться пределов роста) с возможностями (пределами противодействия антропогенному действию) окружающей природной среды.

Статистическим исследованиям подвергается только второй вид изменения сил взаимодействия – это экспериментальное или не экспериментальное (пассивный и эволюционный эксперименты) изучение изменений физической величины, т. е. скалярных значений, этих сил взаимодействия. А их противопоставление дает обоснование экологических механизмов, позволяющих управлять динамикой процессов природопользования в рамках до пределов роста и гибели экосистем.

Смена направления сил (например, сукцессия экосистемы или революционное влияние экологического события на экологический режим территории) пока нами не учитывается, так как они отображаются чаще всего импульсными функциями. Поэтому большинство примеров в подобных случаях исследования получает только содержательное объяснение.

Из такого сравнения можем заключить, что биотехнический закон рассматривает, прежде всего, количественное соотношение сил действия и противодействия. При этом заранее до моделирования должно быть известно, что при переходах от одного цикла к другому не происходит изменений направления этих взаимодействующих сил.

В ходе идентификации алгебраической формулы биотехнического принципа постоянно (априори до моделирования и апостериори в ходе моделирования) приходится задаваться вопросами: как эти силы возникают, и почему происходит деформация идеального цикла в реальном явлении (в период исследования  $T_u$  перед исследователем проходит процесс как дискретная последовательность причинно-следственных явлений) [85–107].

#### 1.4. Статистический подход к неравновесным процессам

*Метод массовых наблюдений* является основой многих статистических исследований. Статистические данные обрабатываются различными способами для того, чтобы найти *вероятный детерминизм* в массе однородных (или разнородных) наблюдений за некоторым природным или природно-антропогенным явлением, или процессом.

Таким образом, в изучении явлений и процессов можно выделить три основных аспекта:

*во-первых*, заранее (априори) до проведения исследований допускается, что существует **статистическая закономерность** – форма причинной связи между совокупностями явлений, образующих структуру события и процесс поведения чередованием во времени изменяющихся событий, которую множество измеренных состояний объекта исследования определяет не однозначно, а лишь с определенной вероятностью;

*во-вторых*, эта статистическая закономерность, по данным о многих состояниях (повторение измерений в один момент времени и при различных состояниях во времени) поведения объекта исследования, ищется на ПЭВМ с помощью устойчивых законов распределения: математической модели, построенной из отдельных «узлов и деталей» в виде известных устойчивых законов, идентифицируемой по статистическим данным;

*в-третьих*, на основе устойчивой конструкции математической модели, найденной по методу статистического моделирования на ПЭВМ и выраженной в виде составного алгебраического уравнения, в дальнейшем вычисляются значения параметров будущих состояний объекта исследования.

При этом предполагается, что **начальные эвристические условия** поведения объекта исследования будут неизменными и в будущем. Тогда характер экологического поведения в период, охватываемый статистическими данными, или **основание прогноза**, не будет меняться и в период времени на будущее, т. е. **горизонт прогноза**.

К переменным эвристическим условиям можно отнести не только естественные природные изменения, но и различные **экологические мероприятия**, принимаемые и реализуемые людьми, призванные улучшить в последующем **экологическое состояние** какой-либо территории. Последовательность во времени экологических состояний образует **экологический режим**, который должен быть управляемым и предсказуемым по естественному поведению природных объектов и последствиям функционирования природно-антропогенных и технических объектов.

Для прогнозирования экологического режима и управления природно-техногенными системами необходимы различные **статистические закономерности**, полученные для всего изучаемого процесса в целом, а не только по отдельным его измеренным частям, фрагментам или показателям. Поэтому комплексные многофакторные измерения предпочтительнее однофакторных и частных исследований.

По **принципу дополнительности** Гейзенберга и Бора отдельные частные статистические исследования, проведенные в разное время, на различных территориях и многими авторами, можно рассматривать совместно, так как статистические закономерности обладают замечательным свойством проявляться везде одинаково. Это обстоятельство позволяет применять для доказательства тех или иных статистических закономерностей

результаты, опубликованные в разное время в научной литературе, а также учебниках и учебных пособиях.

В обзоре предполагается, что в полной мере исполняются следующие два методологических условия:

1) исходная информация достоверна, достаточно полна и адекватно отображает указанный период исследования  $T_i$ ;

2) алгебраические уравнения, которые являются решениями неизвестных дифференциальных уравнений процесса загрязнения, отражают сущность изучаемого явления или процесса, а значения параметров модели имеют содержательный смысл.

Второе условие снимается при использовании устойчивых законов распределения, уравнения которых достоверны и доказаны различными отраслями науки, а параметры имеют содержательный смысл.

Вот почему одна и та же формула, полученная по статистическим данным одного региона, может быть применена после повторной идентификации на ПЭВМ для вычисления значений *параметров модели* (регрессионных коэффициентов уравнения) в другом регионе. Для одной и той же территории, лучше всего в ее естественных границах, например по бассейнам рек и их притоков, проведенные в разное время измерения вполне можно объединить в одну статистическую выборку.

Причем каждое экологическое наблюдение становится зависимым как от прошлого экологического режима, так и от технологического поведения людей и свойств самих природных объектов.

Результат экологического измерения не будет независимым наблюдением, как это допускает классическая статистика массовых наблюдений. Эта статистика пригодна в технике и технологии неживого, да и то при малых интервалах изменения параметров. А объекты, в которых участвуют биологические существа, изменяют свои состояния и состояние своего места обитания. Вот почему необходима новая методология статистического моделирования, которая изначально предполагает взаимозависимость и взаимовлияние всех учитываемых факторов исходя из цикличности и проявления волновых свойств любых биоэкологических процессов.

Идеальный цикл и нормальный закон распределения Гаусса во многом идентичны. Они в большинстве случаев характеризуют явления и процессы из неживой природы и техники. Деформированные циклы и асимметричные законы распределения относятся к живой природе, а также к социальным системам (в широком смысле, не только социумы людей, но и растений, животных и др.) [93, 103].

Пусть задан некоторый идеальный цикл, схему которого можно описать по аналогии с рис. 1.1.

Тогда реальное проявление этого цикла перед исследователем можно представить как некоторый *кадр*, охватывающий отдельные фрагменты цикла (рис. 1.1). Причем каждый фрагмент имеет *период исследования* (получения исходной информации в ходе эксперимента)  $T_i$ , который

в большинстве случаев намного меньше периода всего цикла процесса  $T_u$ . То есть в экологии и природопользовании, как правило,  $T_u \ll T_u$ . Каждый исследователь представляет картину цикла по-разному.

На рис. 1.1 приведены кадры, появляющиеся перед исследователем в ходе или после проведения экспериментов, в виде окон (пунктирные прямоугольники, показывающих экспериментатору фрагменты на различных фазах (или смежных фазах и фрагментах) цикла взаимодействия в какой-либо экологической системе по аналогии с фотообъективом.

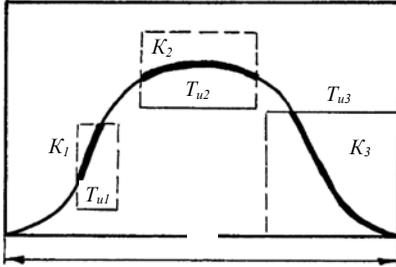


Рис. 1.1. Информационные кадры по фрагментам изучаемого цикла взаимодействия

Возможен и другой случай отношения исследователя к волне протекающих циклов, когда значения  $T_u$  и  $T_u$  постоянны (например, при мониторинге экологических изменений в постоянных пунктах наблюдения) (рис. 1.2).

При этом кадр находится на одном месте, а реальный процесс динамически (дискретно или непрерывно) проходит сквозь окно исследовательского кадра (например, в метеорологических наблюдениях).

В качестве примера на рис. 1.2 приведены шесть взаимных позиций

цикла при движении во времени и пространстве относительно стационарного окна кадра. Очевидно, что исследователь может и не знать о циклически-волновом законе изменения параметров изучаемого явления или процесса. Причем расстояние  $T_u$  он устанавливает исходя из возможностей измерительной аппаратуры, ресурса календарного времени на проведение измерений и других условий. При долговременных исследованиях, например наблюдениях за ростом и развитием деревьев, изменениями ландшафта или геологическими изменениями, исследователь учитывает продолжительность и своей активной трудовой деятельности.

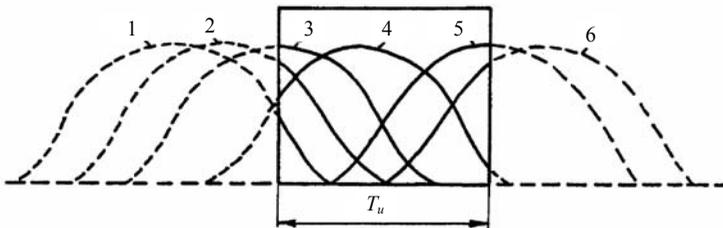


Рис. 1.2. Фрагменты цикла взаимодействия в исследовательском кадре:

1 ... 6 – позиции окна кадра относительно смещений графика изучаемого цикла

## 1.5. Природно-антропогенное экологическое равновесие

Человек не хочет отдавать приоритет другим биологическим видам даже в их общей совокупности и поэтому старается оправдывать свое поведение, усложняя антропоцентристские теории природопользования. Одним из таких направлений является принятие возможности постановки людьми разумных целей в пользовании природными богатствами.

По Н. Ф. Реймерсу [154, с. 426–431], экологическое равновесие (квазистационарное, квазиравновесное состояние экологических систем) определяется следующим образом:

1) баланс естественных или измененных человеком средообразующих компонентов и природных процессов, приводящий к длительному (условно бесконечному) существованию данной экосистемы;

2) динамическое равенство притока и оттока энергии, вещества и информации, поддерживающее экосистему в качественно определенном состоянии или ведущее к закономерной смене одной экосистемы другой в ряду сукцессионного развития, характерного для данного географического места и геологического периода.

Отличают *компонентное* экологическое *равновесие*, основанное на балансе экологических компонентов внутри одной экосистемы, и *территориальное* экологическое *равновесие*, возникающее при некотором соотношении *интенсивно* (агроценозы, урбакомплексы и т. п.) и *экстенсивно* (выпасы, естественные леса, заповедники и т. п.) эксплуатируемых участков, обеспечивающем отсутствие сдвигов в экологическом балансе крупных территорий в целом. В справочнике [154, с. 430, рис. 132] приведены приблизительные *нормы территориального экологического равновесия*, которые по соотношению между естественными и измененными человеком ландшафтами зависят от ландшафтных (природных) зон территории России.

В предыдущем абзаце слово «интенсивно» выделено курсивом потому, что оно недостаточно верно отражает суть физических процессов. Причем экстенсивно природный или иной объект изменяется по размерам, форме и другим свойствам (например, рост или спад значений площади территории). Поэтому нами вводится параметр *активность*, т. е. интенсивность изменения без учета времени.

Показатель интенсивности физически характеризуется скоростью изменения значений параметров (свойств, принятых за разнообразие характеристик изучаемого объекта) исследуемой экосистемы, природно-антропогенного или антропогенного комплекса во времени.

Чаще всего в инженерной экологии (биологии) активность изменения явления или процесса измеряется долей целого или же в процентах от общего. Например, доля экологически измененных ландшафтов по параметру площади по отношению к общей площади экосистемы или же административной территории.

В своем словаре-справочнике Н. Ф. Реймерс [154, с. 431] ввел также новое понятие *целесообразное экологическое равновесие*.

Равновесие экологическое целесообразное – это природно-антропогенное равновесие, поддерживаемое на уровне, дающем максимальный эколого-социально-экономический эффект в течение условно бесконечного времени. Как правило, его индикатором служит способность экосистем достигать в ходе сукцессии *узловых сообществ*.

Сообщество узловое – конечная фаза сукцессии в условиях антропогенной нарушенности природной среды до такой степени, что сообщество не может достигнуть в процессе развития климакса, но, тем не менее, развивается до равновесного в данной среде состояния [154, с. 486].

Из приведенных формулировок ясно, что целесообразность понимается как компромисс между природными и антропогенными процессами. Причем этот компромисс ориентирован на природу от человека, а не наоборот. В деятельности-природной системе во главу угла ставится деятельность человека, а не жизнедеятельность природы. Из-за того что сама природа не имеет цели как таковой, понятие «целесообразное экологическое равновесие» рассматривается через антропоцентрический подход в инженерной экологии (биологии).

Здесь отсутствует биологический подход, в основе теорий которого лежит не человек, а все живое (причем нами установлено, что в общем случае жизнь – это способ существования не только белковых тел [95]). Либо этот подход выражен неявно через понятие «квази».

## 1.6. Территория и акватория

Обычно под словом «территория» любой человек, даже не задумываясь, понимает не только двумерную поверхность, но и высоту, как само собой разумеющиеся толщины разливных слоев земной оболочки – грунта и почвы, рельефа, воды и воздушного океана.

Поэтому человек всегда представляет территорию физически как трехмерный природный или природно-антропогенный объект. Биосфера до сих пор четко не определена по глубине проникания биологической жизни в кору и мантию Земли. В воздухе считается высота жизненного пространства Земли до стратосферы, точнее до озонового слоя планеты.

Сначала проанализируем термины «территория» и «акватория».

В словаре-справочнике [154, с. 511–514] имеется немало различных терминов с использованием слова «территория». *Территория* – это часть поверхности суши. Этой части присущи природные и антропогенные свойства и образования. Территория характеризуется протяженностью (площадью), особенностями географического положения, ресурсного потенциала для человека и т. п.

Однако человек привык расширять рамки для формулировки определений, поэтому слово «территория» часто понимается как поверхность земной коры с включением в нее и суши, и водной поверхности. Иначе никак не объяснить расширенное толкование этого слова в определении: «Территория рекреационная – участок суши и / или водной поверхности, предназначенный для отдыха людей, восстановления их здоровья и трудоспособности» [154, с. 514].

Можно отметить, что в инженерной экологии (биологии), природообустройстве и природопользовании наблюдаются сплошь и рядом большие, чем это нужно, этимологические нарушения терминов. Например, такое нарушение относится и к слову «лес», имеющему более 25 толкований. В итоге оказалось методологически трудным создавать стройную теорию воспроизводства леса и лесопользования.

Гораздо более полным стал термин «акватория» [154, с. 16]. Здесь присутствуют и количественные параметры понятия: «Акватория – водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или воображаемыми границами». Как правило, акватория рассматривается как объемное образование, включающее водную толщу до дна водоема, подстилающие слои литосферы и воздушное пространство, исключая космические высоты (практически выше 50–100 км). Из-за смысловой четкости термина «акватория» приведенное определение по его структуре и функциям можно использовать также и для формулировки понятия «территория».

Но вначале рассмотрим и другие толкования территории.

Научно опасным является применение вместо слова «территория» слова «площадь», например, в выражениях «эродированные земельные площади», лесные площади и лесопокрытые площади (последние считаются в лесной науке официальными терминами). Толковый словарь [178] дает четыре смысловых варианта слова «площадь». В научных изысканиях следует применять понятие «площадь» как «одну из количественных характеристик плоских геометрических фигур и плоскостей». Тогда разговорное понимание «площадь – пространство земли, проектируемое или предназначенное для каких-либо целей (азотная площадь), или же пространство, занимаемое чем-либо (площадь страницы)», придется расчленить и оставить только измеряемое в квадратных метрах, гектарах и пр.

Весьма вольно стали обращаться в природообустройстве и природопользовании и с иностранными словами. Нередко среди журналистов и даже умудренных специалистов звучит выражение типа «здесь хорошая экология» по аналогии с привычной фразой «сегодня здесь хорошая погода». Тем самым в науку проникают изначально извращенные по смыслу слова. А они тормозят дальнейшее развитие научных теорий.

В связи с этим рассмотрим понятие «территория», приведенное в двух словарях русского языка и двух – иностранных слов.

В словаре В. И. Даля [36] это слово отсутствует, поэтому можно предположить, что в 1903–1909 гг. понятие о территории не было распростра-

ненным. В современном толковом словаре русского языка читаем: «Территория [от *лат.* *territorium*]. Земельное пространство в определенных границах. Примеры: территория страны, территория города, авария произошла на территории аэродрома» [178, с. 828].

Первый пример показывает, что это определение является некорректным, так как территория страны и города включает и водные объекты. Только аэродрому не положено иметь акватории. Поэтому толковый словарь вместо того, чтобы четко прояснить этимологию слова, только запутывает смысловое содержание.

Из двух словарей иностранных слов разных лет мы выяснили эволюцию осмысления термина «территория» самими переводчиками. В первом словаре они ориентировались на понимание слова гражданами США, а во втором (через 35 лет) – учли мнение населения других стран.

В словаре 1955 года издания читаем: «Территория (*лат.* *territorium*) – пространство земли, внутренних и прибрежных вод с определенными границами, например территория города, территория государства». В этом определении появилось существенное смысловое дополнение в виде водного пространства к земельному пространству. Заметим, что если авторы русского толкового словаря понимали под словом «земельный» поверхность планеты, то для специалистов и научных работников, а тем более обучающихся в школах и высших учебных заведениях говорить о расширении понятия еще рано.

В словаре иностранных слов 1989 года издания уточняется генотипическое расстояние между терминами «территория» и «акватория»: «Территория (*лат.* *territorium*) – пространство земли, внутренних и прибрежных вод, включая воздушное пространство над ними, с определенными границами, например территория города, территория государства».

Теперь уже нельзя сопоставлять это определение с термином «площадь», и поэтому становится невозможным употребление выражений типа «эродированные земельные площади», лесные площади и лесопокрытые площади. Лесной науке придется пересмотреть всю свою терминологию, хотя этого не хочется современной когорте ученых лесного дела, в особенности сообществу экономистов.

Этимологический анализ позволяет дать четкую формулировку понятию «территория», что, конечно же, прояснит наш подход и к проблеме биологической оценки территориального экологического равновесия, а еще точнее – экологического неравновесия.

В широком смысле слова необходимо и дальше расширять формулировку термина «территория». Для этого следует учитывать в определении еще и недра, т. е. то, что находится непосредственно под поверхностью земли. Тогда получим следующее определение.

Территория – пространство земли, внутренних и прибрежных вод, включая воздушное пространство над ними и подземное пространство с недрами, подземными водами и антропогенными объектами, ограничен-

ное естественными, искусственными или воображаемыми границами, например территория города, территория государства, территория ландшафта и др. Таким образом, сюда вошли и подземные коммуникации городов и населенных пунктов, которые весьма затруднены в измерении и исчислении, например, применительно к современным земельным кадастрам.

В узком смысле, в границах, территория – двумерная поверхность (фактическая или как проекция на геодезической плоскости). Поэтому на территории содержатся различные участки: земельные, водные, лесные, участки болот и пустынь, холмов и лощин, гор и ущелий, рек и озер, городов и поселков, заповедников и пр. Все они измеряются по основному параметру – площади проекции фактической поверхности ландшафтов на топологической карте ( $m^2$ , га,  $km^2$ ).

При этом любая геодезическая карта является физической моделью, созданной с помощью математических моделей<sup>3</sup>, поверхности Земли, которая разделяется на территории и акватории (внешние относительно границ государств) по границам морей и океанов.

## 1.7. Космическое видение земной поверхности

В сущности, любая современная топологическая карта представляет собой проекционную картину земной поверхности, т. е. результат видения из космоса. Но в общем смысле под космическим видением понимают не только цветные картины земной поверхности с орбиты Земли.

Космическое видение – это стиль мышления и даже «физическая философия» земной поверхности по границам ландшафтов, так как границы государств с орбиты и не видны.

Если в средние века и ранее философия как наука опережала своими обобщениями конкретные науки (физику, химию, биологию и др.), то затем результаты астрофизики привели к таким глубоким научным обобщениям, которые превосходили философские.

Что же видит космонавт на поверхности Земли, пролетая на международной станции по определенной траектории над материками и странами? Прежде всего, что границы экосистем (ландшафтов) четко видны. А границы политические, т. е. установленные за многие столетия между сообществами людей границы государств, зачастую незаметны.

И только смотря в зрительные устройства с большим разрешением, можно увидеть полосу вспаханной почвы и ряды колючей проволоки между враждующими соседями. А между странами, входящими в различные союзы, например в Европейский, таких физических границ также нет. Как

---

<sup>3</sup> Вначале возникновения и развития картографии карты рисовались без учета результатов геодезических измерений и математических построений, т. е. по условным изображениям.

правило, *территориальные природные образования* (реки и озера, болота и леса и пр.) по своим границам не совпадают с естественными, искусственными или воображаемыми границами административных образований.

Такое несовпадение увеличивается внутри территории одного государства, особенно с малой по площади территорией. Например, границы лесхозов не учитывают границы водосборных бассейнов малых рек. А границы административных районов не учитывают границы лесхозов и пр. Иногда создается впечатление, что люди кромсали территорию на земельные участки, как хотели по своим ограниченным представлениям, т. е. без учета свойств и интересов самих экосистем, а значит, руководители администраций субъектов Российской Федерации и муниципальных образований никогда и не задумывались над проблемами достижения территориального экологического равновесия.

Чтобы воспитать космическое видение родной территории, нужно понять динамику развития различных участков земной поверхности.

Далее приведем некоторые выдержки из множества фактов об эволюции Земли и ее материков из фильма, показанного 20.03.07 г. по каналу «Культура» российского телевидения.

В ходе эволюции Вселенной, а затем и Солнечной системы, 4567 млн лет назад образовалась планета Земля. В это время в Солнечной системе существовало 20 планет. Вначале земная поверхность была кипящей лавой, в особенности после столкновения с планетой Тея. В этой кипящей жидкой лаве тяжелые металлы опускались к ядру Земли, а кремний, кислород и другие легкие химические вещества поднимались к земной поверхности.

Первый материк был гранитным, образованным из кристаллических пород. Таким образом, множество видов кристаллов как высших образований в царстве минералов<sup>4</sup> было началом жизни на Земле. Так началась история материков, которая характеризуется динамикой процессов кристаллизации и образования конгломератов кристаллов.

Для измерения такого исторического времени существуют природные часы – это распад урана до превращения его в свинец.

Геологи нашли на Земле древнейшие участки земной коры – так называемые кратоны – в Северной Америке и Австралии. Их возраст равен 3,5 млрд лет. Основой кратона является гранит. Кора Земли опускается в магму, плавится, затем снова перемешиваясь поднимается к земной поверхности, медленно охлаждается под высоким давлением и кристаллизуется в гранит. Постепенно на земной поверхности в толще коры (толщиной и глубиной несколько десятков километров) образуются гранитные блоки.

Гранит – это смесь минералов. В нем 3,8 млрд лет назад появились живые организмы (напомним, что по В. И. Вернадскому, жизнь в целом – это космическое явление). Древние микробы ускоряли процессы разруше-

---

<sup>4</sup> Из минералов наиболее экологически стабильным является минерал циркония.

ния пород, появлялись новые минералы, которые опять опускались в мантию Земли, расплавлялись в магме и снова при поднятии к поверхности образовывали кратоны. Из этой эволюционной картины видно, что не было большой разницы между территориями и акваториями, тем более имелись только акватории жидкой лавы, а вода существовала в полностью испаренном виде.

Внутренние силы планеты постепенно формируют материки вокруг кратонов. При этом вырастают гигантские тектонические плиты, которые, перемещаясь по поверхности Земли, циклически формируют одну общую сушу или же группу материков (континентов). Сближение и разбегание тектонических плит вызывают процессы образования высоких гор и глубоких впадин как на суше, так и в толще океанов.

Немецкий ученый Альфред Вегенер создал теорию дрейфа континентов, которая была доказана позже. Ныне известно, что тектонические плиты перемещаются по магме со средней скоростью несколько сантиметров в год. Взаимодействие тектонических плит и разломов между ними приводит к множеству землетрясений. А землетрясения в океане вызывают разрушительное цунами.

Механизм движения тектонических плит и материков был выяснен только в 60-е гг. прошлого века. Движение возникает из-за неравномерности тепловой энергии, различающейся на разных глубинах по радиусу Земли. Например, Исландия образовалась на лаве извержения вулкана, появившегося на Среднеатлантическом хребте. Он имеет крупный разлом коры Земли и разделяет мощные тектонические плиты: североамериканскую от евразийской.

Такие разломы возникли 2,7 млрд лет назад. Самым молодым из них является Северо-Африканский разлом. Именно здесь, по данным археологов, примерно 10–12 млн лет назад появились первые гоминиды, т. е. предки человека. Через 10 млн лет, в будущем, восточная часть Африки будет отрезана акваторией нового океана (как это произошло ранее с островом Мадагаскар).

Первый суперконтинент Валбара 2,7 млрд лет назад раскололся на несколько отдельных континентов. На одной или нескольких тектонических плитах возник материк из-за наноса между ними вулканических материалов. Так появилась и мексиканская перемычка между Северной и Южной Америками.

Периодичность пиков в процессе формирования общего суперконтинента и распада его на отдельные континенты для суши Земли составляет сотни миллионов лет. Науке известен происшедший 1,7 млрд лет назад цикл разрушения и создания суперконтинента.

Примерно 1,1 млрд лет назад образовался общий материк Радиний с центром на современной территории Северной Америки. Через 350 млн лет Радиний распался на мелкие континенты. Потом возник суперконтинент Гондвана, после этого – Пангея (250 млн лет назад).

Еще 350 млн лет назад на каждом материке существовали одинаковые виды животных. Примерно в это же время появились хвойные деревья и леса на их основе (считается, что лиственные деревья возникли 100–180 млн лет назад, тогда же появились и цветковые растения). С этого момента началась эра динозавров, которые вымерли около 65 млн лет назад. Поэтому в период образования суперконтинента Пангея на Земле среди растений и животных произошли коренные изменения.

Образование единого материка вызвало перемены и в климате. По останкам животных археологи определили, что 250 млн лет назад произошло массовое вымирание многих видов животных – почти 90%. Геологи утверждают, что такое вымирание произошло из-за сухости в центре Пангеи.

Пангея начала разделяться на отдельные континенты примерно 200 млн лет назад. Альпы и Гималаи еще не сформировались. Они возникли после столкновения континентов.

Приблизительно 100 млн лет назад земная кора приобрела близкие к современным очертания континентов. К этому времени произошли необычные геологические события на планете. Альпы возникли как следствие столкновения Африки и Европы. Дно океана Тетис стало вершинами Альп. Без движения тектонических плит не было бы и гор. Гималаи образовались из-за движения индийской тектонической плиты со скоростью 5 см в год и ее силового надвигания на Евразийскую плиту.

Современная физическая карта мира была почти завершена 20 млн лет назад. В это время появилась цепь островов между Южной и Северной Америками. Благодаря наносам грунта 3 млн лет назад возник Панамский перешеек, который полностью разделил Тихий и Атлантический океаны. Изменения океанических течений повлекли за собой и коренные изменения климата. Территории и акватории поверхности Земли также трансформировались.

Ныне политическое деление территорий на Земле более выраженное и раздробленное, чем географическое. Однако даже если человечество перестанет существовать, ландшафты будут меняться на материках.

Евразийская плита, на которой расположена территория России, считается геологически относительно устойчивой. Мы не нашли серьезных публикаций по этим исследованиям, как это сделали американские ученые, показав единую картину эволюции Вселенной, нашей Галактики, Солнечной системы, Земли и ее поверхности (прежде всего Северной Америки). Но думаем, что считать территорию России квазистационарной, по меньшей мере, с научной точки зрения наивно.

Что же будет в будущем?

Через 50 млн лет Атлантический океан станет шире. Средиземное море исчезнет, а вместо Италии возникнут Средиземные горы. По мнению ученых, Атлантический океан будет расширяться еще 100 млн лет.

Через 250 млн лет Атлантического океана не будет. Вместо семи материков образуется один суперконтинет под названием Пангея-Ультима. Все

города на побережьях материков погибнут. В центре этого суперконтинента будет сильная жара и произойдет массовое вымирание биологических видов. А вокруг останется холодный и бесплодный мир суши.

Так как Россия находится на относительно устойчивой и стабильной тектонической плите, геологические изменения могут ее мало коснуться или же наоборот, оказавшись в центре суперконтинента, она будет испытывать невыносимую засуху. Общий климат Земли повлияет на ее флору и фауну.

На Северном полушарии Земли 20 тыс. лет назад было оледенение. Уровень воды в океанах опустился примерно на 200 м. Это открыло шельфы, и площадь суши увеличилась в среднем на 80 км от нынешних берегов. В Скандинавии и Канаде образовались ледники толщиной до 2 км. Они начали таять 11,5 тыс. лет назад. И к настоящему времени образовались шельфы глубиной в среднем 120 м.

Примерно 9–10 тыс. лет назад возникло земледелие в предгорьях современной южной Турции, затем начался этап обустройства и использования ирригационных систем в поймах рек Тигр и Ефрат.

С тех пор прошло очень мало времени, но человечество превратило 48% поверхности суши Земли в земельные участки сельскохозяйственного назначения, т. е. в совершенно неестественные ландшафты. Леса ныне занимают менее 30% суши, а площадь пустынь медленно нарастает, заполняя уже более 20% суши.

Леса являются ядром биосферы планеты, поэтому особенно опасным становится их технологическое уничтожение.

## 1.8. Лес и лесопользование

**Космическое видение** прошлых результатов лесопользования по древесному сырью, а также по площади участков таежного ландшафта позволяет по-иному взглянуть на процессы заготовки кругляка [112]. Снимки со спутников наглядно показывают, что работники леса многократно перецегиляли в истреблении лесных массивов все лесные пожары за то же время хозяйствования (более 250 лет).

Глядя на космические снимки бывших лесосек, вспомним только одно сравнение. За прошедшие сто с лишним лет заготовка кругляка сравнима с нашествием на травяной покров саранчи, – столь впечатляюще контрасты антропогенного изменения лесных районов России по сравнению с природными катастрофами (наводнениями, пожарами, оползнями, болезнями деревьев).

В ближайшие десятилетия все эти результаты лесозаготовки по древесине в полной мере отразятся на самом населении всей России и приграничных государств. Обустраивать придется всю нарушенную природную среду страны, включая и лесные ареалы, и дефицитные по лесным участкам территории субъектов РФ.

Более века в России сельское и лесное хозяйство были разобщены. И такое разделение дел по двум обособленным ведомственным хозяйствам, которые пытаются раздельно управлять важнейшими процессами природопользования, не позволяет в полной мере применять территориальный принцип управления лесами и одновременно сельскохозяйственными угодьями.

Необходимы кардинальные государственные меры по обустройству территории всех субъектов Российской Федерации. При этом многое будет возможным в ближайшем будущем на основе аренды участков лесных и сельских земель. А для этого нужны фундаментальные исследования, позволяющие выявлять закономерности распределения земель под лесными массивами и сельскохозяйственными угодьями на территории субъектов Российской Федерации. Главное – это, как и в Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО ООН), понимать сельское хозяйство как объединение всех отраслей территориального землепользования под общим, а не внутриотраслевым, земельным кадастром, уточняющимся ежегодно, а не от случая к случаю разными ведомствами.

Издrevле на Руси крестьяне работали сезонно в лесу и на поле.

«Дубравы, луга, болота живут веками. Наши предки могли наблюдать эту веками неизменную жизнь и передавать накопленные сведения от одного поколения к другому. Они воспринимали природу как единое целое. Их работа и повседневный быт подстраивались к жизни природных комплексов, накладывавших свой отпечаток не только на время и характер сельскохозяйственных работ, но и на материальную и духовную культуру, на формирование национальных особенностей народа» [199, с. 27].

Результаты наблюдений за лесными пожарами и зарастанием гарей способствовали возникновению земледелия более чем две тысячи лет назад на границе между степью (трудность вспашки сохой) и дремучими лесами (трудность сводки крупных деревьев). «Ученые обратили внимание, что происхождению земледелия способствовал выжиг леса и трав. На месте пожара наблюдался усиленный рост трав и кустарников. Обожженная земля становилась мягче и была доступной для механической обработки. Пожог как бы сами подсказывали условия и средства создания благоприятного агрофона. Впоследствии пожог стали целенаправленным агроприемом в подсечно-огневой системе земледелия» [199, с. 53].

Территориальный принцип всегда довлел над сельским и одновременно лесным хозяйством. На это указывает тот факт, что «... занимая под пашню территорию, на которой произрастал лес, земледелец сразу же оказывался перед проблемой улучшения ее свойств. Прежде всего, он это делал, используя золу, образующуюся при сжигании выкорчеванных деревьев. Но этого хватает на два-три года. Когда свободной земли было много, обработанные участки забрасывали на несколько и даже десятки лет и переходили к корчеванию новых. Затем возвращались к заброшенной земле, успевшей снова покрыться лесом, и далее цикл работ повторялся.

Такой способ ведения сельского хозяйства получил название подсечно-огневого» [199, с. 56–57].

Ныне уже нет свободных территорий в лесостепной зоне России, они больше всего имеются в глухой тайге и болотах. Поэтому надо вернуться к пониманию циклов подсечно-огневого земледелия, но уже на принципиально новых научно-технологических принципах круговорота участков земель между лесом и пашней. Почти век назад этому помешало появление тракторов и бурное развитие сельского хозяйства на черноземных степях, а затем в степях Казахстана и на осушенных болотах Нечерноземья.

Все эти три направления земледелия в XX в. увели сельское хозяйство от лесного, причем последнее весьма слабо развивалось после гражданской войны в замкнутой ГУЛАГовской системе по сравнению с заготовкой древесины для нужд «народного хозяйства».

«Трудности вспашки дернины степи привели к тому, что в первую очередь стали осваивать лесостепь, где почва была мягче. Даже в XX веке в России многие степи были заняты пасущимися стадами, а земледелие в основном было распространено в лесостепи и южной тайге. В XV–XVIII веках большая часть российских черноземов не пахалась» [199, с. 55].

Таким образом, покрытые лесом участки земли в древности циклически превращались в пашни и обратно, а по мере уменьшения свободных земель этот цикл затем «разорвался» в сторону пашни за счет постоянного снижения площади лесов. В европейской части России вокруг Москвы и других крупных городов лесистость стала снижаться до угрожающе малых величин. Именно это обстоятельство вынуждало переносить пашни в степи, а также большими участками осушать громадные болота, которые ныне ежегодно горят. В связи с этим необходимо снова вернуться к природохозяйственным циклам, но рассматривая их от снижения пашни к новым лесам, т. е. следует переходить к разработке и реализации *программ лесоводства* на высокоаграрных территориях.

## 1.9. Коэффициент лесоаграрности

Введем принципиально новый экологический показатель – отношение площади *лесного фонда*<sup>5</sup> к площади пашни. Площадь земельных участков четко выделяется ежегодно, однако лесной фонд как пространство лесных экосистем разбросан по нескольким категориям земельного кадастра. Поэтому был предложен новый показатель – *коэффициент лесоаграрности* территории, который даже в первом приближении становится практически полезным критерием оценки экологического неравновесия. Этот показатель применим в отдельных административных или экосистемных (био-

---

<sup>5</sup> Пока не удалось выделить данные по покрытой лесом части лесного фонда, и сам он понимается больше как *древесный фонд*, т. е. не является биологическим измерителем.

геоценотических) границах, а также границах водосборного бассейна реки и его притока или же водоема [91, 120].

Критерий экологического состояния типа отношения «лес / пашня» имеет вполне конкретный смысл взаимодействия человека (населения территории) с природой. В числителе находится лес как ядро биосферы, а в знаменателе – наиболее измененная человеком часть от всей занимаемой территории (если бы не было людей, то и измененной человеком части территории тоже не было бы).

В табл. 1.1 приведены результаты вычисления коэффициента лесоагроности для всех субъектов Российской Федерации (данные по кадастрам).

К сожалению, лесной фонд нашего государства пока ориентирован только на заготовку древесного сырья (слова «лесной фонд» понимаются однозначно как «древесный фонд»), причем в основном этот государственный лесной фонд предназначен для деревоперерабатывающих предприятий других стран, и при этом многие лесные массивы распределены собственниками между разными министерствами и ведомствами России. В итоге в России нет рачительного хозяина леса.

## 1.10. Распределение субъектов Федерации

Для разделения групп субъектов РФ нами принимаются показатели территории – лесистость и доля сельскохозяйственных земель (угодий) от общей площади территории субъекта Российской Федерации.

Предложенный нами *биотехнический закон* [85–107] позволил оценить влияние общей площади земель на различные показатели деятельности людей. Закон территориальных притязаний известен всем животным и растениям. Не являются исключением и популяции людей, которые всеми мерами и силами старались и поныне в некоторых государствах стараются расширить свои территориальные владения. Так, например, ныне существуют притязания на природные ресурсы России по территории Сибири. Они оправдываются отсутствием биологически обоснованных и практически действенных вне министерств и ведомств земельных кадастров, а также тем, что население имеет плотность менее 5 человек на 1 км<sup>2</sup>. Поэтому в ходу в некоторых странах западной демократии доктрина о том, что Сибири должна прирастать не только Россия.

Таким образом, территориальные распределения со временем будут и дальше меняться на суше Земли. Но для нас гораздо важнее не мировые проблемы, а то, как за несколько веков создавалась территория России, и что представляет собой территориальный конгломерат из так называемых субъектов Российской Федерации. Физическая и иные карты России до сих пор мало издаются и почти недоступны даже студентам вузов. Но нужны и другие виды карт, учитывающих тот или иной уровень экологического неравновесия.

Таблица 1.1

## Лесоаграрные показатели территории субъектов Российской Федерации

Код	Субъект Российской Федерации	Показатели территории			Показатели лесного и сельского хозяйств				
		Общая площадь, тыс. га	Лесистость, %	Доля сельхозугодий, %	Лесной фонд, тыс. га	Доля лесного фонда, %	Пашня, тыс. га	Распаханность, %	Критерий «лесной фонд / пашня»
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Адыгея	760	36,40	43,34	178	23,42	257,5	33,88	0,691
2	Алтай	9 260	42,40	13,83	3 521	38,02	140,5	1,52	25,060
3	Башкирия	14 360	38,40	50,28	5 001	34,83	4 463,1	31,08	1,121
4	Бурятия	35 130	63,40	6,65	20 269	57,70	788,5	2,25	25,706
5	Дагестан	5 030	8,70	55,10	360	7,16	492,1	9,78	0,732
6	Ингушетия	375	39,80	45,20	76	20,27	96,2	25,65	0,790
7	Кабардино-Балкария	1 250	14,90	53,14	137	10,96	320,5	25,64	0,427
8	Калмыкия	7 590	0,20	63,46	15	0,20	833,8	10,99	0,018
9	Карачаево-Черкесия	1 410	30,00	37,52	373	26,45	156,5	11,10	2,383
10	Карелия	17 240	52,00	0,84	9 267	53,75	73,6	0,43	125,910
11	Коми	41 590	72,10	0,73	29 229	70,28	97,7	0,23	299,171
12	Марий Эл	2 320	55,10	33,15	1 101	47,46	634,4	27,35	1,735
13	Мордовия	2 620	26,50	62,56	541	20,65	1 174,3	44,82	0,461
14	Саха (Якутия)	310 320	46,70	0,34	143 227	46,15	107,5	0,04	–
15	Северная Осетия	800	23,30	44,05	167	20,88	200	25,00	0,835

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Татарстан	6 800	16,80	65,26	1 026	15,09	3 480,2	51,18	0,295
17	Тува	17 050	48,00	15,00	7 841	45,99	189,4	1,11	41,399
18	Удмуртия	4 210	45,80	42,88	1 482	35,20	1 479,2	35,14	1,002
19	Хакасия	6 190	48,00	26,93	2 809	45,38	680,3	10,99	4,129
20	Чечня	1 545	19,10	0,00	261	16,89	0,0	0,00	–
21	Чувашия	1 830	31,30	50,74	534	29,18	782,5	42,76	0,682
22	Алтайский край	16 910	21,30	55,13	2 706	16,00	6 590,6	38,98	0,411
23	Краснодарский край	7 600	20,20	57,86	1 247	16,41	3 880,4	51,06	0,321
24	Красноярский край	71 000	72,10	7,22	48 766	68,68	3 109,5	4,38	15,683
25	Приморский край	16 590	76,10	7,18	11 335	68,32	700	4,22	16,193
26	Ставропольский край	6 650	1,50	81,47	84	1,26	3 888,3	58,47	0,022
27	Хабаровский край	78 860	68,20	0,36	52 504	66,58	106,7	0,14	492,071
28	Амурская обл.	36 370	63,90	4,89	22 460	61,75	1 238,7	3,41	18,132
29	Архангельская обл.	41 070	53,50	1,54	20 185	49,15	288,1	0,70	70,062
30	Астраханская обл.	4 410	1,90	54,32	80	1,81	285,9	6,48	0,280
31	Белгородская обл.	2 710	8,50	72,03	203	7,49	1 617,5	59,69	0,126
32	Брянская обл.	3 490	32,40	48,06	733	21,00	1 180,5	33,83	0,621
33	Владимирская обл.	2 900	50,40	33,12	969	33,41	638,3	22,01	1,518
34	Волгоградская обл.	11 410	4,40	69,08	378	3,31	5 704,5	50,00	0,066
35	Вологодская обл.	14 750	69,40	8,23	7 178	48,66	806,5	5,47	8,900

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36	Воронежская обл.	5 240	8,40	76,67	346	6,60	3 066,8	58,53	0,113
37	Ивановская обл.	2 390	45,60	32,33	723	30,25	568,1	23,77	1,273
38	Иркутская обл.	74 560	80,40	3,16	57 799	77,52	1 121,4	1,50	51,542
39	Калининградская обл.	1 510	19,50	42,56	228	15,10	356,2	23,59	0,640
40	Калужская обл.	2 990	44,60	44,43	677	22,64	945,4	31,62	0,716
41	Камчатская обл.	17 080	56,40	0,66	8 945	52,37	58,8	0,34	152,126
42	Кемеровская обл.	9 550	58,70	24,91	4 324	45,28	1 506,6	15,78	2,870
43	Кировская обл.	12 080	62,80	23,67	5 733	47,46	2 267,7	18,77	2,528
44	Костромская обл.	6 010	73,50	15,64	3 363	55,96	653,6	10,88	5,145
45	Курганская обл.	7 100	22,30	54,22	1 105	15,56	2 759,5	38,87	0,400
46	Курская обл.	2 980	7,80	80,39	197	6,61	1 922,7	64,52	0,102
47	Ленинградская обл.	8 590	56,00	8,03	3 495	40,69	418,8	4,86	8,345
48	Липецкая обл.	2 410	8,00	80,13	144	5,98	1 572,8	65,26	0,092
49	Магаданская обл.	46 140	38,40	0,19	17 070	37,00	25,4	0,06	672,047
50	Московская обл.	4 700	41,00	33,51	1 548	32,94	1 165,6	24,80	1,328
51	Мурманская обл.	14 490	36,30	0,16	5 027	34,69	18,6	0,13	270,269
52	Нижегородская обл.	7 480	47,30	39,20	2 841	37,98	2 139,4	28,60	1,328
53	Новгородская обл.	5 530	64,10	12,06	2 199	39,76	451	8,16	4,876
54	Новосибирская обл.	17 820	26,10	43,65	2 654	14,89	3 662,2	20,55	0,725
55	Омская обл.	13 970	31,70	45,89	2 585	18,50	4 166,8	29,83	0,620

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
56	Оренбургская обл.	12 400	4,50	85,65	450	3,63	6 101,1	49,20	0,074
57	Орловская обл.	2 470	7,80	80,51	125	5,06	1 580,7	64,00	0,079
58	Пензенская обл.	4 320	21,30	63,99	791	18,31	2 315,6	53,60	0,342
59	Пермская обл.	12 770	66,50	19,37	6 798	53,23	1 869,6	14,64	3,636
60	Псковская обл.	5 530	38,10	24,84	1 090	19,71	822,9	14,88	1,325
61	Ростовская обл.	10 080	2,50	82,21	212	2,10	5 962,6	59,15	0,036
62	Рязанская обл.	3 960	25,40	62,48	731	18,46	1 653,0	41,74	0,442
63	Самарская обл.	5 360	12,60	72,35	527	9,83	3 062,7	57,14	0,172
64	Саратовская обл.	10 020	5,70	82,64	434	4,33	5 792,5	57,81	0,075
65	Сахалинская обл.	8 710	64,80	1,25	5 467	62,77	47,4	0,54	115,338
66	Свердловская обл.	19 480	66,90	11,28	10 964	56,28	1 495,2	7,68	7,333
67	Смоленская обл.	4 980	41,10	39,44	935	18,78	1 379,3	28,00	0,678
68	Тамбовская обл.	3 430	10,30	77,11	300	8,75	2 095,8	61,10	0,143
69	Тверская обл.	8 410	53,70	26,33	2 117	25,17	1 470,3	17,48	1,440
70	Томская обл.	31 690	59,40	3,73	17 279	54,53	658,4	2,078	26,244
71	Тульская обл.	2 570	13,50	67,47	261	10,16	1 467,5	57,10	0,178
72	Тюменская обл.	16 180	40,70	20,85	5 322	32,89	1 493,4	9,23	3,564
73	Ульяновская обл.	3 730	26,40	57,30	875	23,46	1 720	46,11	0,509
74	Челябинская обл.	8 790	28,50	54,55	2 346	26,69	3 042,3	34,61	0,771
75	Читинская обл.	41 250	69,60	13,82	26 857	65,11	712,2	1,73	37,710

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
76	Ярославская обл.	3 640	45,20	28,88	861	23,65	768,0	21,10	1,121
79	Еврейская авт. обл.	3 600	45,10	6,08	1 530	42,50	87,8	2,44	17,426
80	Агинский-Бурятский авт. окр.	1 900	32,00	46,65	506	26,63	120,7	6,35	4,192
81	Коми-Пермяцкий авт. окр.	3 290	80,10	0,00	2 405	73,10	0,0	0,00	–
82	Корякский авт. окр.	30 150	35,00	0,08	10 234	33,94	2,6	0,01	–
83	Ненецкий авт. окр.	17 670	1,10	0,12	191	1,08	0,0	0,00	–
84	Таймырский авт. окр.	86 210	3,80	0,01	3 183	3,69	0,0	0,00	–
85	Усть-Ордынский авт. окр.	2 230	49,80	34,72	1 026	46,01	553,2	24,81	1,855
86	Ханты-Мансийский авт. окр.	52 310	52,00	0,61	26 917	51,46	10,0	0,02	–
87	Чукотский авт. окр.	73 770	7,10	0,01	5 064	6,86	0,0	0,00	–
88	Эвенкийский авт. окр.	76 760	66,50	0,01	49 882	64,98	0,1	0,00	–
89	Ямало-Ненецкий авт. окр.	75 030	21,10	0,06	1 5745	20,98	0,8	0,00	–

*Примечание.* Для значений критерия лес / пашня свыше 1000 поставлены прочерки. Это субъекты Российской Федерации только по земельным участкам лесного фонда без учета участков земель под пашни.

Поэтому нами были предложены лесоаграрные распределения. В одну популяционную группу включались те субъекты РФ, которые имеют значения коэффициента лесоаграрности, находящиеся на одной кривой формулы биотехнического закона.

В табл. 1.2 приведены эти группы и статистические модели их распределения, где объясняющей переменной становится общая площадь территории каждого из субъектов Российской Федерации.

Для оценки адекватности готовой статистической модели принимается значение максимальной относительной погрешности  $\Delta_{\max}$ , которое в табл. 1.2 выделено курсивом. Доверие (доверительная вероятность) к готовой статистической модели будет равно  $D = 100 - |\Delta_{\max}|$ . То есть для статистических формул получается доверие не ниже этого доверительного значения. Например, для первой группы регионов доверие к статистической закономерности, приведенной в табл. 1.2, будет не ниже  $100 - 5,35 = 94,65\%$ .

В 18-й группе наименьшие значения коэффициента лесоаграрности среди всех регионов России получили Калмыкия и Ставропольский край. При этом расчетное значение этого показателя почти в два раза выше фактического у Ставропольского края.

Поэтому здесь необходимы решительные лесоаграрные и биотехнические меры по программам лесоводства на последующие 30–40 лет.

### 1.11. Семейства субъектов Российской Федерации

Характер изменения показателя лесоаграрности для биологической оценки территориального экологического неравновесия позволил выделить пять семейств субъектов РФ, каждый из которых включает в себя несколько групп, приведенных в табл. 1.2.

На рис. 1.3 графически показано первое семейство (нумерация соответствует нумерации групп, приведенной в табл. 1.2).

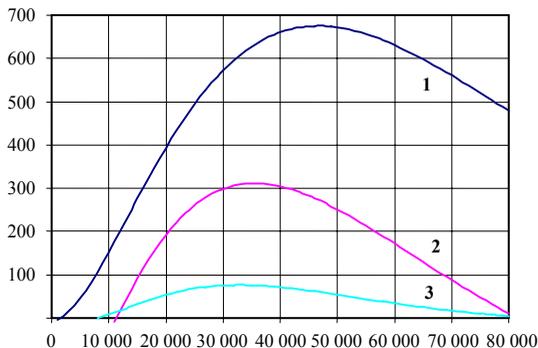


Рис. 1.3. Изменения коэффициента лесоаграрности от общей площади земель по трем группам первого семейства субъектов РФ

Таблица 1.2

## Группы субъектов Российской Федерации по критерию «лесной фонд / пашня»

Код	Субъект Российской Федерации	Площадь $S$ , тыс. га	Лесистость $v$ , %	Доля с.-х. земель $\mu$ , %	Фактическое значение $\bar{K}$	Расчетные значения		
						$K$	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Нулевая группа</b> (площадь лесного фонда в зависимости от общей площади)								
Подгруппа А $S_{\text{лф}} = 892,17S^{0,43243} \exp(-1,6000 \cdot 10^{-17}S) - 67940,3$								
14	Саха (Якутия)	310 320	46,70	0,34	143 227	143 548	-320,8	-0,22
82	Корякский авт. окр.	30 150	35,00	0,08	10 234	9 228	1 006,2	9,83
86	Ханты-Мансийский авт. окр.	52 310	52,00	0,61	26 917	29 990	-3 073,2	-11,42
88	Эвенкийский авт. окр.	76 760	66,50	0,01	49 882	52 109	2 227,1	4,46
Подгруппа В (закономерность неточная)								
20	Чечня	1 545	19,10	0,00	–	–	–	–
81	Коми-Пермяцкий авт. окр.	3 290	80,10	0,00	–	–	–	–
89	Ямало-Ненецкий авт. окр.	75 030	21,10	0,06	–	–	–	–
Подгруппа С (закономерность неточная)								
83	Ненецкий авт. окр.	17 670	1,10	0,12	–	–	–	–
84	Таймырский авт. окр.	86 210	3,80	0,01	–	–	–	–
87	Чукотский авт. окр.	73 770	7,10	0,01	–	–	–	–
<b>Первая группа</b> $K = 4,4739 \cdot 10^{-6} S^{1,93188} \exp(-4,0332 \cdot 10^{-5} S^{1,00222}) - 6,324$								
27	Хабаровский край	78 860	68,20	0,36	492,071	488,479	3,592	0,73

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	Магаданская обл.	46 140	38,40	0,19	672,047	675,060	-3,013	-0,45
51	Мурманская обл.	14 490	36,30	0,16	270,269	262,419	7,385	2,73
65	Сахалинская обл.	87 10	64,80	1,25	115,338	121,509	-6,171	-5,35
<b>Вторая группа</b> $K = 5,3001 \cdot 10^{-5} S^{1,71150} \exp(-5,5930 \cdot 10^{-5} S^{0,98702}) - 263,089$								
10	Карелия	17 240	52,00	0,84	125,910	140,722	-14,812	-11,76
11	Коми	41 590	72,10	0,73	299,171	298,929	0,242	0,08
38	Иркутская обл.	74 560	80,40	3,16	51,542	51,677	-0,135	-0,26
41	Камчатская обл.	17 080	56,40	0,66	152,126	137,434	14,692	9,66
<b>Третья группа</b> $K = 5,5925 \cdot 10^{-10} S^{2,75004} \exp(-8,8117 \cdot 10^{-5} S^{0,99556}) - 16,162$								
17	Тува	17 050	48,00	15,00	41,399	41,399	3,3e-7	0,00
24	Красноярский край	71 000	72,10	7,22	15,683	15,683	9,4e-5	0,00
29	Архангельская обл.	41 070	53,50	1,54	70,062	70,062	1,3e-5	0,00
<b>Четвертая группа</b> $K = 0,53824 S^{0,427828} \exp(-7,2062 \cdot 10^{-6} S)$								
2	Алтай	9 260	42,40	13,83	25,060	25,061	-0,001	-0,00
75	Читинская обл.	41 250	69,60	13,82	37,710	37,710	0,000	0,00
79	Еврейская авт. обл.	3 600	45,10	6,08	17,426	17,425	0,001	0,01
<b>Пятая группа</b> $K = 3,8065 \cdot 10^{-8} S^{2,22950} \exp(-0,00065607 S^{0,80519})$								
4	Бурятия	35 130	63,40	6,65	25,706	25,845	-0,139	-0,54
44	Костромская обл.	6 010	73,50	15,64	5,145	4,911	0,234	4,55
47	Ленинградская обл.	8 590	56,00	8,03	8,345	8,555	-0,210	-2,52

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	Томская обл.	31 690	59,40	3,73	26,244	26,081	0,163	0,62
<b>Шестая группа</b> $K = 0,011337S^{0,78873} \exp(-1,5906 \cdot 10^{-5} S^{1,04266})$								
25	Приморский край	16 590	76,10	7,18	16,193	16,193	-6,2e-6	-0,00
28	Амурская обл.	36 370	63,90	4,89	18,132	18,132	0,001	0,01
80	Агинский-Бурятский авт. окр.	1 900	32,00	46,65	4,192	4,192	4,9e-5	0,00
<b>Седьмая группа</b> $K = 2,0600 \cdot 10^{-6} S^{1,78906} \exp(-0,00010613S^{1,02157})$								
35	Вологодская обл.	14 750	69,40	8,23	8,900	8,627	0,273	3,07
53	Новгородская обл.	5 530	64,10	12,06	4,876	5,045	-0,169	-3,47
66	Свердловская обл.	19 480	66,90	11,28	7,333	7,536	-0,203	-2,77
<b>Восьмая группа</b> $K = 0,034030S^{0,59843} \exp(-5,1956 \cdot 10^{-5} S^{1,03600})$								
9	Карачаево-Черкесия	1 410	30,00	37,52	2,383	2,372	0,011	0,46
19	Хакасия	6 190	48,00	26,93	4,129	4,071	0,058	1,40
59	Пермская обл.	12 770	66,50	19,37	3,636	3,838	-0,202	-5,56
72	Тюменская обл.	16 180	40,70	20,85	3,564	3,413	0,151	4,24
<b>Девятая группа</b> $K = 0,00085974S^{1,03750} \exp(-0,00013769S^{1,00640})$								
42	Кемеровская обл.	9 550	58,70	24,91	2,870	2,871	-0,001	-0,03
43	Кировская обл.	12 080	62,80	23,67	2,528	2,526	0,002	0,08
85	Усть-Ордынский авт. окр.	2 230	49,80	34,72	1,855	1,854	0,001	0,05
<b>Десятая группа</b> $K = 0,17889S^{0,32151} \exp(-0,00011216S^{0,98063})$								
3	Башкирия	14 360	38,40	50,28	1,121	1,019	0,102	9,10

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Марий Эл	2 320	55,10	33,15	1,735	1,727	0,008	0,46
54	Новосибирская обл.	17 820	26,10	43,65	0,725	0,797	-0,072	-9,93
69	Тверская обл.	8 410	53,70	26,33	1,440	1,481	-0,041	-2,85
<b>Одиннадцатая группа</b> $K = 0,0018191S^{0,93860} \exp(-0,00056480S^{0,90305})$								
22	Алтайский край	16 910	21,30	55,13	0,411	0,412	-0,001	-0,24
33	Владимирская обл.	2 900	50,40	33,12	1,518	1,518	-1,1e-5	-0,00
52	Нижегородская обл.	7 480	47,30	39,20	1,328	1,328	-0,000	-0,01
55	Омская обл.	13 970	31,70	45,89	0,620	0,620	0,000	0,00
<b>Двенадцатая группа</b> $K = 0,00011223S^{1,31882} \exp(-0,00064588S^{0,93427})$								
37	Ивановская обл.	2 390	45,60	32,33	1,273	1,269	0,004	0,31
50	Московская обл.	4 700	41,00	33,51	1,328	1,370	-0,042	-3,16
60	Псковская обл.	5 530	38,10	24,84	1,325	1,276	0,049	3,69
74	Челябинская обл.	8 790	28,50	54,55	0,771	0,784	-0,013	-1,69
<b>Тринадцатая группа</b> $K = 0,52796S^{0,22510} \exp(-0,00017999S^{0,93592}) - 1,209$								
6	Ингушетия	375	39,80	45,20	0,790	0,705	0,085	10,76
15	Северная Осетия	800	23,30	44,05	0,835	0,956	-0,121	-14,49
18	Удмуртия	4 210	45,80	42,88	1,002	1,008	-0,006	-0,60
56	Оренбургская обл.	12 400	4,50	85,65	0,074	0,092	-0,018	-24,32
76	Ярославская обл.	3 640	45,20	28,88	1,121	1,061	0,060	5,35

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Четырнадцатая группа</b> $K = 2,65630S^{0,072121} \exp(-6,5542 \cdot 10^{-5} S^{0,92643}) - 3,504$								
1	Адыгея	760	36,40	43,34	0,691	0,653	0,038	5,50
5	Дагестан	5 030	8,70	55,10	0,732	0,615	0,117	15,98
21	Чувашия	1 830	31,30	50,74	0,682	0,758	-0,076	-11,14
34	Волгоградская обл.	11 410	4,40	69,08	0,066	0,073	-0,007	-10,61
40	Калужская обл.	2 990	44,60	44,43	0,716	0,740	-0,024	-3,35
45	Курганская обл.	7 100	22,30	54,22	0,400	0,448	-0,048	-12,00
<b>Пятнадцатая группа</b> $K = 0,0013135S^{0,91882} \exp(-0,00053187S^{0,94980})$								
23	Краснодарский край	7 600	20,20	57,86	0,321	0,346	-0,045	-14,02
32	Брянская обл.	3 490	32,40	48,06	0,621	0,689	-0,068	-10,95
39	Калининградская обл.	1 510	19,50	42,56	0,640	0,628	0,012	1,88
67	Смоленская обл.	4 980	41,10	39,44	0,678	0,582	0,096	14,16
<b>Шестнадцатая группа</b> $K = 0,0026507S^{0,75664} \exp(-0,00019689S^{1,04822})$								
7	Кабардино-Балкария	1 250	14,90	53,14	0,427	0,413	0,014	3,28
13	Мордовия	2 620	26,50	62,56	0,461	0,481	-0,020	-4,34
16	Татарстан	6 800	16,80	65,26	0,295	0,295	0,024	8,14
58	Пензенская обл.	4 320	21,30	63,99	0,342	0,418	-0,076	-22,22
62	Рязанская обл.	3 960	25,40	62,48	0,442	0,437	0,005	1,13
73	Ульяновская обл.	3 730	26,40	57,30	0,509	0,448	0,061	11,98

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Семнадцатая группа</b> $K = 8,0158 \cdot 10^{-10} S^{2,66721} \exp(-0,00055282S^{1,01967})$								
30	Астраханская обл.	4 410	1,90	54,32	0,280	0,237	0,043	15,36
61	Ростовская обл.	10 080	2,50	82,21	0,036	0,048	-0,012	-33,33
63	Самарская обл.	5 360	12,60	72,35	0,172	0,212	-0,040	-23,26
64	Саратовская обл.	10 020	5,70	82,64	0,075	0,049	0,026	34,67
71	Тульская обл.	2 570	13,50	67,47	0,178	0,190	-0,012	-6,74
<b>Восемнадцатая группа</b> $K = 1,0198 \cdot 10^{-23} S^{7,12127} \exp(-0,0034002S^{0,93680})$								
8	<i>Калмыкия</i>	7 590	0,20	63,46	0,018	0,019	-0,001	-5,56
26	Ставропольский край	6 650	1,50	81,47	0,022	0,040	-0,018	-81,82
31	Белгородская обл.	2 710	8,50	72,03	0,126	0,106	0,020	15,87
36	Воронежская обл.	5 240	8,40	76,67	0,113	0,098	0,015	13,27
46	Курская обл.	2 980	7,80	80,39	0,102	0,124	-0,022	-21,57
48	Липецкая обл.	2 410	8,00	80,13	0,092	0,083	0,009	9,78
57	Орловская обл.	2 470	7,80	80,51	0,079	0,088	-0,009	-11,39
68	Тамбовская обл.	3 430	10,30	77,11	0,143	0,143	-0,000	-0,21

*Примечание:*  $\bar{K}$  – фактические значения коэффициента лесоаграрного состояния территории, полученные делением площади лесных участков на площадь пашни, причем в пределах территорий субъектов РФ;  $K$  – расчетные значения коэффициента лесоаграрного состояния территории по готовой статистической модели (приведены по группам субъектов РФ);  $\varepsilon$  – остатки, вычисляемые по формуле  $\varepsilon = \bar{K} - K$ , т. е. абсолютная погрешность как разница между фактическими и расчетными значениями изучаемого показателя;  $\Delta$  – относительная погрешность, вычисляемая из математического соотношения  $\Delta = 100\varepsilon / K$ .

Нулевая группа субъектов Федерации не рассматривается, так как в ней имеются специфические черты: суровый климат, полный развал хозяйства из-за войны и пр. Для субъектов этой группы необходимо учитывать отдельные системы мер по рационализации лесопользования и ведения сельского хозяйства (например, в суровых климатических условиях предлагается восстановить тепличные хозяйства).

Во второе семейство (рис. 1.4) входят 13 субъектов Федерации.

Закономерности у всех групп субъектов страны одинаковы по математической конструкции, но первая группа отличается очень высокими значениями коэффициента лесоаграрности. Это указывает на то, что все 11 субъектов, входящих в первое семейство, образуют основной костяк всего лесного дела России.

Каждому из них можно полностью доверять ведение лесного хозяйства с передачей администрациям многих прав хозяйственной деятельности. Однако сразу же заметим, что одновременно с передачей прав все леса России должны быть в информационно-аналитическом аспекте подчинены лесной инспекции. Лучше всего принять передовую международную схему формирования единого ведомства сельского хозяйства, куда вошли бы все существующие отраслевые территориальные ведомства.

Одновременно статистическая отчетность по доле валового внутреннего продукта стала бы сопоставимой с данными из ФАО ООН. Тогда появится возможность самостоятельного сравнения каждого субъекта РФ с любой из стран мира.

Еще пять групп, включающих 19 субъектов РФ, входят в третье семейство, у которого имеются относительно невысокие значения показателя лесоаграрности (рис. 1.5).

В четвертом семействе, включающем 21 субъект (рис. 1.6), надо увеличивать лесистость за счет посадки и выращивания древостоев, которые со временем сами сформируют лесные массивы.

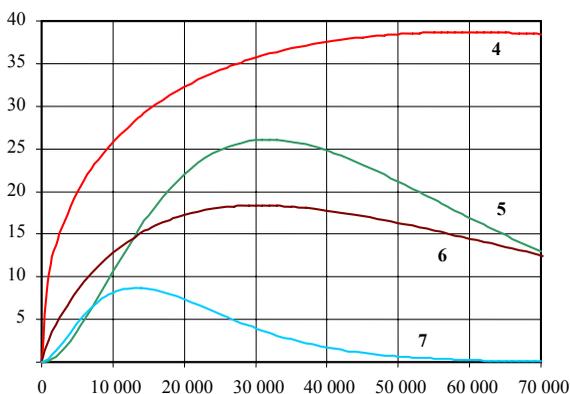


Рис. 1.4. Изменения коэффициента лесоаграрности от общей площади земель по четырем группам второго семейства субъектов РФ

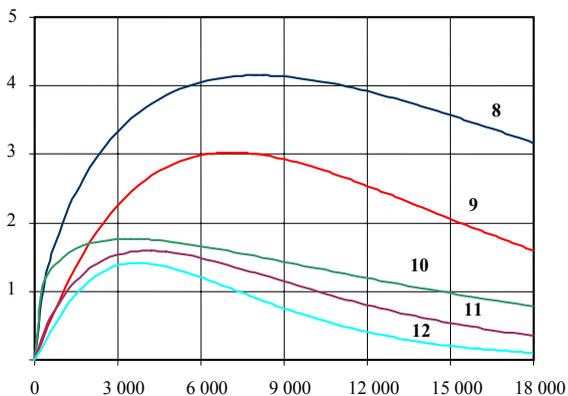


Рис. 1.5. Изменения коэффициента лесоаграрности от общей площади земель по пяти группам третьего семейства субъектов РФ

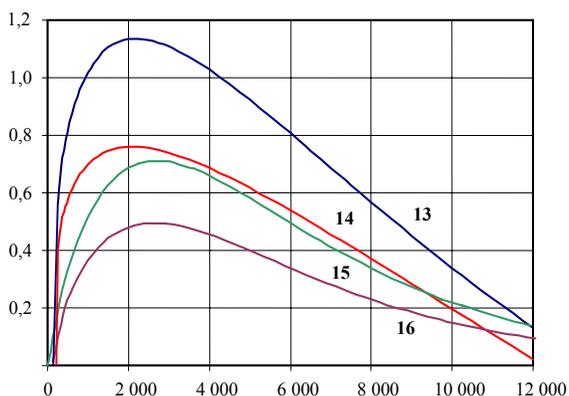


Рис. 1.6. Изменения коэффициента лесоаграрности от общей площади земель по четырем группам четвертого семейства субъектов РФ

При этом долю земель сельскохозяйственного назначения нежелательно далее увеличивать, а неудобья и брошенные в сельском хозяйстве земли нужно преобразовать в лесные угодья.

Последнее, пятое семейство, включающее 13 субъектов РФ, имеет угрожающе малые значения коэффициента лесоаграрности (рис. 1.7).

Здесь необходимо срочно начинать облесение тех участков сельскохозяйственных земель (не менее 30% по опыту США, начавших программу лесоводства страны в 1960 г.), которые будут выделены самими землевладельцами и арендаторами.

При этом государство должно субсидировать в течение 12–15 лет с момента массовой посадки деревьев те потери в валовом сборе урожая, которые неизбежны в первые годы реализации программы лесоводства.

Если к программе лесоводства приступить с 2011–2015 гг., то начиная с 2030 г. валовой сбор урожая с меньших по площади сельскохозяйственных земель будет даже больше, чем нынче (опыт США с 1961 г.).

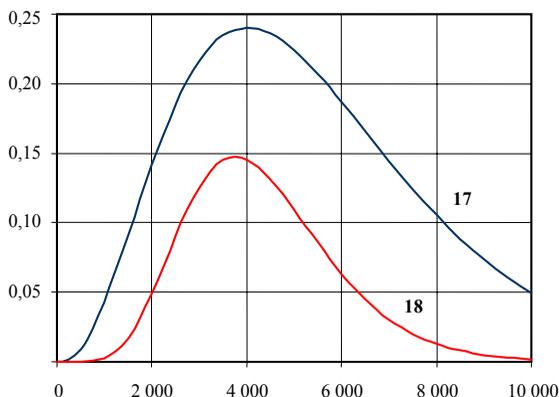


Рис. 1.7. Изменения коэффициента лесоаграрности от общей площади земель по двум группам пятого семейства субъектов РФ

При этом лесистость последних двух групп субъектов РФ увеличится до 30–35%. Это изменит и местный климат в лучшую сторону.

## 1.12. Шкалы лесистости и доли сельскохозяйственных земель

Многим людям, в особенности неспециалистам, желательно получить качественные характеристики территории. Это привычно и удобнее.

Для этого в табл. 1.3 предлагаются квалиметрические шкалы лесистости и доли сельскохозяйственных угодий от общей площади.

Эти две шкалы были составлены исходя из принципа экологического равновесия территории по Н. Ф. Реймерсу [15, с. 362–363, рис. 117]. Поддержание данного равновесия может быть выполнено специально выделенными участками земель под новые лесные массивы. Причем в этих квалиметрических шкалах учитывается ранее существовавший или желаемый баланс между преобразованными человеком и естественными экосистемами, выраженный в процентах от общей площади территории.

При различных соотношениях значений площади земельных участков как физической величины под преобразованными и естественными экосистемами (биогеоценозами) изменяется суммарный экологический и социально-экономический эффект (сумма полезностей).

При этом, по Н. Ф. Реймерсу, целесообразное экологическое равновесие (100% полезностей) возникает при примерном соотношении 40% преобразованных и 60% естественных экосистем.

Пашни являются важнейшей частью земельных угодий, тогда с учетом дорог, водных объектов и поселений долю земель сельскохозяйственного назначения для достижения экологического равновесия можно принять также на уровне 40%. Поэтому этот уровень нами был назван среднеаграрным качественным состоянием территории.

Классификация качественных значений показателей территории  
субъектов Российской Федерации

Интервалы значений показателей территории, %	Качественная характеристика интервалов значений показателей состояния территории	
	по лесистости территории	по доле сельскохозяйственных земель
Более 85	Сплошнолесная	Предельноаграрная
65–85	Многолесная	Сверхвысокоаграрная
45–65	Умереннолесная	Высокоаграрная
25–45	Частичнолесная	Среднеаграрная
10–25	Малолесная	Умеренноаграрная
1–10	Нелесная	Низкоаграрная
0–1	Безлесная	Неаграрная

Растительный покров на территории может быть полностью занят участками леса. Поэтому 60%-й уровень естественных экосистем для экологического равновесия территории субъекта РФ нами назван умеренно лесным качественным состоянием. Если лесистость составляет менее 10%, то это состояние территории названо нелесным, ниже 1% – безлесным.

### 1.13. Характеристика территории по лесистости и аграрности

В табл. 1.4 приведены качественные характеристики территории всех субъектов Российской Федерации по показателям лесистости и доли сельскохозяйственных угодий. В этом случае территориальный подход к рациональному природопользованию будет заключаться в том, чтобы каждый субъект стремился к уровню умереннолесной и среднеаграрной территории.

Количественная и качественная характеристика субъектов РФ позволяет подойти к разработке различных федеральных комплексных целевых программ природопользования и природообустройства. При этом все субъекты РФ разделяются на 19 групп и 5 семейств, что позволит облегчить не только управление лесами, но и управление землями сельскохозяйственного назначения в русле повышения лесистости территории у высокоаграрных, сверхвысокоаграрных и предельно аграрных субъектов Российской Федерации.

Таблица 1.4

## Качественная характеристика территории субъектов Российской Федерации

Код	Субъект Российской Федерации	Площадь S, тыс. га	Лесистость v, %	Доля с.-х. земель $\mu$ , %	Качественная характеристика	
					по лесистости	по доле с.-х. земель
1	2	3	4	5	6	7
<b>Нулевая группа, подгруппа А</b>						
14	Саха (Якутия)	310 320	46,70	0,34	Умереннолесная	Неаграрная
82	Корякский авт. окр.	30 150	35,00	0,08	Частичнолесная	Неаграрная
86	Ханты-Мансийский авт. окр.	52 310	52,00	0,61	Умереннолесная	Неаграрная
88	Эвенкийский авт. окр.	76 760	66,50	0,01	Многолесная	Неаграрная
<b>Подгруппа В</b>						
20	Чечня	1 545	19,10	0,00	Малолесная	Неаграрная
81	Коми-Пермяцкий авт. окр.	3 290	80,10	0,00	Многолесная	Неаграрная
89	Ямало-Ненецкий авт. окр.	75 030	21,10	0,06	Малолесная	Неаграрная
<b>Подгруппа С</b>						
83	Ненецкий авт. окр.	17 670	1,10	0,12	Нелесная	Неаграрная
84	Таймырский авт. окр.	86 210	3,80	0,01	Нелесная	Неаграрная
87	Чукотский авт. окр.	73 770	7,10	0,01	Нелесная	Неаграрная
<b>Первая группа</b>						
27	Хабаровский край	78 860	68,20	0,36	Многолесная	Неаграрная
49	Магаданская обл.	46 140	38,40	0,19	Частичнолесная	Неаграрная

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
51	Мурманская обл.	14 490	36,30	0,16	Частичнолесная	Неаграрная
65	Сахалинская обл.	8 710	64,80	1,25	Умереннолесная	Низкоаграрная
<b>Вторая группа</b>						
10	Карелия	17 240	52,00	0,84	Умереннолесная	Неаграрная
11	Коми	41 590	72,10	0,73	Многолесная	Неаграрная
38	Иркутская обл.	74 560	80,40	3,16	Многолесная	Низкоаграрная
41	Камчатская обл.	17 080	56,40	0,66	Умереннолесная	Неаграрная
<b>Третья группа</b>						
17	Тува	17 050	48,00	15,00	Умереннолесная	Умеренноаграрная
24	Красноярский край	71 000	72,10	7,22	Многолесная	Низкоаграрная
29	Архангельская обл.	41 070	53,50	1,54	Умереннолесная	Низкоаграрная
<b>Четвертая группа</b>						
2	Алтай	9 260	42,40	13,83	Частичнолесная	Умеренноаграрная
75	Читинская обл.	41 250	69,60	13,82	Многолесная	Умеренноаграрная
79	Еврейская авт.обл.	3 600	45,10	6,08	Умереннолесная	Низкоаграрная
<b>Пятая группа</b>						
4	Бурятия	35 130	63,40	6,65	Умереннолесная	Низкоаграрная
44	Костромская обл.	6 010	73,50	15,64	Многолесная	Умеренноаграрная
47	Ленинградская обл.	8 590	56,00	8,03	Умереннолесная	Низкоаграрная
70	Томская обл.	31 690	59,40	3,73	Умереннолесная	Низкоаграрная

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
<b>Шестая группа</b>						
25	Приморский край	16 590	76,10	7,18	Многолесная	Низкоаграрная
28	Амурская обл.	36 370	63,90	4,89	Умереннолесная	Низкоаграрная
80	Агинский-Бурятский авт. окр.	1 900	32,00	46,65	Частичнолесная	Высокоаграрная
<b>Седьмая группа</b>						
35	Вологодская обл.	14 750	69,40	8,23	Многолесная	Низкоаграрная
53	Новгородская обл.	5 530	64,10	12,06	Умереннолесная	Умеренноаграрная
66	Свердловская обл.	19 480	66,90	11,28	Многолесная	Умеренноаграрная
<b>Восьмая группа</b>						
9	Карачаево-Черкесия	1 410	30,00	37,52	Частичнолесная	Среднеаграрная
19	Хакасия	6 190	48,00	26,93	Умереннолесная	Среднеаграрная
59	Пермская обл.	12 770	66,50	19,37	Многолесная	Умеренноаграрная
72	Тюменская обл.	16 180	40,70	20,85	Частичнолесная	Умеренноаграрная
<b>Девятая группа</b>						
42	Кемеровская обл.	9 550	58,70	24,91	Умереннолесная	Умеренноаграрная
43	Кировская обл.	12 080	62,80	23,67	Умереннолесная	Умеренноаграрная
85	Усть-Ордынский авт. окр.	2 230	49,80	34,72	Умереннолесная	Среднеаграрная
<b>Десятая группа</b>						
3	Башкирия	14 360	38,40	50,28	Частичнолесная	Высокоаграрная
12	Марий Эл	2 320	55,10	33,15	Умереннолесная	Среднеаграрная

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
54	Новосибирская обл.	17 820	26,10	43,65	Частичнолесная	Среднеаграрная
69	Тверская обл.	8 410	53,70	26,33	Умереннолесная	Среднеаграрная
<b>Одиннадцатая группа</b>						
22	Алтайский край	16 910	21,30	55,13	Малолесная	Высокоаграрная
33	Владимирская обл.	2 900	50,40	33,12	Умереннолесная	Среднеаграрная
52	Нижегородская обл.	7 480	47,30	39,20	Умереннолесная	Среднеаграрная
55	Омская обл.	13 970	31,70	45,89	Частичнолесная	Высокоаграрная
<b>Двенадцатая группа</b>						
37	Ивановская обл.	2 390	45,60	32,33	Умереннолесная	Высокоаграрная
50	Московская обл.	4 700	41,00	33,51	Частичнолесная	Среднеаграрная
60	Псковская обл.	5 530	38,10	24,84	Частичнолесная	Среднеаграрная
74	Челябинская обл.	8 790	28,50	54,55	Частичнолесная	Высокоаграрная
<b>Тринадцатая группа</b>						
6	Ингушетия	375	39,80	45,20	Частичнолесная	Высокоаграрная
15	Северная Осетия	800	23,30	44,05	Малолесная	Среднеаграрная
18	Удмуртия	4 210	45,80	42,88	Умереннолесная	Высокоаграрная
56	Оренбургская обл.	12 400	4,50	85,65	Нелесная	Предельноаграрная
76	Ярославская обл.	3 640	45,20	28,88	Умереннолесная	Высокоаграрная
<b>Четырнадцатая группа</b>						
1	Адыгея	760	36,40	43,34	Частичнолесная	Среднеаграрная

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
5	Дагестан	5 030	8,70	55,10	Нелесная	Высокоаграрная
21	Чувашия	1 830	31,30	50,74	Частичнолесная	Высокоаграрная
34	Волгоградская обл.	11 410	4,40	69,08	Нелесная	Сверхаграрная
40	Калужская обл.	2 990	44,60	44,43	Частичнолесная	Среднеаграрная
45	Курганская обл.	7 100	22,30	54,22	Малолесная	Высокоаграрная
<b>Пятнадцатая группа</b>						
23	Краснодарский край	7 600	20,20	57,86	Малолесная	Высокоаграрная
32	Брянская обл.	3 490	32,40	48,06	Частичнолесная	Высокоаграрная
39	Калининградская обл.	1 510	19,50	42,56	Малолесная	Среднеаграрная
67	Смоленская обл.	4 980	41,10	39,44	Частичнолесная	Среднеаграрная
<b>Шестнадцатая группа</b>						
7	Кабардино-Балкария	1 250	14,90	53,14	Малолесная	Высокоаграрная
13	Мордовия	2 620	26,50	62,56	Частичнолесная	Высокоаграрная
16	Татарстан	6 800	16,80	65,26	Малолесная	Сверхаграрная
58	Пензенская обл.	4 320	21,30	63,99	Малолесная	Высокоаграрная
62	Рязанская обл.	3 960	25,40	62,48	Частичнолесная	Высокоаграрная
73	Ульяновская обл.	3 730	26,40	57,30	Частичнолесная	Высокоаграрная
<b>Семнадцатая группа</b>						
30	Астраханская обл.	4 410	1,90	54,32	Нелесная	Высокоаграрная
61	Ростовская обл.	10 080	2,50	82,21	Нелесная	Сверхаграрная

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
63	Самарская обл.	5 360	12,60	72,35	Малолесная	Сверхаграрная
64	Саратовская обл.	10 020	5,70	82,64	Нелесная	Сверхаграрная
71	Тульская обл.	2 570	13,50	67,47	Малолесная	Сверхаграрная
<b>Восемнадцатая группа</b>						
8	<i>Калмыкия</i>	7 590	0,20	63,46	Безлесная	Высокоаграрная
26	Ставропольский край	6 650	1,50	81,47	Нелесная	Сверхаграрная
31	Белгородская обл.	2 710	8,50	72,03	Нелесная	Сверхаграрная
36	Воронежская обл.	5 240	8,40	76,67	Нелесная	Сверхаграрная
46	Курская обл.	2 980	7,80	80,39	Нелесная	Сверхаграрная
48	Липецкая обл.	2 410	8,00	80,13	Нелесная	Сверхаграрная
57	Орловская обл.	2 470	7,80	80,51	Нелесная	Сверхаграрная
68	Тамбовская обл.	3 430	10,30	77,11	Малолесная	Сверхаграрная

## 1.14. Выводы

Территориальное экологическое неравновесие в России обострилось до такого экологически безответственного уровня, что даже простое отношение лесистости к распаханности земельных участков, названное *коэффициентом лесоаграрности*, позволяет распределить все субъекты РФ по отдельным семействам и группам. Из-за громадной площади России для каждого семейства нужны особые экологические доктрины землепользования, а для каждой группы – свои программы лесоводства и ведения интенсивного сельского хозяйства на период с 2010 по 2040 г.

Целесообразность хозяйствования во многом понимается как компромисс между природными и антропогенными процессами. Причем этот компромисс ориентирован на природу от человека, а не наоборот. В любой деятельностно-природной системе во главу угла ныне ставится деятельность человека, а не жизнедеятельность самой природы. Из-за того, что сама природа не имеет цели существования как таковой, понятие «целесообразное экологическое равновесие» означает антропоцентрический подход в инженерной экологии (биологии).

Предлагается расширенное определение слова «территория». Это пространство земли, внутренних и прибрежных вод, включая воздушное пространство над ними и подземное пространство с недрами, подземными водами и антропогенными объектами, ограниченное естественными, искусственными или воображаемыми границами, например территория города, территория государства, территория ландшафта и др. Таким образом, в определение вошли и подземные коммуникации городов и населенных пунктов, которые весьма затруднены в измерении и исчислении, например, в современных земельных кадастрах.

В узком смысле территория – двумерная поверхность (фактическая или как проекция на геодезической плоскости). Поэтому на территории содержатся различные земельные участки: сельхозугодия, водные, лесные, участки болот и пустынь, холмов и лощин, гор и ущелий, рек и озер, городов и поселков, заповедников и пр. Все они измеряются по основному параметру – площади проекции фактической поверхности ландшафтов на топологической карте ( $m^2$ , га,  $km^2$ ).

При этом любая геодезическая карта является физической моделью, созданной с помощью математических моделей, поверхности Земли, которая разделяется на территории и акватории.

Земельный кадастр должен включать территории и акватории страны и отдельных субъектов Федерации, а сельские территории во вновь создаваемых кадастрах должны разделяться на участки угодий, лесов, вод, болот, включая и особо охраняемые территории. Такое иерархическое представление земельных (т. е. территориальных и акваториальных) категорий позволит не путать их с земельными угодьями.

## 2. ГЕОТРИАДНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ

Геотриадный подход подразумевает измерение территории, а в будущем и участков акватории на поверхностном слое Земли, т. е. всей биосферной оболочки с учетом трех основных факторов природно-антропогенной иерархии «ландшафт + население + хозяйство».

Вначале анализируется ландшафт по геодезическим измерениям и данным из географической (топологической) карты. Так, в первом приближении ландшафт принимается за плоскость в виде горизонтальной проекции земной поверхности. В данном обзоре рассматривается этот вид измерений территории.

После изучения особенностей распределения людьми земельных участков на данной территории следует исчислять население людей, животных и растений. А затем можно переходить к измерению параметров хозяйств, учитывая, что не только люди способны вести территориальные хозяйства, но и многие виды животных и даже растений, например, группы деревьев.

### 2.1. Геотрион и геотриада

Великий химик Д. И. Менделеев системно представлял лесное дело как органическую часть сельского хозяйства. Вот что он отмечает по этому поводу в своей книге: «Под сельским хозяйством обыкновенно понимают не одну специальную отрасль промышленного разведения животных и растений, но и всю деятельность, исходящую из владения поверхностью земли, например, лесное дело, охоту, рыбную ловлю, грунтовую перевозку и тому подобные первичные неизбежные формы промышленности, которыми живет еще не меньше 70% ... народа (по состоянию к 1906 г. на территории царской России проживало около 100 млн людей)» [115, с. 300].

В этом определении сельского хозяйства Д. И. Менделеевым отражены два общесистемных признака: во-первых, деревья как один из классов растений воспроизводятся сельскими жителями; во-вторых, любая поделочная работа из древесины срубленного дерева относится к первичной промышленности и также вполне может выполняться сельскими (и лесными) жителями.

В итоге придется вернуться ко времени СССР конца 50-х гг. XX в., устранить ошибку, когда лесное хозяйство было передано от Министерства сельского хозяйства СССР в ведение Совета народного хозяйства (совнархозы). А совнархозы в виде земств также придется создавать, но без крупной промышленности, строительства, объектов топлива и энергетики, связи и транспорта. При этом инспекцию лесного хозяйства придется восстановить почти в соответствии с Постановлением Совета Министров РСФСР от 14 ноября 1959 г. № 1820, но уже в другом информационно-управленческом качестве.

Пока, к сожалению, даже в земельном и лесном кодексах лесное и сельское хозяйства значительно различаются.

В нескольких публикациях по рационализации природопользования за последние 15 лет появился термин «геотрион», объединяющий три различных объекта: население (людское), хозяйство и территорию. Поэтому можно записать следующую структурную формулу: геотрион = население человеческое + хозяйство населения + территория, занятая этим людским населением.

При всей привлекательности эта формула имеет существенный недостаток в том, что она полностью отражает антропоцентристский подход к изучению природных объектов. Но человек сам является частью природы, точнее сказать, он является только одним из биологических видов, относящихся к царству животных.

Попытки выработки четких определений различным комплексным объектам были и ранее. Например, территориально-промышленный комплекс (ТПК) (Братский ТПК, Усть-Илимский комплекс и др.) является структурой, содержащей всего два объекта по укороченной формуле ТПК = хозяйство + территория.

Системный подход позволил разрозненные объекты типа «людское население», «хозяйство» и географическое понятие «территория» рассматривать совместно. И во второй половине XX в. в этом был некоторый практический смысл. Но скоро оказалось, что частное рассмотрение только одного хозяйства (например, леспромхоз), хозяйства с территорией (колхоз, совхоз, лесхоз, а в дальнейшем попытки создания так называемых комплексных лесных или сельскохозяйственных предприятий с верховенством доктрины покорения природы человеком) было заведомо обречено на провал. В любых из этих территориальных образованиях горе-экономисты не учитывали интересы самой природы (в нашем случае лесов, лугов и пастбища) и даже людское население (ТПК).

У современных экономистов существует ресурсное понимание природы только как источника для нужд людского населения, а чаще всего для чиновников, живущих весьма комфортно в крупных городах в далеком отдалении от эксплуатируемых ими самих природных объектов. Таких экономистов лучше всего назвать «хомономистами» или дословно – законники интересов людей вида *Homo Sapiens*.

При этом экономическая теория леса и лесных ресурсов стала противоположностью развивающейся экологической теории. Еще раз напомним, что ресурс – это то, что человек решил «оттяпать» от природного объекта для собственных хозяйственных целей, причем кусок жирнее, без всякого учета возможностей у этих природных объектов отдавать человеку. Поэтому от перемены названия «лесные ресурсы» на слова «лесной фонд», понимая под этим узкое и примитивное – «древесный фонд», ничего не изменится в направлении рационализации лесопользования. А ведь начало слов «экология» и «экономика» одинаковое и обозначает «наше жилище, наш дом».

Однако различие в духовно-нравственном смысле весьма немалое: элемент «логия» понимается ныне просто как учение, а «номика» обозначает свод законов этого учения о нашем доме: лесе как ядре природной среды на данной территории, луге, поле и других объектах. Были попытки объединения этих двух направлений через слово «экоэкономика», т. е. история экономики и экологии. Но пока применительно не только к лесному делу, но и к сельскому хозяйству данное синтетическое направление науки о природе и природопользовании до достаточного для практики уровня не развилось.

Мы предлагаем вначале существенно расширить термин «территория», переходя на понятие «ландшафт» (частный случай «лесной ландшафт», «сельский ландшафт», «горный ландшафт», «городской ландшафт» и пр.). Следует развить также понятие «население», так как на данном ландшафте проживают популяции других животных и высших растений, в частности популяций деревьев.

Из трех объектов образуется только одно по иерархическому смыслу сочетание, названное нами геотриадой. Тогда получаем структурную формулу вида:

геотриада = ландшафт + население + хозяйство.

При этом термин «хозяйство» также понимается весьма широко, так как многие животные, птицы, насекомые и даже растения имеют собственные территориальные хозяйства.

Например, чем старше дерево, тем больше разнообразия в его хозяйстве внутри пространства места произрастания. На дереве имеются дупла белки, совы и диких пчел, места обитаний колоний насекомых и микроорганизмов. И помогающие дереву питаться минеральными веществами грибы и грибицы, и живущие за счет ресурсов дерева и других животных гнезда птиц и даже крупных приматов (например, обезьяны строят временные жилища на деревьях), и многое другое органично связаны с деревом. Можно срубить дерево, не обращая внимания на его «пространство», и отправить на дрова или поделочные полуфабрикаты, но при этом надо всегда помнить о возможности неотвратимого ответа со стороны природной среды, причем уже в ближайшие десятилетия текущего XXI в.

## 2.2. Территориальный принцип

Основной метод решения природных и хозяйственных задач – это **территориальный**, точнее бассейновый, **подход** к оценке природных объектов. В последующем из них выделяется ряд свойств, описывающих потоки вещества, энергии и информации, которые называются человеком **природными ресурсами**. Такой подход применим к горным ландшафтам и к объектам рекультивации нарушенных земель.

Однако при рекультивации нарушенных земель недостаточное внимание уделяется восстановлению растительного покрова, ядром которого являются лесная и травяная растительность. При этом люди, особенно занятые в горной промышленности, пока еще не ограничивают себя и свои потребности в добыче полезных ископаемых. Наиболее нарушаются сельскохозяйственные земли при открытой добыче руды и угля.

**Земельные ресурсы** сельского хозяйства стали привычным средством производства пищевых и кормовых продуктов для населения всей Земли. В начале XXI в., человечество по критериям ЮНЕСКО пытается хотя бы в развитых странах сохранить уникальные по природным свойствам территории и целостные ландшафты, превращая их в стратегические резервы земель для будущих поколений.

Бассейновый принцип изменяет административные границы. Их следует приводить в соответствие с границами экосистем в рамках границ водосборных бассейнов. Поэтому **рациональное землепользование** требует, прежде всего, **рационализации административных границ территорий**, приведения их в соответствие с естественными границами природных объектов.

Одновременно необходимо привести в **порядок отраслевое природопользование**, прежде всего, в экологоемких отраслях пользования землей с плодородной почвой (главным образом в горном и сельском хозяйствах), водой и лесными богатствами.

Предлагаемый способ измерения территории относится к инженерной экологии ландшафтов и административных образований.

Он может быть использован при оценке экологического состояния и режима хозяйствования на данной территории, агроэкологических испытаниях земель с фитоценозами, прогнозировании будущих результатов рекультивации истощенных земельных участков и переформировании фитоценозов, мелиоративных работах и планировании использования сельскохозяйственных и лесных земель, выделении охранных зон в природных объектах, экологическом мониторинге речной системы и фитоценоза. Способ пригоден также для ландшафтного природоохранного обустройства территорий экосистем и административных образований, при формировании территориальной системы экологически ответственного природопользования на территориях с активно и интенсивно эксплуатируемыми природными ресурсами.

### 2.3. Способы оценки экологического состояния территории

Известен способ измерения состояния территории во времени при различных антропогенных нагрузках [3, с. 438–439, рис. 22.2], предусматривающий выявление нижнего и верхнего критических пределов этих нагрузок, нижнего и верхнего пределов допустимых экологических изменений, оценку нормального состояния экосистемы, измерение ее фактического состояния, оценку «экологического резерва» антропогенного воздействия на экосистему и слежение за изменениями параметров этой экосистемы.

Недостатком такого способа является то, что из всех свойств экосистемы явно выделено только время, а остальные параметры физического и одновременно биологического объекта остались в неясном виде. Главный недостаток состоит в том, что предлагаемый в аналоге способ исходит из концепции антропоцентризма, поэтому на первый план выдвигаются антропогенные воздействия, а не противодействия самой экосистемы действием человеческого населения.

В итоге измерение состояния экосистемы всегда запаздывает (причем на десятилетия) от начала действий самих антропогенных нагрузок. В результате слежение за природным объектом и принятие экологических мер происходят по негативным результатам антропогенных воздействий. При этом предлагаемый способ не позволяет прогнозировать будущее поведение и отдельные состояния в «срезах» времени у рассматриваемой экосистемы по некоторым воздействиям со стороны хозяйственной деятельности людей (точнее: населения и его хозяйства, в том числе и сельского).

Известен также способ измерения состояния территории по площади растительного покрова [3, с. 442–444, рис. 22.3; 154, с. 362–363, рис. 117], включающий поддержание экологического равновесия на данной территории специально выделенными участками, для достижения ранее существовавшего или желаемого баланса между естественными и преобразованными человеком экосистемами, причем измерения выполняют в процентах от общей площади территории.

Недостатком является то, что данный способ создан под влиянием антропоцентризма, а значит на первое место ставятся преобразованные людьми экосистемы, на второе – естественные экосистемы. Это приводит к тому, что часто антропогенные нагрузки по площади преобразованных экосистем доводятся до 100%, и только затем люди начинают задумываться над уже свершившимися экологическими катастрофами: техногенными и природными, спровоцированными человеческой деятельностью, как геологической силой. При этом отсутствуют количественные расчеты относительного эффекта и изменения площади экосистемы.

Недостатком является также и то, что экосистема с точки зрения измерений в инженерной экологии (биологии) представляется неопределенным по своим границам объектом, поэтому точность измерения состояния территории по площади этого объекта низка.

Все эти недостатки затрудняют практическое применение прототипа данного способа измерений в различных отраслях природопользования, в частности из-за нестыковки с категориями земельного кадастра. Об этих трудностях сказано в учебнике [3, с. 442]: «Проблема рационального соотношения естественных и искусственных экосистем, несомненно, является одной из ключевых». Там же на с. 444 читаем: «в целом же данная проблема требует серьезных дальнейших проработок». Однако все последующие рекомендации в этом учебнике основаны на концепции покорения природы, или антропоцентризма.

Также надо отметить, что одновариантный график изменения общего эффекта (причем экологический эффект является физическим объектом) не дает возможности сопоставления между собой экосистем разных видов и типов.

Технический результат предлагаемого способа – повышение точности измерения состояния территории (а в будущем и акватории) за счет применения природного и естественного объекта – фитоценоза. Общеизвестно что границы экосистемы определяются фитоценозом. Однако сам фитоценоз из-за расстройств человеческой деятельностью структуры и физико-экологических свойств экосистемы может иметь нечеткие территориальные контуры и неопределенные земельные участки.

Поэтому предлагается применить в качестве измеряемого объекта только растительный покров, что повышает требования к процессу измерения, но позволяет легко применять существующую классификацию земельного кадастра по категориям земельных участков. Терминологически важно иметь в виду, что прототип такого способа измерений нечетко определяет состав понятия «естественные экосистемы», включая любые нетронутые или слабо измененные человеком природные объекты: «Существует и такое мнение, что в агроландшафтах леса, луга, водные пространства должны занимать не менее 30% общей площади» [3, с. 443–444].

Ошибкой здесь является отнесение водных объектов к неизменной части экосистемы. Эта ошибка исключается при принятии в качестве объекта измерения растительного покрова, который может существовать и на водных объектах, а также в виде болот (болота являются наиболее активными и интенсивными экосистемами). Причем в растительный покров нами не включаются участки земель под многолетними культурными травами, так как поля под ними подвержены пахоте и используются в сельском хозяйстве в системе севооборотов.

## **2.4. Предлагаемый способ оценки экологического состояния**

Указанный технический результат достигается согласно рассмотренному выше способу измерения состояния территории по площади растительного покрова, причем при различных соотношениях значений площади земель-

ных участков под преобразованными и естественными экосистемами изменяется суммарный экологический, социальный и экономический эффект. Здесь целесообразное экологическое равновесие достигается при 100% полезного эффекта, *отличающегося тем*, что измеряются общая площадь территории и площадь растительного покрова на этой территории. Затем вычисляется активность растительного покрова как отношение его площади к общей площади данной территории, при этом статистическим моделированием выявляется закономерность изменения общего эффекта в зависимости от активности растительного покрова. После этого по вычисленному значению активности растительного покрова количественно оценивается состояние территории как существующий баланс между естественными экосистемами, содержащими растительный покров, и остальной частью общей площади территории.

Сравнением расчетного по существующей активности растительного покрова эффекта с желаемым при полном 100% общем эффекте определяется относительный экологический ущерб от несбалансированности территории по растительному покрову. А после этого для достижения желаемого баланса между территорией и ее растительным покровом принимаются эколого-экономические и технологические мероприятия для повышения активности проектируемого растительного покрова. В этом случае царства животных и растений, грибов и микроорганизмов во многом определяются качеством и количеством растительного покрова, функционирующего на данной территории и акватории.

Общая площадь территории учитывается как сумма площадей суши и включенных в территорию водных объектов, а при превышении площади водных объектов 5% доли от территории экосистемы с растительным покровом за значение общей площади принимается только площадь суши.

В последующем статистическим моделированием выявляется среднестатистическая закономерность изменения относительного общего экологического, социального и экономического эффекта в зависимости от активности растительного покрова по формуле:

$$E = E_0 + a_1 \mu^{a_2} \exp(-a_3 \mu^{a_4}), \quad (2.1)$$

где  $E$  – относительный суммарный экологический, социальный и экономический эффект (относительная сумма полезностей);  $E_0$  – начальный относительный суммарный эффект на данной территории при полном отсутствии на ней растительного покрова;  $\mu$  – активность растительного покрова на данной территории, вычисляемая как отношение его площади к общей площади территории;  $a_1 \dots a_4$  – параметры среднестатистической закономерности, количественные значения которых зависят от типа, природных, природно-антропогенных и природно-техногенных свойств экосистемы с растительным покровом на данном ландшафте;  $a_1 \mu^{a_2} \exp(-a_3 \mu^{a_4})$  – биотехнический закон проф. П. М. Мазуркина, показывающий для данной

территории структурную динамику влияния растительного покрова на относительный суммарный эффект.

Причем по прототипу – графику Н. Ф. Реймерса, представленному в зеркальном изображении, – ориентировочная среднестатистическая закономерность изменения общего эффекта рассчитывается в зависимости от активности растительного покрова по формуле:

$$E = 0,25110 + 1,01425\mu^{0,41950} \exp(-0,71669\mu^{3,80376}). \quad (2.2)$$

Относительный экологический ущерб  $\Delta E$  от недостатка растительного покрова на данной территории вычисляется по формуле:

$$\Delta E = 1 - E_0 + a_1\mu^{a_2} \exp(-a_3\mu^{a_4}). \quad (2.3)$$

Сущность технического решения заключается в том, что за основу способа принимается биоцентристский подход к оценке деятельности человека. Поэтому главным объектом измерения становится растительный покров, а не антропогенным образом измененные земельные участки, который характеризуется фитоценозом, а также границами фитоценоза в полной мере определяется вся экосистема и даже ландшафт. При этом в биологии хорошо разработаны методики параметрической оценки конкретных фитоценозов.

При этом преобразованные человеком экосистемы или их части отходят на второй план, и они не измеряются, а учитываются по совокупности площади территории, включающей площадь растительного покрова. Причем растительный покров имеет различную антропогенную нагрузку (на Земле уже не существует девственных лесов, лугов и пастбищ, а парки и сады являются явно природно-антропогенными объектами). Городской ландшафт чаще всего искусственный, т. е. в полной мере антропогенный.

Положительный эффект достигается тем, что существующий земельный кадастр позволяет по своим категориям земель относительно легко и удобно вычислять общую площадь растительного покрова при заданной общей площади всей территории данной экосистемы или же административного района.

К сожалению, пока в хозяйствах людей преобладает деление территорий по административным районам, а не по естественным экосистемам, расположенным, например, в естественных (тысячелетиями мало изменяющихся) границах водосборных бассейнов рек и их притоков.

Поэтому предлагаемый способ легко адаптируется в существующие программные комплексы расчетов по земельным кадастрам.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые растительный покров принимается за живое существо, полностью омертвевшее при отсутствии растительного покрова на данной территории (например,

пустыни) и существующее по биологическим законам. В частности, такие изменения происходят в соответствии с биотехническим законом проф. П. М. Мазуркина.

В связи с этим в соответствии с биоцентристским подходом города, поселки и другие поселения людей, дороги для их передвижения, хозяйства и участки земель под ними для существования людского населения и многое другое становятся чуждыми растительному покрову. По биологической сути все эти технические ухищрения на территории являются экскрементами жизнедеятельности людей, отходами их существования на суше планеты с плодородными почвами, на поверхностном слое биосферы Земли. Консенсус между человечеством и растительным покровом наступит только тогда, когда люди отойдут со своими поселениями на неплодородные земли. А сельскохозяйственные угодья люди оставят, наконец-то, за 10 тыс. лет эволюции сельского хозяйства, на проживание другим биологическим видам. Эта стратегия – единственная альтернатива будущего человечества.

В итоге конвергенция людей с другими биологическими видами должна заменить острую конкуренцию, и человек должен отдать предпочтение не себе, а популяциям растений (внутри них популяциям диких и домашних животных) и их месту обитания в виде растительного покрова на Земле.

## **2.5. Методика реализации предлагаемого способа**

Предлагаемая методика может быть использована районными информационно-консультационными службами, которые предполагается создать по всей территории страны в каждом сельском районе [71].

Биологический способ измерения состояния территории по площади растительного покрова заключается в следующем.

Пусть дана некая территория экосистемы (биогеоценоза, ландшафта) или административного образования. В ней всегда присутствует растительный покров, так как в ином случае люди на такой территории постоянно не живут. Вначале измеряются общая площадь территории (чаще всего она задана земельным кадастром, постоянно уточняемым соответствующими службами учета недвижимости и земельных участков) и площадь растительного покрова на этой территории. Затем вычисляется активность растительного покрова как отношение его площади к общей площади данной территории.

Далее статистическим моделированием выявляется закономерность типа (2.1) изменения общего относительного эффекта в зависимости от активности растительного покрова. После этого по вычисленному значению активности количественно оценивается состояние территории по формуле (2.2) как существующий баланс между естественными экосистемами для данной природной зоны, содержащими растительный покров,

и остальной частью общей площади территории экосистемы или административного образования. Затем сравнением расчетного по существующей активности растительного покрова эффекта с желаемым при полном 100% эффекте определяется относительный экологический ущерб (2.3) от несбалансированности территории по растительному покрову.

Для достижения желаемого баланса между территорией и ее растительным покровом принимаются эколого-экономические, технологические и социальные мероприятия для повышения активности проектируемого растительного покрова. После этого приступают к разработке проектов природообустройства конкретных ландшафтов.

Уравнение (2.1) содержит две составляющие, поэтому его можно записать как их сумму в виде:

$$E = E_1 + E_2 . \quad (2.4)$$

Первая составляющая является постоянной и показывает суммарный эффект при полном отсутствии растительного покрова. Математически она характеризует предысторию территориального поведения людей, а также природных явлений и процессов. При составлении добротной табличной модели, например в ретроспективе не менее чем от начала возникновения сельского хозяйства на данной территории ландшафта, можно получить формулу эволюционной динамики поведения сельского хозяйства. Этот факт открывает значительные онтологические возможности количественного измерения исторического прошлого отдельных территорий России.

Вторая составляющая – это биотехнический закон, который был предложен проф. П. М. Мазуркиным для описания биотехнического поведения живого (по В. И. Вернадскому) вещества.

На рис. 2.1 приведен график формулы (2.2).

Максимальная относительная погрешность формулы (2.2) к графику Н. Ф. Реймерса составляет всего 2,27% (табл. 2.1). Доверительная вероятность исходной формулы (2.1) будет не ниже  $100 - 2,27 = 97,73\%$ .

Такое высокое доверие позволяет отказаться в дальнейшем от графика и не применять в проектных расчетах таблицу с исходными данными, а пользоваться формулой (2.2).

На рис. 2.1 указаны зоны относительного экологического и хозяйственного ущербов. При этом следует иметь в виду, что график по Н. Ф. Реймерсу является абстрактным усреднением, который можно применять только к средней климатической зоне Европейской части России. На рис. 2.2 приведен условный пример фактической активности растительного покрова.

Для других природно-климатических и почвенно-грунтовых зон нужны отличающиеся от параметров формулы (2.2) закономерности. В будущем может оказаться, что каждый конкретный ландшафт получает уникальную для своих свойств формулу типа (2.2) с иными сочетаниями значений

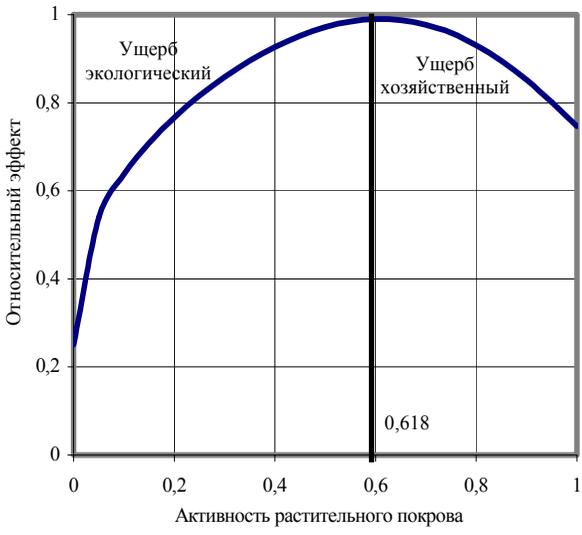


Рис. 2.1. График изменения относительного эффекта от активности растительного покрова

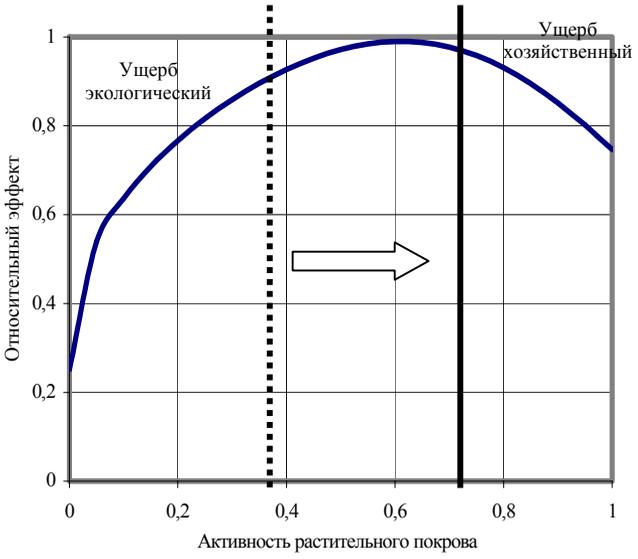


Рис. 2.2. Условный пример относительного эффекта от активности растительного покрова

Таблица 2.1

## Изменение относительного суммарного эффекта

Процент преобразованных экосистем	Активность растительного покрова $\mu$	Общий эффект по факту $\hat{E}$	Расчетные значения по модели (2.2)			Составляющие	
			Расчетный эффект $E$	Остаток $\varepsilon = \hat{E} - E$	Относительная погрешность, % $\Delta = 100\varepsilon / \hat{E}$	$E_1$	$E_2$
0,0	1,000	0,750	0,746	0,004	0,53	0,251	0,495
0,2	0,800	0,920	0,931	-0,011	-1,20		0,680
0,4	0,600	1,000	0,990	0,010	1,00		0,739
0,5	0,500	0,980	0,971	0,009	0,92		0,720
0,6	0,400	0,920	0,927	-0,007	-0,76		0,676
0,8	0,200	0,750	0,767	-0,017	-2,27		0,516
0,9	0,100	0,650	0,637	0,013	2,00		0,386
1,0	0,000	0,250	0,251	-0,001	-0,0		0,000

*Примечание.* Максимальное значение относительной погрешности выделено курсивом.

параметров модели. Поэтому необходимо формировать табличные данные для уточнения этих значений или же применять рекомендации по карте России [154, с. 430].

Чтобы обеспечить сдвиг территории от реальной активности растительного покрова до рационального уровня 0,618, т. е. равного золотой пропорции потребуются различные мероприятия, способствующие движению активности в направлении двойной стрелки (рис. 2.2). Результат сдвига – от штриховой линии к сплошной.

Экологический ущерб при этом будет уменьшаться.

## 2.6. Уровни и категории земельного кадастра

По отношению к предложенному биологическому способу оценки территориального экологического равновесия следует отметить несовершенство самого земельного кадастра в современной России. Существующий кадастр легко расчленяет территорию административного образования на непонятные территориальные куски, состоящие из биологически неопределенных земельных участков. Во многие кадастровые категории входят лесные массивы, водные объекты и травяной покров по нескольким категориям земель. При этом термин «фонд» необдуманно привязывает природные объекты к хозяйственным потребностям человека. Поэтому для исключения функциональных недостатков в существующем земельном кадастре необходимо принять иерархическую структуру по разным уровням иерархии, что в какой-то мере спасет номенклатуру категорий земель от антропоцентризма.

Для этого предлагается следующая структура земельного кадастра по уровням на территории ландшафта или административного образования (а в будущем для хозяйствующих субъектов и землепользователей с различными формами собственности, включая и частную):

0 – нулевой уровень иерархии, т. е. все земельные участки на данной территории (а в будущем и акватории) в общей совокупности;

1 – первый уровень иерархии, включающий **земельные участки сельских территорий** по следующим категориям земель:

1 – сельскохозяйственного назначения;

4 – особо охраняемые территории;

5 – лесной фонд (назвать земли лесов);

6 – водный фонд (назвать земли водных объектов);

II – второй уровень иерархии, включающий **земельные участки урбанизированных территорий** по следующим кадастровым категориям участков земель:

2 – населенные пункты (поселения);

3 – занятые объектами промышленности и т. д.;

III – третий (явно рудиментарный) уровень иерархии, включающий *земельные участки территорий с неопределенными функциональными назначениями*, по следующим категориям:

7 – земли запаса.

В предлагаемой классификации для успешно хозяйствующих субъектов Федерации (например, Республика Татарстан) существуют только первый и второй уровни иерархии земельного кадастра. Поэтому в определенном смысле земли запаса можно считать как «отходы» кадастрового измерения и учета земельных участков.

Фактически вместо семи категорий должно быть всего шесть, которые включаются в два уровня иерархии. Чисто природных территорий в громадных пределах России уже не существует, поэтому первый уровень классификации относится ко множеству природно-антропогенных объектов. Второй уровень иерархии земельного кадастра четко показывает совокупность антропогенных объектов.

На урбанизированных ландшафтах вполне могут существовать земельные участки с лесными массивами и водными объектами. Однако они в действительности чаще всего являются производными от естественных элементов растительного покрова. Первичный растительный покров существовал в далеком прошлом как совокупность чисто природных объектов, в которых первобытный человек занимался охотой и собирательством без нарушения эволюции растительных сообществ. Поэтому земельные участки даже четвертой категории на особо охраняемых территориях не имеют девственных растительных покровов.

Однако с переходом от антропоцентризма к биоцентризму при реформировании структуры российского земельного кадастра следует изменить иерархию и среди кадастровых категорий, расположив их следующим образом внутри первого уровня иерархии:

1 – земли особо охраняемых территорий;

2 – земли лесов;

3 – земли водных объектов;

4 – земли сельскохозяйственного назначения.

Внутри второго уровня иерархии категории земельного кадастра расположатся так же естественным образом, т. е. по дальнейшему увеличению антропогенного воздействия на природную среду:

5 – земли населенных пунктов (поселений);

6 – земли, занятые объектами промышленности и т. д.

С биологических позиций можно разделить все группы земельных участков внутри каждой категории по отдельным подуровням, так же учитывая ранжирование по ухудшению состояния окружающей природной среды. Это и будет биологически сориентированный земельный кадастр.

## 2.7. Пример оценки экологического состояния территории

Методический пример использования биологического способа оценки территориального экологического равновесия показан по одному административному району Республики Марий Эл (РМЭ). Расчет значения активности растительного покрова был выполнен по данным земельного кадастра Волжского района РМЭ (по состоянию на 2001 г.).

В табл. 2.2 приведен фрагмент таблицы кадастра земель.

По данным кадастровой оценки земель удобнее сосчитать площадь, занятую растительным покровом. Количество земельных участков по всем категориям под растительным покровом значительно меньше.

По данным табл. 2.2, сумма всех выделенных жирным шрифтом чисел дает значение площади растительного покрова 46 620 га. При этом перечень лишенных многолетней растительности категорий земель является большим, а выделение элементов растительного покрова без загрязнения позволяет акцентировать внимание, прежде всего, на них.

Это и есть реальный биоцентристский подход в инженерной экологии, так как растительный покров нужен всем животным и растениям, а не только людям.

Значение активности влияния растительного покрова на территории Волжского административного района РМЭ будет равно  $46\,620 / 91\,386 = 0,510$ , оно несколько меньше оптимального значения экологического равновесия по формуле (2.2)  $\mu^* = 0,618$ .

Территориальное экологическое равновесие в идеальном случае соответствует закону золотой пропорции, т. е. максимальный 100%-й эффект теоретически достигается при условии  $\mu^* = 0,618$ . Этот факт показывает, что золотая пропорция является фундаментальной константой не только мироздания, но и распределения растений.

Поэтому эта константа должна быть учтена в любых процессах природопользования, в частности при распределении участков земель под растительным покровом в различных категориях земельного кадастра.

При условии  $\mu = 0,510$  для Волжского района получается общий относительный эффект  $E = 0,975$ . Относительный экологический ущерб  $\Delta E$  от недостатка растительного покрова на данной территории вычисляется по формуле (2.3). На территории Волжского административного района РМЭ экологический ущерб пока незначителен и составляет всего 0,025 или 2,5%.

Для анализа уравнения (2.2) применимы два показателя, демонстрирующие по готовой статистической модели поведение растительного покрова на рассматриваемой территории:

1) **коэффициент значимости** составляющей статистической закономерности, показывающий отношение каждой составляющей к расчетному значению показателя суммарного эффекта;

2) **коэффициент приспособляемости** растительного покрова к внешним воздействиям от окружающей этой растительной покров среды, причем

Таблица 2.2

Площадь сельскохозяйственных угодий по кадастровым категориям  
в Волжском районе РМЭ, га

№ п/п	Категория земель	Шифр	Общая площадь	Всего сельхоз- угодий	В том числе				
					пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища
1	Земли сельскохозяйственного назначения	01	46 383	36 903	25 587	2 621	<b>348</b>	<b>2 880</b>	<b>5 467</b>
2	Земли поселений	03	3 276	2 282	2 091		<b>16</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
3	Земли промышленности, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, космического обеспечения, энергетики, обороны и иного назначения	04	1 106	56	34			<b>20</b>	<b>2</b>
4	Земли особо охраняемых территорий	15	<b>17 541</b>	106				104	2
5	Земли лесного фонда	20	<b>20 150</b>	218	7			184	27
6	Земли водного фонда	21	2 578						
7	Земли запаса	22	352	298	277			<b>9</b>	<b>12</b>
	Итого земель в административных границах	24	91 386	39 863	27 996	2 621	364	3 272	5 610

*Примечание.* Полу жирным шрифтом выделены категории земель, относящихся к растительному покрову.

наиболее опасными хищниками для растительного покрова являются люди их технические творения, причем вычисляемый как отношение второй и последующих составляющих статистической модели к первой составляющей.

После идентификации биотехнического закона были получены закономерности:

- значимость первой составляющей формулы (2.2)

$$a_1 = \exp(-1,670989\mu^{0,252572}) + 0,147638\mu^{3,670970}; \quad (2.5)$$

- значимость второй составляющей формулы (2.2)

$$a_2 = 0,836361\mu^{0,138213} \exp(-0,229799\mu^{3,370767}); \quad (2.6)$$

- приспособляемость растительного покрова к негативному воздействию антропогенной и иной внешней нагрузки

$$k = 4,039013\mu^{0,418981} \exp(-0,716839\mu^{3,812730}). \quad (2.7)$$

В табл. 2.3 приведены результаты расчетов коэффициентов значимости  $a_1$  и  $a_2$ , а также коэффициента приспособляемости  $k$ .

В табл. 2.4 и табл. 2.5 приведены результаты идентификации формул (2.5), (2.6) и (2.7) по экспериментальным данным Н. Ф. Реймерса.

Все три модели высокоточные. Наименьшую максимальную относительную погрешность имеет формула коэффициента приспособляемости, доверие к которой составляет не ниже  $100 - 0,07 = 99,93\%$ .

Т а б л и ц а 2.3

Коэффициенты значимости и приспособляемости составляющих уравнения (2.2)

Активность растительного покрова $\mu$	Расчетный эффект $E$	Составляющие модели		Коэффициенты значимости		Коэффициент приспособляемости $k$
		$E_1$	$E_2$	$a_1$	$a_2$	
1,000	0,746	0,251	0,495	0,336	0,664	1,972
0,800	0,931		0,680	0,270	0,730	2,709
0,600	0,990		0,739	<b>0,254</b>	<b>0,746</b>	<b>2,944</b>
0,500	0,971		0,720	0,258	0,742	2,869
0,400	0,927		0,676	0,271	0,729	2,693
0,200	0,767		0,516	0,327	0,673	2,056
0,100	0,637		0,386	0,394	0,606	1,538
0,000	0,251		0,000	1,000	0,000	0,000

Т а б л и ц а 2.4

Коэффициент значимости первой составляющей уравнения (2.2)

Активность растительного покрова $\mu$	Фактическое значение $\hat{a}_1$	Расчетные значения (2.5)			Составляющие (2.5)	
		$a_1$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$	$a_{11}$	$a_{12}$
1,000	0,336	0,336	0,0003	0,09	0,188	<b>0,148</b>
0,800	0,270	0,271	-0,0012	-0,44	0,206	0,066
0,600	0,254	0,253	0,0011	0,43	0,230	0,023
0,500	0,258	0,258	0,0005	0,19	0,246	0,012
0,400	0,271	0,271	0,0003	0,11	0,266	0,005
0,200	0,327	0,329	-0,0020	-0,33	0,329	0,000
0,100	0,394	0,393	0,0010	0,25	0,393	0,000
0,000	1,000	1,000	-0,0000	-0,00	<b>1,000</b>	0,000

Т а б л и ц а 2.5

Коэффициенты значимости и приспособляемости составляющих уравнения (2.2)

Актив-ность пок-рова $\mu$	Факти-ческое значе-ние $\hat{a}_2$	Расчетные значения (2.6)			Факти-ческое значе-ние $k$	Расчетные значения (2.7)		
		$a_2$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$		$k$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$
1,000	0,664	0,665	-0,0007	-0,11	1,972	1,972	-0,0002	-0,01
0,800	0,730	0,728	0,0023	0,32	2,709	2,709	0,0006	0,02
0,600	0,746	0,748	-0,0020	-0,27	2,944	2,944	0,0001	0,00
0,500	0,742	0,743	-0,0013	0,18	2,869	2,869	-0,0017	-0,06
0,400	0,729	0,729	-0,0002	-0,03	2,693	2,693	0,0009	0,03
0,200	0,673	0,669	0,0041	0,61	2,056	2,056	0,0013	0,06
0,100	0,606	0,608	-0,0023	-0,38	1,538	1,538	-0,0010	-0,07
0,000	0,000	0,000	-0,0000	-0,00	0,000	0,000	-0,0000	-0,00

Предлагаемый биологический способ измерения состояния территории по площади растительного покрова обладает простотой. Он значительно повышает точность соотнесения данных после измерения площади земельных участков под растительным покровом по категориям существующего в России земельного кадастра. При этом измерения площади рас-

тительного покрова, например проводимые из космоса или с помощью аэрофотосъемки, позволяют получать модели динамики изменения относительного эффекта.

Этот относительный эффект умножается на рыночную стоимость земельных участков и получается экономический эффект в рублях.

## 2.8. Кадастровая и техническая оценка лесов

Леса являются ядром растительного покрова на данной территории. Для оценки кадастровой стоимости лесных земель в России разработаны *базовые оценочные показатели*, для которых были определены численные значения по субъектам Российской Федерации. Такие измерения относятся к некоторому «срезу» времени.

Тогда появляется возможность рангового распределения субъектов по значениям базовых оценочных показателей.

**Продуктивность лесных земель.** Базовые оценочные показатели, полученные на первом уровне государственной кадастровой оценки земель лесного фонда Российской Федерации, позволяют находить закономерности, заменяющие табличные модели. Кроме того, устойчивые закономерности дадут возможность в ближайшем будущем в 10–12 раз сократить объемы затрат на последующие уровни кадастровой оценки лесных земель, если использовать при этой оценке закономерности хода роста лесов, составленные по таблицам хода роста лесных насаждений и отдельных древостоев по конкретным территориям ландшафтов или же административных образований.

Оценочные показатели далее приведены по субъектам Российской Федерации. Например, базовая продуктивность лесных земель  $q$  изменяется по формуле (2.8) и представлена в табл. 2.6.

$$q = 261,156 \exp(-0,010384r_B) - 9,0349 \cdot 10^{-15} r_B^{8,95434}, \quad (2.8)$$

где  $r_B$  – ранг базовой продуктивности лесных земель.

По данным табл. 2.6, доверительная вероятность статистической формулы (2.8) составляет не ниже 82,24%. Эта точность достаточна для применения формулы (2.8) в различных расчетах, в том числе и при определении кадастровой стоимости лесных земель.

Пользование формулой гораздо проще, чем данными таблицы. Кроме того, появляется возможность сопоставления различных субъектов Российской Федерации между собой в разные моменты времени. С помощью статистических закономерностей также возможно сравнение субъектов Российской Федерации с различными странами и регионами мира, прежде всего богатых лесными ареалами, лесных и почвенных регионов на отдельных материках.

Таблица 2.6

## Базовая продуктивность лесных земель субъектов Российской Федерации

Код	Субъект РФ	Продуктивность $\hat{q}$ , м <sup>3</sup> /га	Ранг $r_B$	Расчетные значения (2.8)		
				$q$ , м <sup>3</sup> /га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7
1	Республика Адыгея	206,4	24	203,5	2,87	1,39
2	Республика Алтай	168,5	38	174,7	-6,24	-3,70
3	Республика Башкортостан	193,9	27	197,2	-3,34	-1,72
4	Республика Бурятия	156,9	47	151,8	5,08	3,24
5	Республика Дагестан	191,7	29	193,1	-1,43	-0,75
6	Ингушская Республика	206,4	24	203,5	2,87	1,39
7	Кабардино-Балкарская Республика	206,4	24	203,5	2,87	1,39
8	Республика Калмыкия	162,2	41	168,1	-5,91	-3,64
9	Карачаево-Черкесская Республика	206,4	24	203,5	2,87	1,39
10	Республика Карелия	160,3	43	163,3	-2,98	-1,86
11	Республика Коми	165,5	39	172,6	-7,09	-4,28
12	Республика Марий Эл	230,2	13	228,2	2,02	0,68
13	Мордовская Республика	239,8	8	240,3	-0,54	-0,22
14	Республика Саха (Якутия)	106,4	55	112,9	-6,47	-6,08
15	Северная Осетия – Алания	206,4	24	203,5	2,87	1,39
16	Республика Татарстан	216,9	19	214,4	2,51	1,16

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
17	Республика Тува	160,6	43	163,3	-2,68	-1,67
18	Удмуртская Республика	203,1	26	199,3	3,78	1,86
19	Республика Хакасия	164,0	39	172,6	-8,59	-5,24
20	Чеченская Республика	206,4	24	203,5	2,87	1,39
21	Чувашская Республика	235,5	10	235,4	0,10	0,04
22	Алтайский край	158,9	44	160,7	-1,77	-1,12
23	Краснодарский край	191,7	29	193,1	-1,43	-0,75
24	Красноярский край	155,6	48	148,4	7,20	4,62
25	Приморский край	170,5	37	176,5	-6,35	-3,72
26	Ставропольский край	184,3	32	187,0	-2,75	-1,45
27	Хабаровский край	132,4	54	119,7	12,74	9,62
28	Амурская обл.	134,7	53	125,7	8,95	6,65
29	Архангельская обл.	161,2	42	165,7	-4,55	-2,82
30	Астраханская обл.	162,2	41	168,1	-5,91	-3,64
31	Белгородская обл.	217,5	18	216,6	0,87	0,40
32	Брянская обл.	245,7	5	247,9	-2,24	-0,91
33	Владимирская обл.	250,4	3	253,1	-2,75	-1,10
34	Волгоградская обл.	177,4	35	181,0	-3,27	-1,84
35	Вологодская обл.	214,0	21	210,0	4,02	1,68

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
36	Воронежская обл.	203,5	26	199,3	4,18	2,05
37	Ивановская обл.	242,1	7	242,8	-0,75	-0,31
38	Иркутская обл.	156,9	47	151,8	5,08	3,24
39	Калининградская обл.	229,9	13	228,2	1,72	0,75
40	Калужская обл.	258,1	1	258,5	-0,36	-0,14
41	Камчатская обл.	89,4	56	105,3	-15,88	-17,76
42	Кемеровская обл.	158,8	44	160,7	-1,87	-1,18
43	Кировская обл.	204,1	25	201,4	2,69	1,32
44	Костромская обл.	227,9	15	223,5	4,41	1,94
45	Курганская обл.	171,6	36	178,9	-7,32	-4,27
46	Курская обл.	236,2	9	237,9	-1,65	-0,70
47	Ленинградская обл.	207,5	23	205,7	1,84	0,89
48	Липецкая обл.	243,4	6	245,4	-1,98	-0,81
49	Магаданская обл.	61,8	60	64,5	-2,73	-4,42
50	Московская обл.	260,6	0	261,2	-0,56	-0,21
51	Мурманская обл.	106,7	55	112,9	-6,17	-5,78
52	Нижегородская обл.	242,0	7	242,8	-0,85	-0,35
53	Новгородская обл.	220,3	17	218,9	1,41	0,64
54	Новосибирская обл.	158,2	45	157,9	0,28	0,18

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
55	Омская обл.	150,5	49	144,7	5,81	3,86
56	Оренбургская обл.	204,4	25	201,4	2,99	1,46
57	Орловская обл.	245,4	5	247,9	-2,54	-1,04
58	Пензенская обл.	229,3	14	225,8	3,48	1,52
59	Пермская обл.	191,0	30	191,1	-0,10	-0,05
60	Псковская обл.	239,4	8	240,3	-0,94	-0,39
61	Ростовская обл.	189,7	31	189,1	0,63	0,33
62	Рязанская обл.	247,1	4	250,5	-3,43	-1,39
63	Самарская обл.	209,5	22	207,8	1,69	0,81
64	Саратовская обл.	216,1	20	212,2	3,93	1,82
65	Сахалинская обл.	164,2	40	170,4	-6,19	-3,77
66	Свердловская обл.	178,7	34	183,0	-4,30	-2,41
67	Смоленская обл.	250,0	3	253,1	-3,15	-1,25
68	Тамбовская обл.	233,8	11	233,0	0,83	0,36
69	Тверская обл.	233,3	12	230,6	2,74	1,18
70	Томская обл.	145,0	51	136,2	8,84	6,10
71	Тульская обл.	256,2	2	255,8	0,41	0,16
72	Тюменская обл.	157,6	46	155,0	2,62	1,06
73	Ульяновская обл.	223,6	16	221,2	2,42	1,08

Окончание табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
74	Челябинская обл.	192,3	28	195,2	-2,88	-1,50
75	Читинская обл.	147,6	50	140,6	6,98	4,73
76	Ярославская обл.	235,1	10	235,4	-0,30	-0,13
79	Еврейская авт. обл.	132,4	54	119,7	12,84	9,62
80	Агинский Бурятский авт. окр.	147,6	50	140,6	6,98	4,73
81	Коми-Пермяцкий авт. окр.	183,4	33	185,0	-1,63	-0,89
82	Корякский авт. окр.	89,4	56	105,3	-15,88	-17,76
83	Ненецкий авт. окр.	60,0	61	51,0	8,96	14,94
84	Таймырский авт. окр.	78,9	58	87,2	-8,35	-10,68
85	Усть-Ордынский Бурятский авт. окр.	156,9	47	151,8	5,08	3,24
86	Ханты-Мансийский авт. окр.	142,8	52	131,2	11,58	8,11
87	Чукотский авт. окр.	43,1	62	35,9	7,22	16,76
88	Эвенкийский авт. окр.	84,0	57	96,8	-12,78	-15,21
89	Ямало-Ненецкий авт. окр.	73,0	59	76,5	-3,55	-4,86

*Примечание:*  $\hat{q}$  – фактические значения базовой продуктивности лесных земель, м<sup>3</sup>/га;  $q$  – расчетные значения базовой продуктивности, м<sup>3</sup>/га;  $\varepsilon$  – остаток, т. е. абсолютная погрешность, равная  $\varepsilon = \hat{q} - q$ ;  $\Delta$  – относительная погрешность, вычисляемая из соотношения  $\Delta = 100\varepsilon / \hat{q}$ . Максимальное значение относительной погрешности  $\Delta_{\max}$  выделено курсивом. Доверие к уравнениям оценивается разницей  $D = 100 - |\Delta_{\max}|$ .

**Базовые оценочные показатели.** Аналогичным образом были получены модели для других оценочных показателей (табл. 2.7):

- базовая продуктивность в стоимостном выражении, р./га

$$q_3 = 25308,2 \exp(-0,25038r_{бз}^{0,47421}) - 57,86r_{бз}; \quad (2.9)$$

- оценочные затраты, р./га

$$3 = 16890,24 \exp(-0,86621r_3^{0,11981}) - 74,23r_3; \quad (2.10)$$

- цена производства  $\Pi = 1,073$ , р./га

$$\Pi = 18072,63 \exp(-0,86621r_3^{0,11981}) - 79,42r_3; \quad (2.11)$$

- кадастровая стоимость лесных земель, р./га

$$K = 7546,85 \exp(-0,16983r_{кз}^{0,55035}) - 30,68r_{кз}; \quad (2.12)$$

- удельная стоимость древесного сырья  $C = q_3/q$ , р./м<sup>3</sup>

$$C = 116,02 \exp(-0,20590r_c^{0,55205}); \quad (2.13)$$

- дифференциальный доход  $d = q_3 - \Pi$ , р./га

$$d = 13197,6 \exp(-0,18169r_d^{0,52291}) - 47,885r_d. \quad (2.14)$$

Все шесть ранговых шкал приведены в табл. 2.7. При этом формулы (2.9–2.14) являются частными случаями биотехнического закона.

В дальнейшем можно сопоставлять эти ранговые шкалы и тем самым давать лесным землям субъектов РФ кадастровую оценку.

**Общая закономерность оценочных показателей.** Исследования по статистической идентификации биотехническим законом показали, что общее уравнение для описания оценочных показателей, выраженных формулами (2.9–2.14), включает еще и третью составляющую волнового возмущения. Кроме базовой продуктивности лесных земель в натуральном выражении все остальные шесть вышеприведенных оценочных показателей описываются общей статистической закономерностью, построенной на элементах биотехнического закона проф. П. М. Мазуркина:

$$y = y_0 \exp(-a_1 r^{a_2}) - a_3 r^{a_4} \pm a_5 r \exp(-a_6 r) \cos(\pi r / a_7 \pm a_8), \quad (2.15)$$

где  $y$  – оценочный показатель (кроме базовой продуктивности в м<sup>3</sup>/га);  $r$  – ранг оценочного показателя, определяемый по убыванию значений оценочного показателя;  $y_0$  – начальное (максимальное) значение оценочного показателя;  $a_1 \dots a_8$  – параметры статистической модели.

Т а б л и ц а 2.7

## Ранговые шкалы для оценки земель лесного фонда субъектов РФ

Код	Субъект РФ	Ранги показателей оценки лесных земель					
		$r_B$	$r_{БЭ}$	$r_З$	$r_{кc}$	$r_c$	$r_d$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Республика Адыгея	24	1	2	0	1	0
2	Республика Алтай	38	33	39	25	32	24
3	Республика Башкортостан	27	43	34	36	56	49
4	Республика Бурятия	47	46	44	37	53	41
5	Республика Дагестан	29	2	4	1	2	1
6	Ингушская Республика	24	1	2	0	1	0
7	Кабардино-Балкарская Республика	24	1	2	0	1	0
8	Республика Калмыкия	41	26	14	30	22	40
9	Карачаево-Черкесская Республика	24	1	2	0	1	0
10	Республика Карелия	43	34	35	30	35	32
11	Республика Коми	39	48	43	37	59	45
12	Республика Марий Эл	13	29	32	19	41	26
13	Мордовская Республика	8	21	25	15	29	18
14	Республика Саха (Якутия)	55	54	47	43	65	54
15	Северная Осетия – Алания	24	1	2	0	1	0
16	Республика Татарстан	19	27	28	20	38	27
17	Республика Тува	43	45	46	35	52	37
18	Удмуртская Республика	26	45	37	36	60	50
19	Республика Хакасия	39	36	44	31	42	29
20	Чеченская Республика	24	1	2	0	1	0
21	Чувашская Республика	10	23	26	16	30	20
22	Алтайский край	44	35	38	28	36	32
23	Краснодарский край	29	2	4	1	2	1
24	Красноярский край	48	44	45	34	48	38
25	Приморский край	37	12	24	14	6	8
26	Ставропольский край	32	4	6	2	3	2

Продолжение табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
27	Хабаровский край	54	53	49	38	61	49
28	Амурская обл.	53	52	48	39	59	49
29	Архангельская обл.	42	40	42	32	47	36
30	Астраханская обл.	41	26	14	30	23	39
31	Белгородская обл.	18	3	1	9	4	7
32	Брянская обл.	5	8	8	7	11	11
33	Владимирская обл.	3	21	16	18	31	25
34	Волгоградская обл.	35	22	12	21	16	28
35	Вологодская обл.	21	32	30	26	41	31
36	Воронежская обл.	26	10	7	14	9	16
37	Ивановская обл.	7	29	24	26	44	35
38	Иркутская обл.	47	46	46	36	53	39
39	Калининградская обл.	13	0	0	11	0	12
40	Калужская обл.	1	9	11	6	14	9
41	Камчатская обл.	56	55	33	44	63	58
42	Кемеровская обл.	44	39	40	31	45	36
43	Кировская обл.	25	37	39	29	51	36
44	Костромская обл.	15	33	31	27	46	34
45	Курганская обл.	36	42	35	35	48	43
46	Курская обл.	9	4	3	5	5	3
47	Ленинградская обл.	23	26	27	24	33	27
48	Липецкая обл.	6	6	9	4	8	5
49	Магаданская обл.	60	57	48	44	64	55
50	Московская обл.	0	7	5	8	12	10
51	Мурманская обл.	55	38	39	34	21	37
52	Нижегородская обл.	7	28	28	22	43	29
53	Новгородская обл.	17	25	23	23	34	27
54	Новосибирская обл.	45	41	39	32	45	40
55	Омская обл.	49	49	39	41	55	53
56	Оренбургская обл.	25	31	29	24	39	33

Окончание табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
57	Орловская обл.	5	5	7	3	7	4
58	Пензенская обл.	14	19	20	15	26	19
59	Пермская обл.	30	48	39	39	62	52
60	Псковская обл.	8	19	16	17	28	23
61	Ростовская обл.	31	16	6	22	13	26
62	Рязанская обл.	4	13	15	10	18	14
63	Самарская обл.	22	17	19	16	20	21
64	Саратовская обл.	20	15	17	13	17	17
65	Сахалинская обл.	40	30	28	30	24	30
66	Свердловская обл.	34	43	36	36	54	47
67	Смоленская обл.	3	14	13	12	18	15
68	Тамбовская обл.	11	11	14	9	15	13
69	Тверская обл.	12	20	18	17	27	22
70	Томская обл.	51	47	42	37	50	44
71	Тульская обл.	2	7	10	3	10	6
72	Тюменская обл.	46	49	41	40	58	51
73	Ульяновская обл.	16	20	22	15	25	19
74	Челябинская обл.	28	38	33	33	49	42
75	Читинская обл.	50	50	46	38	57	46
76	Ярославская обл.	10	24	21	23	37	28
79	Еврейская авт. обл.	54	53	49	38	59	49
80	Агинский Бурятский авт. окр.	50	50	46	39	57	45
81	Коми-Пермяцкий авт. окр.	33	51	43	41	66	52
82	Корякский авт. окр.	56	55	33	44	63	58
83	Ненецкий авт. окр.	61	58	48	44	69	56
84	Таймырский авт. окр.	58	56	44	44	68	57
85	Усть-Ордынский Бурятский авт. окр.	47	46	46	36	53	39
86	Ханты-Мансийский авт. окр.	52	52	44	42	62	52
87	Чукотский авт. окр.	62	59	50	44	67	56
88	Эвенкийский авт. окр.	57	51	47	41	40	48
89	Ямало-Ненецкий авт. окр.	59	57	45	44	69	57

Обобщенная закономерность (2.15) содержит три составляющие. Первая отражает закон гибели в общей форме. Она естественна и поэтому характеризует ранговое расположение субъектов РФ по оценочному показателю земель лесного фонда.

Вторая составляющая показывает, как правило, техногенное (антропогенное) воздействие на лесные земли со стороны населения и пользователей лесных ресурсов. Поэтому она имеет кризисный характер – отрицательный знак перед составляющей.

Третья составляющая представляет техногенное возмущение множества субъектов РФ как некой популяции. Это волновое возмущение происходит с амплитудой, равной выражению  $a_5 r \exp(-a_6 r)$ , которая соответствует закону гибели в упрощенной форме: Ципфа (в биологии), Парето (в экономике) и Мандельброта (в физике). Параметр  $a_7$  является половиной периода волнового возмущения, а параметр  $a_8$  показывает сдвиг начала у волнового возмущения субъектов РФ относительно нулевого ранга оценочного показателя.

## 2.9. Будущее землепользования и сельского хозяйства

В наших публикациях [86, 90, 91, 96–101, 105, 106, 118–120] была обоснована концепция оценки рациональности землепользования. Однако закономерности, рассмотренные в [86], выводятся из относительно коротких динамических рядов длительностью до 100–250 лет. Цель – показать возможности учета прошлых изменений климата, за время в несколько тысячелетий, для комплексного прогнозирования природопользования.

Иначе говоря, рациональность природопользования будет меняться вместе с глобальным потеплением или похолоданием.

По данным [112, с. 91], потепление и отступление ледников началось более 18 тыс. лет назад, причем приблизительно 10 тыс. лет назад наступило быстрое таяние льдов. Расчетные данные показывают, что изменение площади ледников происходило медленно. Шесть тысяч лет назад наступил так называемый климатический оптимум, ознаменовавшийся в Европе наибольшим потеплением. Затем климат вновь постепенно ухудшился, и начался незаметный рост ледников. Поэтому речь шла не о внезапной катастрофе, а о длительном природном процессе. Если будут выявлены закономерности изменения площади ледников, то появится возможность прогнозирования и показателей природопользования.

По данным [112], для канадских ледников была получена зависимость (табл. 2.8)

$$S = 11,89 \exp(-3,8530 \cdot 10^{-6} (t + 18000)) - 0,00001267 (t + 18000)^{1,6668} \exp(-0,00006102 (t + 18000)) + 0,002268 (t + 18000) - 0,0001716 (t + 18000) \cos(\pi (t + 18000) / 7047,4) . \quad (2.16)$$

Таблица 2.8

## Динамика площади канадских ледников

Время $t$ , лет	Фактическое значение $S_2$ , млн км <sup>2</sup>	Расчетные значения (2.16)			Составляющие модели (2.16)				
		$S$ , млн км <sup>2</sup>	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , млн км <sup>2</sup>	$S_2$ , млн км <sup>2</sup>	$S_3$ , млн км <sup>2</sup>	$a$	$S_4$ , млн км <sup>2</sup>
-18 000	11,89	11,89	-3,4e-7	-0,00	<b>11,89</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
-15 000	11,79	11,85	-0,06	-0,51	11,75	6,59	6,80	0,51	0,12
-12 500	9,69	9,30	0,39	4,02	11,64	15,54	12,47	0,94	-0,73
-12 000	8,59	8,72	-0,13	-1,51	11,62	17,43	13,61	1,03	-0,92
-11 800	8,75	8,48	0,27	3,02	11,61	18,18	14,06	1,06	-0,99
-11 500	7,49	8,11	-0,62	-8,28	11,60	19,31	17,74	1,12	<b>-1,08</b>
-9 000	4,54	4,37	0,17	3,74	11,48	28,52	20,41	1,54	-1,00
-8 500	–	3,48	–	–	11,46	30,27	21,55	1,63	-0,75
-8 000	2,73	2,57	0,16	5,86	11,44	31,97	22,68	1,72	-0,43
-7 000	0,34	0,71	-0,37	-108,82	11,40	35,27	24,95	1,89	0,36
-6 500	0,00	-0,18	-0,18	$-\infty$	11,37	36,85	26,08	1,97	0,79
Н. вр.*	0,15	0,15	0,00	0,60	11,09	52,29	40,83	3,09	-0,52

\* Н. вр. – настоящее время.

В этой формуле имеются четыре составляющие. Первая является законом гибели (Цифа–Парето–Мандельброта), вторая – биотехническим законом проф. П. М. Мазуркина, третья – законом неуклонного линейного роста, четвертая – колебательного циклического возмущения с периодом  $2 \times 7047,4 = 14\,095$  лет. Таким образом, исследованный период превышает один цикл колебательного изменения площади ледников.

Максимум второй составляющей будет равен  $59,36$  млн км<sup>2</sup> через  $9500$  лет, минимум колебательного возмущения –  $1,08$  млн км<sup>2</sup> пришелся на  $11\,500$  лет назад, а такой же минимум колебания в  $1,26$  млн км<sup>2</sup> возможен через  $10\,500$  лет в будущем. При этом амплитуда колебания  $2a$  непрерывно возрастает, постепенно приводя планету к потере устойчивости по климату.

Аналогичные модели получены по ледникам Кордильер и Скандинавии в виде статистических закономерностей ( $t_l = t + 18\,000$  лет):

- ледники Кордильер

$$S = 1,87 - 0,00003984t_1^{1,3663} \exp(-0,00003745t_1) + 0,0006305t_1 - 5,6490 \cdot 10^{-6} t_1 \cos(\pi t_1 / 7047,4); \quad (2.17)$$

- ледники Скандинавии

$$S = 2,63 - 0,00005140t_1^{1,3810} \exp(-0,00004676t_1) + 0,0007681t_1 - 0,00007245t_1 \cos(\pi t_1 / 7047,4). \quad (2.18)$$

Таким образом, появляется возможность прогнозирования рациональных пределов пользования природными ресурсами, в частности землями сельскохозяйственного назначения, в связи с глобальными изменениями климата. Причем это ориентировочное прогнозирование можно сделать не только по динамике площади ледников.

## 2.10. Особенности эрозии растительного покрова и почвы

Покажем способ измерения площади сельскохозяйственных территорий у различных субъектов землепользования по распределениям почвенных разновидностей, в том числе и подверженных водной эрозии почвы и растительного покрова. При этом площади учитываются два раза – в пределах границ водосборных бассейнов рек и в пределах административно-территориальных образований.

При рационализации природопользования особое внимание следует обращать на землепользование, прежде всего в сельском хозяйстве. В мировой практике все еще недостаточное внимание уделяется эрозии растительного покрова и особенно эрозии обрабатываемой почвы. Поэтому на-

ша цель – показать особенности технического решения по способу измерения и учета площади сельскохозяйственных угодий.

Техническое решение относится к учету и составлению кадастра земель сельскохозяйственного назначения для научного управления земельными ресурсами в условиях сельскохозяйственных предприятий и их территориальных объединений. Причем это территориальное управление выполняется на основе выявления закономерностей у различных распределений земельных участков по значениям площади, измеренных одновременно в определенный момент времени.

Известен способ измерения площади сельскохозяйственных угодий и других участков земель в водосборном бассейне равнинной реки [18, с. 36–38], включающий измерение площади отдельных участков водосбора геодезическими приемами аэрофотосъемки или космической съемки, инструментальными способами картометрии по карте с помощью планиметра или палетки, а также непосредственно на местности, используя наземные геодезические приемы и приборы.

Недостатком является то, что после проведения измерений площади различные участки сельскохозяйственных угодий, находящиеся на территории водосбора, не группируются по почвенным разновидностям.

Известен также способ измерения площади сельхозугодий по методике кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий на уровне субъектов Российской Федерации, который предполагает после проведения картографических или натурных измерений проводить группировку участков земель по почвенным разновидностям в пределах границ административно-территориальных образований.

Недостатком этого способа является группировка только по границам административно-территориальных единиц, что удобно для целей управления, но весьма неудобно для анализа площади сельскохозяйственных угодий и других категорий земель по водосборным бассейнам рек и их притоков, являющихся естественными границами природных экосистем. Другой недостаток – отсутствие закономерностей количественного распределения с учетом значений площади сельскохозяйственных угодий по почвенным разновидностям, например, в пределах границ административно-территориальных районов какого-то субъекта Российской Федерации.

Технический результат – расширение функциональных возможностей измерений значений площади у сельскохозяйственных угодий: во-первых, выявлением закономерностей распределения участков земель по почвенным разновидностям; во-вторых, сопоставлением этих распределений в границах территорий административных образований (сельскохозяйственных предприятий, административно-территориальных районов как множества сельскохозяйственных предприятий, субъектов Российской Федерации как множества административно-территориальных районов и др.) с распределениями сельскохозяйственных угодий по тем же почвенным разновидностям, но в пределах водосборных бассейнов рек и их притоков.

Этот технический результат достигается таким образом:

1) дополнительно выполняют группировку участков земель сельскохозяйственных угодий по почвенным разновидностям в пределах границ водосборных бассейнов рек и их притоков [117];

2) затем распределяют почвенные разновидности по убыванию значений площади сельскохозяйственных угодий с присвоением ранга, начиная от нуля для общей площади всего множества;

3) после этого статистическим моделированием выявляют закономерности распределений площади почвенных разновидностей в границах водосборных бассейнов рек и их притоков и административно-территориальных образований;

4) далее по относительным закономерностям сравнивают между собой распределения земельных участков у соподчиненных административно-территориальных образований и водосборных бассейнов рек и их притоков в пределах общего для всего множества земельных участков сельскохозяйственных угодий более крупного территориального образования;

5) затем по результатам сравнения уточняют границы соподчиненных административно-территориальных образований по границам водосборных бассейнов рек и их притоков.

Общим, более крупным, территориальным образованием для всего множества земельных участков принимается сельскохозяйственное предприятие, для почвенных разновидностей множества сельскохозяйственных предприятий – административно-территориальный район или субъект РФ, множества административно-территориальных районов – сельскохозяйственные угодья субъекта РФ, почвенных разновидностей групп субъектов РФ – территория страны в целом, а для множеств почвенных разновидностей различных стран – регионы мира или вся агросфера планеты Земля.

По убыванию значений площади сельскохозяйственных угодий почвенные разновидности распределяют с присвоением ранга, начиная от нуля, независимо от названия и характеристики каждой почвенной разновидности, входящей в множество. При этом устанавливается предельно минимальное значение площади сельскохозяйственных угодий, меньше которого почвенные разновидности не включаются в распределения. А при разнице по площади между смежными почвенными разновидностями меньше установленного минимального значения площади сельскохозяйственных угодий этим разновидностям присваивается одинаковый ранг.

Для статистического моделирования применяется основная часть совокупности почвенных разновидностей, причем эта совокупность по площади оценивается показателем, вычисляемым по выражению:

$$\lambda = 100(n - n_{\text{искл.}}) / n, \quad (2.19)$$

где  $\lambda$  – доля включенных в статистическое множество почвенных разновидностей для моделирования закономерностей распределения, %;  $n$  – общее число почвенных разновидностей в территориальном образовании

(административном или водосборном), шт.;  $n_{искл.}$  – число почвенных разновидностей, имеющих меньшую площадь по сравнению с минимально установленным значением, например 100 га для административных районов субъекта Федерации, шт.

Статистическим моделированием выявляют закономерности распределений значений площади почвенных разновидностей в границах водосборных бассейнов и административно-территориальных образований по формуле:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad (2.20)$$

где  $S$  – общая площадь почвенной разновидности, га;  $S_1$  – первая составляющая, закон гибели в общей форме, га;  $S_2$  – вторая составляющая, биотехнический закон проф. П. М. Мазуркина (в полной форме) стрессового возбуждения популяции участков земель на антропогенное воздействие, га;  $S_3$  – третья составляющая, также биотехнический закон проф. П. М. Мазуркина (в упрощенной форме) стрессового возбуждения в некотором интервале значений площади популяций почвенных разновидностей на антропогенное воздействие, га;  $S_4$  – волновая составляющая колебательного возмущения популяции земельных участков сельскохозяйственных угодий на антропогенное воздействие работников сельского хозяйства с амплитудой, изменяющейся по биотехническому или показательному закону, га.

Заметим, что отдельные составляющие указанной формулы имеют вид:

$$S = S_0 \exp(-a_1 r^{a_2}) + a_3 r^{a_4} \exp(-a_5 r^{a_6}) + a_7 r^{a_8} \exp(-a_9 r) + a_{10} r^{a_{11}} \exp(-a_{12} r) \cos(\pi r / p_{0,5}), \quad (2.21)$$

где  $S_0$  – значение максимальной площади сельскохозяйственных угодий некоторой почвенной разновидности, га;  $r$  – ранг почвенной разновидности,  $r = 0, 1, 2, 3, \dots$ , располагаемый по убыванию значений площади сельскохозяйственных угодий данной почвенной разновидности вне зависимости от названия и характеристики всех почвенных разновидностей, включенных в рассматриваемое множество статистического распределения;  $a_1 \dots a_{12}$  – параметры статистической закономерности (модели рангового распределения почвенных разновидностей по площади);  $p_{0,5}$  – половина периода колебательного возмущения по рангам популяции (множества) почвенных разновидностей сельскохозяйственных угодий по площади.

Для сравнения между собой земельных участков у соподчиненных административно-территориальных образований и водосборных бассейнов относительные закономерности распределения получают делением формулы на значение площади при нулевом ранге, а территориальные образо-

вания (административные и водосборные бассейны) сравнивают по выражению:

$$s = \exp(-a_1 r^{a_2}) + a'_3 r^{a_4} \exp(-a_5 r^{a_6}) + a'_7 r^{a_8} \exp(-a_9 r) + a'_{10} r^{a_{11}} \exp(-a_{12} r) \cos(\pi r / p_{0,5}), \quad (2.22)$$

где  $a'_3 = a_3 / S_0$  – относительное значение активности стрессового возбуждения по второй составляющей;  $a'_7 = a_7 / S_0$  – относительное значение активности третьей составляющей статистической модели;  $a'_{10} = a_{10} / S_0$  – относительное значение активности четвертой составляющей статистической модели относительного рангового распределения почвенных разновидностей сельскохозяйственных угодий.

Надежность множества (системы) сельскохозяйственных угодий по почвенным разновидностям данного территориального образования (административного или водосборного бассейна) оценивается на уровне 99, 90 или 80% рангового распределения, причем доля значений граничных рангов показывает структурную надежность этого распределения в том или ином административном районе или водосборном бассейне, и по такой надежности оценивается потребность в изменении границ тех или иных административно-территориальных районов.

Дополнительно в пределах общего для всего множества земельных участков сельскохозяйственных угодий более крупного территориального образования сравниваются между собой территориальные образования (административные или водосборные бассейны) по баллу бонитета продуктивности сельскохозяйственных угодий, включая пашни, сенокосы и пастбища по соответствующим почвенным разновидностям, а затем выявляются закономерные связи между площадью почвенных разновидностей сельскохозяйственных угодий и их плодородием.

Множество крупных территориальных образований (административные или водосборные бассейны), каждый из которых имеет общую площадь с нулевым рангом для соподчиненных территориальных образований, ранжируется кодовой шкалой предпорядка предпочтительности по убыванию значений общей площади сельскохозяйственных угодий, а затем выявляется закономерность убывания общей площади сельскохозяйственных угодий по формуле

$$S_{cx} = a_1 \exp(-a_2 i^{a_3}) + a_4 i^{a_5} \exp(-a_6 i), \quad (2.23)$$

где  $S_{cx}$  – площадь сельскохозяйственных угодий территориального образования (административного или водосборного бассейна), га;  $a_1$  – расчетная площадь сельскохозяйственных угодий при нулевом значении предпорядка предпочтительности, га;  $i$  – предпорядок предпочтительности;  $i = 1, 2, 3, \dots$ ;  $a_1 \dots a_6$  – параметры статистической модели (закономерности).

Сущность технического решения заключается в том, что сами совокупности (организованные множества, т. е. популяции) участков земли некоторой однородной категории (поля, леса, озера и др.) могут дать великолепные эколого-экономические показатели. При этом любой участок земли, даже полностью изъятый из сельскохозяйственного оборота для строительства, через некоторое время (годы, десятилетия, века, тысячелетия) может быть реанимирован, реконструирован природой, и на нем могут быть восстановлены те или иные природные объекты, а также задействованы естественные процессы без участия человека и его хозяйственной деятельности. Кроме того, множество земельных участков различных кадастровых категорий принимается как биологические популяции, имеющие право на жизнедеятельность так же, как и другие виды населения на данной территории, включая и населения людей. Поэтому техническое решение исходит из принципов биоцентризма, а не антропоцентризма.

Положительный эффект достигается тем, что по В. В. Докучаеву представление почвенных разновидностей как результатов биологической деятельности различных организмов в прошлом, позволяет сопоставлять земельные участки, как и любые биологические существа, например: по росту, массе и площади наружной поверхности [47]. Для сельскохозяйственных угодий наиболее подходит показатель площади, который становится системообразующим для любого территориального образования административного, так и иного деления.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые сопоставляются между собой различные типы территориальных образований с учетом статистических закономерностей ранговых распределений по площади почвенных разновидностей, и прежде всего тех, которые относятся к сельскохозяйственным угодьям.

Исторически люди всегда стремились организовать административные деления территории по естественным границам природных объектов, наиболее долговечными из которых являются речные системы. Однако, как показывают исследования, не всегда границы административно-территориальных районов субъектов страны соответствуют границам водосборных бассейнов.

В особенности много недостатков в границах почвенных разновидностей, а также между границами сельскохозяйственных предприятий и водосборных бассейнов рек и их притоков.

## **2.11. Выводы**

Геотриадное измерение территорий по системе «ландшафт + население + хозяйство» и предложенные способы оценки экологического состояния административных образований по активности растительного покрова позволили уточнить иерархическую структуру российского земельного када-

стра ранжированием всех известных категорий и введением над ними двух уровней иерархии.

На нулевом уровне исследуется вся площадь территории, на первом – кадастровые категории объединяются в две группы: земли сельских территорий и земли урбанизированных территорий. И только на втором уровне иерархии рассматриваются категории земель в ранжированном списке и с уточненными названиями некоторых из них.

Такая структуризация с учетом предложенного биологического способа анализа территориального экологического неравновесия позволяет повысить качество экологической оценки территории на основе выявления суммы земельных участков, занятых под растительным покровом.

По сравнению с существующими способами оценки экологического равновесия, в которых исчисление ведется по доле антропогенным образом измененных территорий из общей площади, в предлагаемом биологическом способе рассматривается расчет по доле растительного покрова. Ядром растительного покрова биосферы Земли являются лесные массивы.

Однако в ближайшем будущем возможно дополнение предложенного биологического способа результатами анализа компонентного равновесия по видовому разнообразию животных, растений, грибов и микроорганизмов, проживающих внутри растительного покрова отдельных ландшафтов и административных образований Российской Федерации.

### 3. ДИНАМИКА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Основной и простой идеей, примененной нами в поиске закономерностей распределения земельных участков по статистическим данным, например: картографическим измерениям, значениям площади земельных участков по годам и категориям, является то, что все *в природе закономерно* и устроено по простым и устойчивым законам.

Эти устойчивые взаимосвязи в природных объектах и процессах вполне можно описать математически уравнениями и неравенствами, имеющими вполне содержательно объяснимые параметры модели.

#### 3.1. Общие сведения

Территория Республики Марий Эл находится в уникальном месте европейской части России – дельте Древней Волги, протекающей под столицей г. Йошкар-Ола на глубине от 18 м шириной до 12 км. Поверхностные водотоки в виде малых и мелких рек и речушек в основном впадают в наземную реку Волгу, принося чистую воду в загрязненное русло крупной в Европе реки. Но постепенно происходит смешивание грязной воды поверхностной Волги с чистыми водами подземной.

В сложившихся геоэкологических условиях для достижения территориального экологического равновесия необходимо защищать марийские реки и озера от загрязнения со стороны наземной Волги. Промышленность и сельское хозяйство сильно загрязняют водные объекты и земельные участки. Наиболее экологически загрязненной городскими стоками Йошкар-Олы является нижняя часть реки Малая Кокшага. Поэтому экологическую опасность для подземной Волги представляют наземная Волга и река Малая Кокшага.

Экологический мониторинг, проводимый в течение 15–17 лет по 40 точкам постоянных наблюдений за водными объектами РМЭ, позволяет составить общую таблицу исходных статистических данных по годам.

Эта таблица данных становится основой количественного описания земельного кадастра, включая земли водного фонда. Но в ней не указаны закономерности, по которым, помимо воли людей, за годы и десятилетия произошли те или иные изменения на данной территории. Однако влияние

человека, пусть даже и в геологическом масштабе, в принципе не сможет повернуть глобальный ход природных процессов. Анализ показал, что антропогенное воздействие характеризуется дополнительными волновыми составляющими статистической закономерности поведения природных объектов. Поэтому утверждение о том, что все *в природе закономерно* и устроено по простым и устойчивым законам, дополняется новыми составляющими математической модели в виде уравнений колебания.

Это аксиома – о существовании *общей закономерности распределения однородных природных объектов*, в данном случае распределения однородных по значениям физической величины – площади. Причем эти распределения являются стабильными и четко определены по функциям и конструкциям устойчивых математических зависимостей. Поэтому указанная аксиома становится исходной предпосылкой в методологии статистического моделирования.

При этом в первом приближении однородность понимается весьма грубо, только как однородность геодезических проекций разнообразных земельных участков с водными, лесными и иными объектами.

В итоге появилась теоретическая возможность поиска закономерностей в распределениях площади земельных участков, как в конкретном сельском хозяйстве, так и по всему земельному фонду административного образования в целом.

Из основной аксиомы, приведенной выше, вытекает важное следствие: с позиций интересов природы более значимо изучение законов распределения земель в пределах границ не административных образований, а естественных биогеоценозов и экосистем.

В 1991 г. произошел скачок в переоценке и перераспределении земель РМЭ, как и по всей России. Поэтому этот год считается началом осуществления основных мероприятий земельной реформы. Тогда этот момент времени примем за начало динамики, т. е. для 1991 г. установим значение времени  $t = 0$ .

Для различных категорий земель была предложена статистическая модель ежегодной динамики распределения территории у каждого субъекта Российской Федерации в виде обобщенного уравнения:

$$S = a_0 \exp(-a_1 t^{a_2}) + a_3 t^{a_4} \exp(-a_5 t^{a_6}) + a_7 t^{a_8} \exp(-a_9 t^{a_{10}}) \cos(\pi t / a_{11} + a_{12}), \quad (3.1)$$

где  $S$  – площадь, га;  $t$  – время, лет;  $a_0 \dots a_{11}$  – параметры статистической модели, которые получают различные численные значения в каждом конкретном случае.

Аналогична формуле (3.1) также конструкция закономерности рангового распределения земель по отдельным кадастровым категориям.

Нами применен иной методологический подход, отличный от того, что использовался до сих пор для какой-либо конкретной территории с применением табличных данных земельного кадастра. По данным земельных ресурсов в табличной форме была идентифицирована закономерность (3.1) к анализу распределения категорий земель по площади и изменения во времени (т. е. структурной динамики) земельного фонда (на примере Республики Марий Эл).

Этот подход основан на статистическом моделировании табличных данных с использованием обобщенного устойчивого закона распределения, предложенного проф. П. М. Мазуркиным и названного им *биотехническим законом*. С помощью математической решающей среды EUREKA SOLVER или CurveExpert-1.3 или иного программного комплекса на ПЭВМ допускается проведение процедур идентификации по априорно сконструированной статистической модели, причем конструирование выполняется по биотехническому закону или его фрагментам.

Так сложилось, что человек тратит свои силы и различные средства, прежде всего, в границах своих территориальных притязаний. Поэтому земельный кадастр в условиях РМЭ пока создается в пределах административных границ районов, что полезно для целей управления землями, но недостаточно эффективно с позиций инженерной экологии (биологии) и рационализации природопользования.

### 3.2. Исходные данные

Положение Государственного комитета РМЭ по земельным ресурсам и землеустройству было уникальным, прежде всего, из-за необычности марийского края, так как РМЭ находится над дельтой Древней Волги и на территории ее палеодолины.

Вся работа по созданию и последующему поддержанию земельного кадастра должна быть построена в три этапа:

- 1) инвентаризация всех земель РМЭ;
- 2) оценка ценности (экологической, социальной, технологической, рекреационной, исторической и экономической) этих земель по тому, что имеется на земной поверхности;
- 3) дополнительная оценка ценности земель по тому, что имеется под земной поверхностью (в частности, дельта Древней Волги шириной 10–12 км под Йошкар-Олой).

Материалы данного раздела книги относятся к первому этапу и охватывает общереспубликанскую таблицу статистических данных по категориям земель за 1985–1999 гг.

В 1985 г. из 930,1 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения 99,1% были в пользовании у сельскохозяйственных предприятий. Колхозы и совхозы республики достигли в это время наибольшего подъема. Велось

интенсивное строительство производственных зданий, жилого сектора, дорог, собирались довольно высокие для зоны рискованного земледелия урожаи сельскохозяйственных культур, в достаточном количестве вносились органические и минеральные удобрения в почву, люди на селе жили в относительном достатке.

Орошаемых земель в республике в 1985 г. было 49,6 тыс. га, осушенных – 14,0 тыс. га. Осуществлялось коренное улучшение сенокосов и пастбищ, площадь которых составила 29,4 тыс. га. Проводилось освоение земель с ежегодным переводом их в пашню в среднем на площади 3,1 тыс. га, в сенокосы – 3,4 тыс. га. Известкование кислых почв ежегодно составляло 520,5 тыс. га. Агротехнические противоэрозионные мероприятия (лункование зяби) проводились на площади 585,5 тыс. га, имелось 8,1 тыс. га полезных лесных насаждений, было построено 21 км водозадерживающих валов в вершинах оврагов. Только в 1985 г. было посажено 1,9 тыс. га защитных лесных насаждений по оврагам и балкам.

Кроме общественного сельскохозяйственного производства в республике насчитывалось 122,5 тыс. личных хозяйств, в пользовании которых находилось 29,2 тыс. га земли, в том числе 26,8 тыс. га сельхозгодий. Всего 42,5 тыс. семей, в основном городского населения, имели в пользовании 3,3 тыс. га участков под сады и огороды.

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения с 1985 по 1992 г. уменьшилась на 106,4 тыс. га за счет передачи земель населенных пунктов в ведение сельских и поселковых Советов.

В 1985–1990 гг. земли водного фонда числились в землях запаса. Затем их категория была восстановлена. По сравнению с 1990 г. земли особо охраняемых территорий увеличились на 22,0 тыс. га в связи с образованием государственного заповедника «Большая Кокшага» в 1993 г. на площади 21,5 тыс. га.

Кроме того, к землям особо охраняемых территорий отнесен государственный национальный парк «Марий Чодра», базы отдыха, санатории, турбазы – всего на площади 0,5 тыс. га.

### **3.3. Изменение площади земель по категориям**

Таким образом, за первый период динамики земель на территории субъекта Российской Федерации были принят интервал календарного времени 1985–1999 гг.

Если достаточно некоторого количества участков естественных ненарушенных земель природной среды, то возможно моделирование рангового распределения площади земель по всем категориям. В этом случае столбец данных в табл. 3.1 принимается за одну статистическую выборку. Тогда получаем столько ранжированных статистических выборок, сколько лет учитывается в данных табл. 3.1.

Таблица 3.1

## Распределение земельного фонда Республики Марий Эл по категориям, тыс. га

№ п/п	Категории земель	1985	1990	1991*	1992**	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1	Земли сельскохозяйственного назначения	922,0	924,3	824,3	815,6	810,6	807,1	799,3	794,5	789,6	864,0	863,6
2	Земли населенных пунктов	15,2	15,8	119,7	132,0	136,9	140,6	143,2	145,7	151,7	73,6	73,6
3	Земли промышленности, транспорта, обороны и иного назначения	89,0	88,4	84,2	78,4	73,2	72,1	71,1	70,9	68,7	73,5	73,9
4	Земли особо охраняемых территорий	–	36,2	36,2	35,8	36,0	58,2	58,2	58,2	58,2	58,2	58,2
5	Земли лесного фонда	1221,8	1182,5	1182,5	1185,0	1213,2	1193,1	1197,7	1202,0	1201,4	1198,9	1096,1
6	Земли водного фонда	0,6	0,5	90,0	90,0	65,1	64,6	64,6	63,1	64,8	64,8	66,4
7	Земли запаса	88,9	89,8	0,6	0,7	2,5	1,8	3,4	3,1	3,1	4,5	5,7
	Итого земель в административных границах РМЭ	2332,5	2337,5	2332,5	2337,5	2337,5	2337,5	2337,5	2337,5	2337,5	2337,5	2337,5

\* Год начала земельной реформы в республике; \*\* год осуществления основных мероприятий земельной реформы.

Для параметрической идентификации в математической среде «Эврика» была использована *конструкция модели рангового распределения* в виде обобщенного уравнения:

$$S = a_0 \exp(-a_1 r^{a_2}) + a_3 r^{a_4} \exp(-a_5 r^{a_6}) \cos(\pi r/a_7), \quad (3.2)$$

где  $S$  – площадь земель по категориям, расположенным по убыванию значений;  $r$  – ранг участка земельной площади;  $a_0 \dots a_7$  – параметры математической (статистической) модели.

Таким образом, структура математической модели, которая отличается от формулы тем, что дополнительно учитываются пределы изменения объясняющих переменных или их интервалы при использовании суммы сплайн-функций, определяется заранее эвристическими рассуждениями, а затем параметры модели идентифицируются относительно числовых значений у статистических выборок.

При таком подходе происходит процесс *идентификации*, который диаметрально отличается от *аппроксимации*, применяемой в классической математической статистике. Методология статистического моделирования становится максимально приближенной к практике работы специалистов земельного ведомства, когда какая-то формула конструируется мысленно осознанно (или же была сконструирована по прошлым статистическим данным), исходя из содержательного описания исследуемого явления или процесса.

Каждая из двух составляющих формулы (3.2) имеет вполне конкретный содержательный смысл:

- $a_0 \exp(-a_1 r^{a_2})$  – закон гибели в обобщенной форме, который предложил проф. П. М. Мазуркин вместо известного устойчивого закона распределения Ципфа (в биологии), Парето (в экономике) и Мандельброта (в физике), причем отличием становится условие  $a_2 \neq 1$ ;

- $a_3 r^{a_4} \exp(-a_5 r^{a_6})$  – биотехнический закон проф. П. М. Мазуркина, являющийся обобщением частных устойчивых законов, характеризующих рост и спад (гибель) [86–105];

- $\cos(\pi r/a_7)$  – волновое циклическое изменение изучаемого явления или процесса, прежде всего, кризисных явлений и возмущений, причем волны появляются не только от действий человека, но и от природных катастроф и других видов чрезвычайных ситуаций.

Произведение биотехнического закона на волновую формулу в виде  $a_3 r^{a_4} \exp(-a_5 r^{a_6}) \cos(\pi r/a_7)$  даст вейвлет-функцию проф. П. М. Мазуркина, если предположить, что площадь полученной волновой кривой будет приближаться к нулю (площадь над осью абсцисс будет примерно равна площади под осью). Это позволяет получить эффективный статистический

критерий для сравнения конкретных ранговых распределений площади земель по кадастровым категориям.

Чем меньше доля второй составляющей формулы (3.2), тем ближе фактическое распределение к естественной форме по обобщенному закону гибели (спада), предложенному проф. П. М. Мазуркиным.

Запишем формулу (3.2) в виде суммы показателей

$$S = S_1 + S_2 \quad (3.2a)$$

и в расчетах будем учитывать их как отдельные составляющие.

Чтобы сравнивать между собой ранговые распределения, полученные по каждому году, вводится целочисленный параметр  $k$ , который принят по номерам земельных категорий, представленным в исходных данных табл. 3.1.

Отличительной особенностью рангового распределения земельного фонда РМЭ становится то, что нулевой ранг получает общая площадь территории республики<sup>6</sup>. В этом случае все кривые распределения земель располагаются в начале координат в одной точке, а все кривые распределения по годам будут располагаться веером вправо и вниз из этой точки.

Далее рассмотрим структурную динамику площади территории РМЭ по отдельным годам земельной реформы и совершенствования земельного кадастра по точности соответствия фактам, а также перераспределения земель по отдельным категориям и пр.

**1985 г.** Статистическая выборка из данных табл. 3.1 преобразуется в комплекс формул с конкретными значениями параметров модели (3.2), в результате получается формула:

$$S = 2332,5 \exp(-0,5022r^{1,4189}) + 2394,1r^{4,5076} \exp(-2,4935r) \cos(\pi r / 0,9168). \quad (3.3)$$

В табл. 3.2 приведены расчетные и фактические данные, а на рис. 3.1 показаны графики изменения значений площади.

Адекватность этой модели (3.3), в которой каждый параметр по значению имеет вполне конкретный физический смысл, определяем следующим образом.

Из данных табл. 3.2 и графиков на рис. 3.1 видно, что площадь водного фонда в 1985 г. была значительно занижена в сравнении с фактическими данными. Если не учитывать значение площади в этой точке, то максимальная относительная погрешность составит всего 1,34%.

---

<sup>6</sup> В дальнейшем этот факт необходимо исследовать применительно и к другим территориям, например: Чувашии, Татарии и др.

Т а б л и ц а 3.2

Фактическое и расчетное ранговое распределение земель РМЭ в 1985 г.

$k$	Категория земель	Ранг $r$	Площадь $S$ , тыс. га	Расчетные значения (3.3)			Составляющие	
				$S$ , тыс. га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , тыс. га	$S_2$ , тыс. га
–	Итого	0	2 332,5	2 332,5	0,003	0,00	<b>2 332,5</b>	0,0
5	Лесной фонд	1	1 221,8	1 221,8	0,005	0,00	1 411,6	-189,8
1	С.-х. назначения	2	922,0	922,1	-0,061	-0,01	609,1	<b>313,0</b>
3	Промышленности и др.	3	89,0	89,0	0,015	0,02	214,4	125,4
7	Запас	4	88,9	88,5	0,420	0,47	64,4	24,1
2	Поселения	5	15,2	15,0	0,203	1,34	16,9	1,9
6	Водный фонд	6	0,6	3,6	-3,007	-501,20	3,9	0,3
4	Охраняемые зоны	7	–	–	–	–	–	–

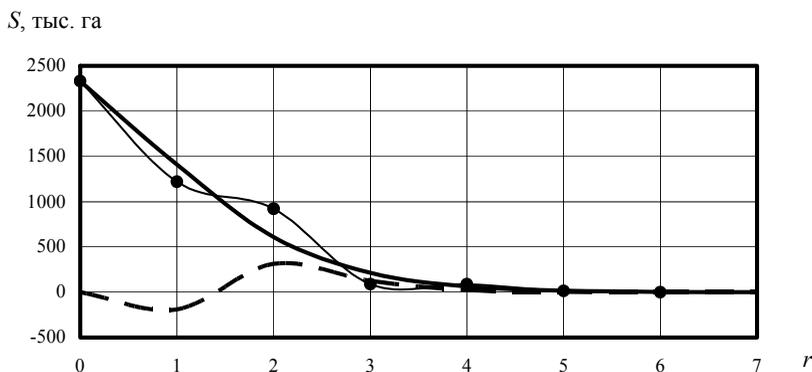


Рис. 3.1. Ранговое распределение земель РМЭ в 1985 г.

• фактические данные площади земель, — график формулы (3.3), — первая волновая составляющая, - - вторая волновая составляющая.

Из данных табл. 3.2 также видно, что остаток

$$\varepsilon = \hat{S} - S \quad (3.4)$$

вычисляется как разность между фактическими  $\hat{S}$  и теоретическими  $S$  значениями показателя, полученными по формуле (3.3).

Относительная погрешность вычисляется по формуле

$$\Delta = 100\varepsilon/\hat{S}, \quad (3.5)$$

причем максимальная по абсолютному значению относительная погрешность  $\Delta_{\max}$  выделена курсивом. В нашем случае по показателю площади она составляет 501,2% (без учета земель водного фонда – всего 1,34%).

Тогда возможно определить доверительную вероятность создаваемой статистической модели по формуле

$$D = 100 - |\Delta_{\max}| \geq [D], \quad (3.6)$$

которая для уравнения (3.3) без последней точки из табл. 3.2, становится не ниже  $100 - 1,34 = 98,66\%$ .

### 3.4. Уровни доверия к статистической закономерности

Допустимый уровень доверительной вероятности  $[D]$  готовой статистической модели определяется характером и требуемой точностью проводимых исследований и типа решаемых задач по достижению территориального экологического равновесия.

Для экологических, экономических, технологических и иных исследований, а также изучения природных и природно-техногенных объектов *допустимая доверительная вероятность*  $[D]$  найденной статистической модели оценивается по предложенной нами следующей классификации *уровня доверия* к полученной регрессионной формуле. Если:

- $50 \geq D$ , то возможно, что это значение (наблюдение) резко отличается от других, поэтому его можно исключить и снова провести повторную параметрическую идентификацию. Если же почти все значения дают отклонение с относительной погрешностью более 50%, то такая статистическая формула далее не рассматривается и она видоизменяется по конструкции, т. е. в дальнейшем повторяется структурная идентификация (в статистическом моделировании заранее предполагается, что исходные статистические данные достоверны);

- $60 \geq D \geq 50\%$  – формула статистической закономерности<sup>7</sup> может быть применена только в качестве ориентировочного тренда и не может быть использована при прогнозировании. Если это резко выделяющееся значение изучаемого показателя, то оно исключается и считается случайно недостоверным, а затем выполняется повторная параметрическая идентификация в решающей математической среде на ПЭВМ;

- $70 \geq D \geq 60\%$  – формула пригодна для выявления общих тенденций (трендов) изменения значений рассматриваемого показателя, однако недостаточно достоверна для формулировки конкретных выводов и разработки конкретных рекомендаций;

- $80 \geq D \geq 70\%$  – формула может использоваться для выполнения различных приблизительных расчетов, в том числе ориентировочного прогнозирования на горизонт прогноза, меньший трети длины основания прогноза. Такая точность считается достаточной в экологических, сельскохозяйственных и иных процессах природопользования, однако при наличии достоверной исходной информации относительно высокой точности следует стремиться создавать более адекватные к исходным данным статистические модели;

- $90 \geq D \geq 80\%$  – формула применима для краткосрочного (1–2 года) и среднесрочного (3–5 лет) прогнозирования, а также для обоснования различных мероприятий по совершенствованию объекта исследования;

- $95 \geq D \geq 90\%$  – формула статистической модели может быть применена для долгосрочного прогнозирования (но не более одной трети основания прогноза), а также в исследованиях технологических систем и частично природно-антропогенных объектов;

- $99 \geq D \geq 95\%$  – статистическая модель имеет очень высокую достоверность и поэтому может быть использована для сверхдальнего прогно-

---

<sup>7</sup> Закономерностью формула становится тогда, когда множество примеров изменения одного показателя описывается одним и тем же типом конструкции статистической модели.

зирования на горизонт прогноза, равный основанию прогноза. Эти модели пригодны для интерпретации технических экспериментов, а также для выработки эффективных экологических, экономических, технологических и технических мероприятий;

- $D = 100\%$  – статистическая закономерность становится однозначно достоверной, т. е. функционально зависимой. Такой случай может произойти при малых (3–6 точек) числах наблюдений. Если же число точек значительно (более 7–9, а для волновых зависимостей более 12–15), то такая найденная статистическая модель может даже стать устойчивым законом (если были выполнены условия высокой точности измерения наблюдений и полноты статистических выборок) при многократной повторяемости табличных моделей с исходными данными для идентификации.

Сопоставление погрешностей измерения изучаемых показателей с погрешностями моделирования позволяет определить уровень требований к адекватности статистической модели.

Вполне очевидно, что нет практического смысла в достижении высокой точности моделирования, если исходные данные сами по себе имеют высокую погрешность [93].

В связи с этим следует придерживаться следующей рекомендации: точность моделирования должна быть не намного выше (например, в 2–3 раза) точности измеренных значений исследуемого показателя.

### 3.5. Структурная динамика категорий земель

Если составить модели типа (3.3) по всем годам, то появится возможность сопоставления распределения земельных участков на данной территории по отдельным категориям земельного кадастра.

Для экологических исследований, как и для сельскохозяйственных, допустима погрешность до 30% [21]. Поэтому модель (3.3) вполне адекватно описывает ранговое изменение земель РМЭ.

Аналогично поступаем при поиске параметров и других моделей.

Для второго примера выбираем **1990 г.** Статистическая выборка из данных соответствующего столбца табл. 3.1 преобразуется в формулу с конкретными значениями параметров модели (3.2), т. е.:

$$S = 2337,4 \exp(-0,6137r^{1,2109}) + 2394,76r^{7,2382} \exp(-3,2885r) \cos(\pi r / 0,8901). \quad (3.7)$$

В табл. 3.3 приведены расчетные и фактические данные, а на рис. 3.2 показаны соответствующие графики.

Из табл. 3.3 видно, что площади водного фонда и земли населенных пунктов в 1990 г. были значительно занижены в сравнении с фактическими

Т а б л и ц а 3.3

Фактическое и расчетное ранговое распределение земель РМЭ в 1990 г.

k	Категория земель	Ранг r	Площадь $\hat{S}$ , тыс. га	Расчетные значения (3.7)			Составляющие	
				S, тыс. га	$\epsilon$	$\Delta$ , %	S <sub>1</sub> , тыс. га	S <sub>2</sub> , тыс. га
–	Итого	0	2 337,5	2 337,5	0	0	<b>2 337,5</b>	0
5	Лесной фонд	1	1 182,5	1 182,7	-0,16	-0,01	1 265,3	-82,6
1	С.-х. назначения	2	924,3	924,0	0,34	0,04	564,7	<b>359,3</b>
3	Запас	3	89,8	89,6	0,20	0,22	229,5	-139,9
7	Промышленности и др.	4	88,4	89,3	-0,86	-0,97	87,3	2,0
2	Охраняемые зоны	5	36,2	38,6	-2,41	-6,66	31,5	7,2
6	Поселения	6	15,8	9,00	6,84	43,29	10,8	-1,9
4	Водный фонд	7	0,5	3,89	-3,39	-678,00	3,6	0,3

$S$ , тыс. га

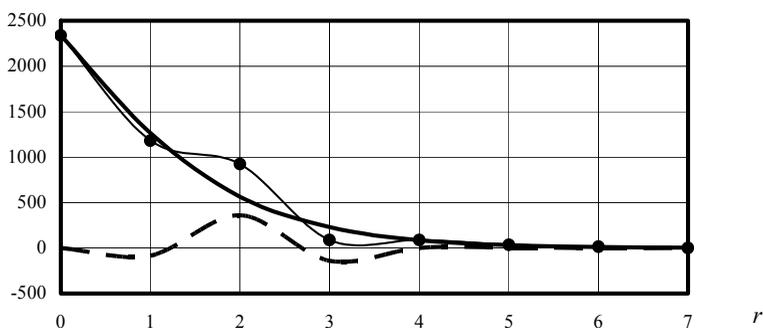


Рис. 3.2. Ранговое распределение земель РМЭ в 1990 г.  
(условные обозначения графиков приведены в подписи к рис. 3.1)

данными. Если не учитывать этих точек по землям поселений и водного фонда, то максимальная относительная погрешность составит всего 6,66%.

По данным табл. 3.3 остаток вычисляется как разность между фактическими  $\bar{S}$  и теоретическими  $S$  значениями показателя, т. е. по формуле (3.4). Относительная погрешность  $\Delta$  вычисляется по формуле (3.5), причем максимальная по абсолютному значению относительная погрешность  $\Delta_{\max}$  выделена курсивом. В нашем случае по показателю площади она составляет 678,0% (без учета земель поселений и водного фонда 6,66%).

Тогда возможно определить доверительную вероятность статистической модели по формуле (3.6), которая для уравнения (3.7) без последних двух точек становится не ниже  $100 - 6,66 = 93,34\%$ .

Структурная динамика показывает характер поведения надстройки общества, точнее – поведение тех, кто управляет территорией и распоряжается природными ресурсами<sup>8</sup>.

Несомненно, что экологическое равновесие на конкретной территории не сможет быть достигнуто без учреждения земского правления участками земель. Надо спрашивать мнения не только людей, проживающих на данной территории, но и прогнозировать еще до проектирования мероприятий природоохранного обустройства и рационализации природопользования последствия поведения популяций животных и растений в измененной человеком природной среде. Это и будет настоящей экологической экспертизой различных проектов, в том числе проектов местных жителей и тех, кто будет внедрять свои проекты после учета всех мнений населения.

<sup>8</sup> Для России всегда была характерна колониальная система ведения отраслей так называемого «народного» хозяйства, и никто не спрашивал мнения населения, проживающего на данной территории.

### 3.6. Динамика земель сельскохозяйственного назначения

Как уже сообщалось, в 1991 г. произошел осознанный поворот в переоценке и перераспределении земель РМЭ по категориям земельного кадастра. Поэтому этот год начала земельной реформы приняли за  $t = 0$ .

**1991–1999 гг.** Для категории земель сельскохозяйственного назначения получаем статистическую модель (табл. 3.4, рис. 3.3)

$$S = 827,220 \exp(-0,010806t) + 5,2322 \cdot 10^{-9} t^{20,76967} \exp(-2,42634t), \quad (3.8)$$

вторая составляющая в которой не имеет волнового изменения.

Т а б л и ц а 3.4

Динамика площади земель сельскохозяйственного назначения в РМЭ

Год учета	Время $t$ , лет	Площадь $\hat{S}$ , тыс. га	Расчетные значения (3.8)			Составляющие (3.8)	
			$S$ , тыс. га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , тыс. га	$S_2$ , тыс. га
1991	0	824,3	827,2	-2,92	-0,35	827,2	0,00
1992	1	815,6	818,3	-2,73	-0,33	818,3	0,00
1993	2	810,6	809,5	1,07	0,13	809,5	0,00
1994	3	807,1	800,7	6,24	0,77	800,8	0,03
1995	4	799,3	793,2	6,05	0,76	792,2	1,02
1996	5	794,5	793,0	1,51	0,19	783,7	9,28
1997	6	789,6	811,4	-21,84	-2,77	775,3	36,15
1998	7	864,0	845,5	18,55	2,15	767,0	78,50
1999	8	863,6	869,8	-6,18	-0,72	758,7	111,07

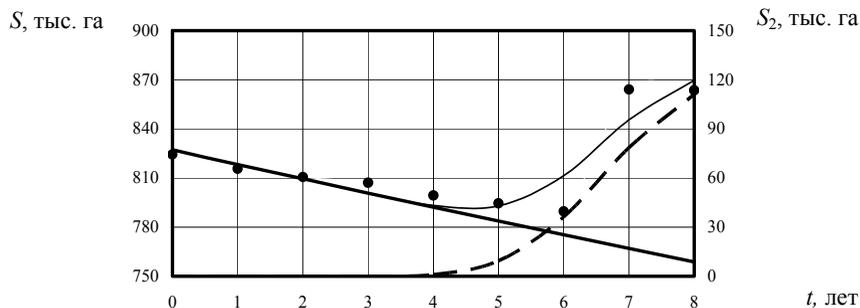


Рис. 3.3. Динамика площади сельскохозяйственных земель РМЭ (условные обозначения графиков приведены в подписи к рис. 3.1)

Из табл. 3.4 и рис. 3.3 видно, что вторая составляющая по биотехническому закону нарастает из года в год, в особенности за последние четыре года до конца XX в. В этом заметны роль управления земельным фондом, а также участие Государственного комитета РМЭ по земельным ресурсам и землеустройству в осуществлении контроля за характером использования земель и ежегодным уточнением их площадей.

Без второй составляющей, т. е. вмешательства системы управления земельным фондом, естественная закономерность по первой составляющей привела бы к постепенному снижению площади земель сельскохозяйственного назначения.

Максимальная относительная погрешность формулы (3.8) равна 2,77%, поэтому доверительная вероятность ее применения составляет  $100 - 2,77 = 97,23\%$ . Это высокий статистический показатель, соответствующий даже техническим исследованиям.

В связи с этим формула (3.8) применима и для прогнозирования (приводится как методический пример).

Далее покажем пример прогнозирования. При этом основание прогноза равно  $1999 - 1990 = 9$  лет. Известно из опыта экономических прогнозов, что горизонт прогноза должен быть не более одной трети основания прогноза для составления надежных прогнозов и равным основанию прогноза при выработке ориентировочных прогнозов.

Тогда экстраполяцию формулы (3.8) возможно вести до  $1999 + 3 = 2002$  г. Для этого перепишем табл. 3.4 еще раз с учетом прогноза динамики земель сельскохозяйственного назначения. Данные сведены в табл. 3.5 и показаны на рис. 3.4.

Будущее – за интегрированными агролесотехнологиями, которые будут осваиваться на территории РМЭ через 10–15 лет до 2050/75 гг.

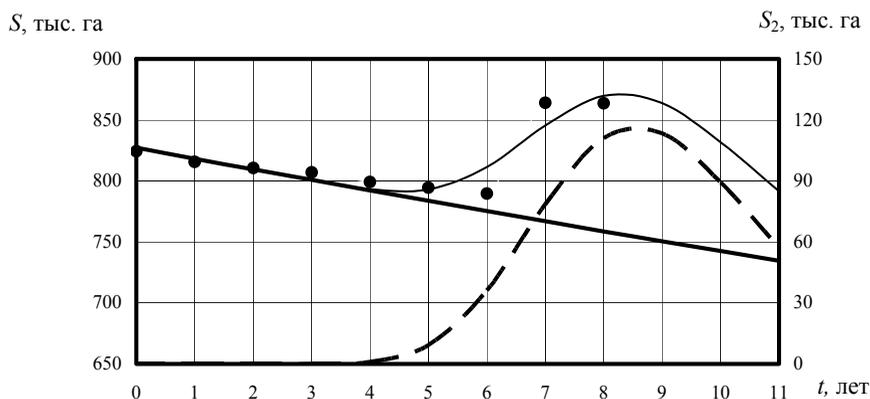


Рис. 3.4. Динамика земель сельскохозяйственного назначения по РМЭ (условные обозначения графиков приведены в подписи к рис. 3.1)

Динамика площади земель сельскохозяйственного назначения в РМЭ

Год учета	Время $t$ , лет	Площадь $S$ , тыс. га	Расчетные значения (3.8)			Составляющие	
			$S$ , тыс. га	$\varepsilon$	$\Delta, \%$	$S_1$ , тыс. га	$S_2$ , тыс. га
1991	0	824,3	827,2	-2,92	-0,35	827,2	0
1992	1	815,6	818,3	-2,73	-0,33	818,3	0
1993	2	810,6	809,5	1,07	0,13	809,5	0
1994	3	807,1	800,7	6,24	0,77	800,8	0,03
1995	4	799,3	793,2	6,05	0,76	792,2	1,0
1996	5	794,5	793,0	1,51	0,19	783,7	9,3
1997	6	789,6	811,4	-21,84	-2,77	775,3	36,2
1998	7	864,0	845,5	18,55	2,15	767,0	78,5
1999	8	863,6	869,8	-6,18	-0,72	758,7	111,1
2000	9	–	863,9	–	–	750,6	113,3
2001	10	–	831,8	–	–	742,5	89,3
2002	11	–	791,6	–	–	734,5	57,1

По второй составляющей формулы (3.8) видно, что 2000 г. является кульминационным в работе Госкомитета РМЭ по земельным ресурсам и землеустройству, когда достигается максимум в наращивании земельного фонда под сельское хозяйство. В дальнейшем произойдет постепенное снижение активности земельной реформы.

Вторая составляющая формулы (3.8) сводится к нулю при  $t = 18$  лет, т. е. в 2009 г. (эта тенденция проверена по данным до 2006 г. в 2007 г.). Далее произойдет изменение площади земельного фонда только по первой составляющей формулы (3.8).

Отсюда следует, что пассивное поведение людей приведет к вырождению популяций земельных участков, выделяемых под сельское хозяйство. Поэтому необходимо действовать и в других направлениях, в частности исследованиях по кадастровой оценке земель.

### 3.7. Распределение сельхозугодий как регулятор роста

В земельном кадастре нет четких закономерностей, относительно которых возможно понять динамику урожайности растений, а также учесть влияние

площади как регулятора роста. Мы выдвинули гипотезу о существовании законов распределения сельскохозяйственных угодий, например растениеводства, и доказали ее.

Конечно же, волевое распределение садовых и приусадебных участков (вначале по 4, затем 6, а ныне по 8–12 соток и более) не в счет, так как оно не соответствует законам популяционной динамики.

Однородные по применению земельные угодья по площади, например в административном районе, распределяются по численности в соответствии с законом гибели, причем с волновым изменением. Анализ показал, что законы распределения земель достовернее по бассейнам рек, чем по административным районам.

Четкие статистические модели становятся исходной предпосылкой для выработки рекомендаций по пересмотру административных границ районов и отдельных хозяйств в сторону их приближения к границам биоценозов и природных ландшафтов.

Исторически известны факты, указывающие на то, что продуктивность растений (да и не только их) во многом зависит от площади места произрастания всей популяции: большие площади под одним видом в природе не встречаются, но и очень малые ведут к отмиранию популяции.

В связи с этим следует признать, что распределение сельскохозяйственных земель по площади само по себе является мощным регулятором роста и развития растений, а значит и роста валового сбора зерновых и других культур при увеличении площади растительного покрова до уровня золотой пропорции.

### **3.8. Закономерности распределения земель лесного фонда**

Будущее для Марийской республики заключается в быстрой интеграции агролесотехнологий. Поэтому важно знать статистические закономерности не только земель сельскохозяйственного назначения, но и участков лесных земель.

Как уже известно, динамика земель лесного фонда РМЭ рассматривается с 1991 г., поэтому снова примем  $t = 0$ .

На основе фактических данных была получена модель (табл. 3.6) в виде уравнения

$$S = 1186,95 \exp(0,002684t) - 6,9295 \cdot 10^{-10} t^{7,7800} \exp(1,2087t) . \quad (3.9)$$

Это статистическое уравнение весьма удивительное и, как будет показано далее, дает повод рассматривать положение дел с марийскими лесами как чрезвычайно опасную тенденцию. Первая составляющая (рис. 3.5) показывает естественное стремление лесов как распластанных по территориям лесных массивов живых организмов к своему росту (процесс развития

## Динамика площади земель лесного фонда в РМЭ

Год учета	Время $t$ , лет	Площадь $\hat{S}$ , тыс. га	Расчетные значения (3.9)			Составляющие	
			$S$ , тыс. га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , тыс. га	$S_2$ , тыс. га
1991	0	1 182,5	1 187,0	-4,45	-0,38	1 187,0	0,0
1992	1	1 185,0	1 190,1	-5,14	-0,43	1 190,1	0,0
1993	2	1 213,2	1 193,3	19,86	1,64	1 193,3	0,0
1994	3	1 193,1	1 196,5	-3,45	-0,29	1 196,5	0,0
1995	4	1 197,7	1 199,8	-2,06	-0,17	1 199,8	0,0
1996	5	1 202,0	1 202,9	-0,91	-0,08	1 203,0	0,1
1997	6	1 201,4	1 205,1	-3,71	-0,31	1 206,2	1,1
1998	7	1 198,9	1 197,2	1,74	0,15	1 209,5	12,3
1999	8	1 096,1	1 096,2	-0,15	-0,01	1 212,7	116,5
2000	9	–	240,8	–	–	1 216,0	975,2
2001	10	–	-6 194,2	–	–	1 219,2	7 413,4
2002	11	–	-50 895,1	–	–	1 222,5	52 117,6

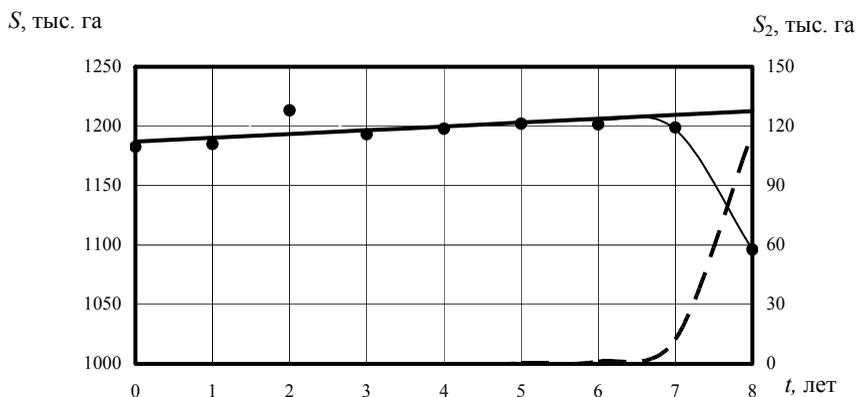


Рис. 3.5. Динамика площади земель лесного фонда РМЭ  
(условные обозначения графиков приведены в подписи к рис. 3.1)

лесов можно оценивать только по конкретным кадастровым данным после оценки качества лесных массивов).

Вторая составляющая, как и в других статистических моделях по категориям земель, характеризует антропогенное влияние на леса. Это влияние отрицательное, т. е. негативное по отношению к росту площадей самих лесов. Структура второй составляющей формулы (3.9) чрезвычайно стремительно нарастающая по значениям площади. Это происходит из-за того, что первая часть второй составляющей формулы (3.9) показывает аллометрический рост, который умножается на экспоненциальный рост второй части. В итоге описывается стремительный рост негативного антропогенного действия на леса, как процесса кризиса, по закону «двойного роста».

Из табл. 3.6 видно, что максимальная относительная погрешность  $\Delta_{\max} = 1,64\%$ , поэтому доверительная вероятность формулы (3.9) становится не ниже 98,36%. Это означает, что расчетным данным до 2002 г., т. е. на треть основания прогноза, вполне возможно доверять. Далее каждый год должна выполняться повторная идентификация формулы (3.9) по новым ежегодным данным. Это и будет научно обоснованным управлением лесами.

Из табл. 3.6 также видно, что такое стремительное снижение площади лесов (к 2000 г. до 240,8 тыс. га) нереально, но это является своего рода предупреждением природы нам, людям «разумным и всемогущим».

Первая составляющая формулы (3.9) показывает, что леса марийского края за 1991–2002 гг. наращивают площадь произрастания с 1187,0 до 1222,5 тыс. га, т. е. на 2,99%. Это естественное стремление лесов к расширению своего места произрастания надо всячески поддерживать, но в то же время следует всемерно повышать и качество лесов. Только в этом случае, т. е. после постепенного устранения диспропорций между количеством и качеством лесов, тенденция по второй составляющей формулы (3.2) будет погашена самими людьми, прежде всего теми, кто участвует в нарастающем экологическом движении.

Тогда на благоприятную перспективу можем принять тенденцию для земель лесного фонда (пятая категория по земельному кадастру) РМЭ

$$S_{k=5} = 1186,95 \exp(0,002684t). \quad (3.10)$$

Здесь исключаем вторую составляющую жестокого и хищнического лесопользования и надеемся на сверхдальнюю перспективу до 2050/75 гг. повышения качества лесов всем населением РМЭ за счет технологий интенсивного, вместо экстенсивного, ведения экологически ответственного лесного хозяйства.

### 3.9. Изменения площади земель в начале XXI в.

Через семь лет исходная таблица 3.1 была дополнена новыми статистическими данными, которые были сведены в табл. 3.7, и выполнена повторная идентификация предыдущих статистических закономерностей за удлиненный период времени 1985–2005 гг.

Т а б л и ц а 3.7

## Распределение земельного фонда РМЭ по категориям, тыс. га

Год учета	Время t, лет	Категория земель по земельному кадастру							Итого земель
		1	2	3	4	5	6	7	
1985	0	922,0	15,2	<b>89,0</b>	0,0	<b>1221,8</b>	0,6	88,9	2337,5
1990	5	<b>924,3</b>	15,8	88,4	36,2	1182,5	0,5	<b>89,8</b>	»
1991*	6	824,3	119,7	84,2	36,2	1182,5	<b>90,0</b>	0,6	»
1992**	7	815,6	132,0	78,4	35,8	1185,0	90,0	0,7	»
1993	8	810,6	136,9	73,2	36,0	1213,2	65,1	2,5	»
1994	9	807,1	140,6	72,1	58,2	1193,1	64,6	1,8	»
1995	10	799,3	143,2	71,1	»	1197,7	64,6	3,4	»
1996	11	794,5	145,7	70,9	»	1202,0	63,1	3,1	»
1997	12	789,6	<b>151,7</b>	68,7	»	1201,4	64,8	3,1	»
1998	13	864,0	73,6	73,5	»	1198,9	64,8	4,5	»
1999	14	863,6	73,6	73,9	»	1196,1	66,4	5,7	»
2000	15	862,0	75,6	73,1	»	1196,3	67,0	5,3	»
2001	16	860,2	76,1	72,9	58,5	1196,6	67,0	6,2	»
2002	17	860,7	76,5	71,3	»	1196,8	68,0	5,7	»
2003	18	861,2	76,5	71,5	»	1196,9	68,0	4,9	»
2004	19	860,9	76,8	71,4	»	1197,3	67,6	5,0	»
2005	20	860,5	77,0	71,3	<b>58,6</b>	1197,5	67,6	5,0	»

*Примечания:* \* год начала земельной реформы в республике; \*\* год осуществления основных мероприятий земельной реформы; 1 – земли сельскохозяйственного назначения; 2 – земли населенных пунктов; 3 – земли промышленности, транспорта, обороны и иного назначения; 4 – земли особо охраняемых территорий; 5 – земли лесного фонда; 6 – земли водного фонда; 7 – земли запаса. Внутри каждой категории земельного кадастра максимальные значения земель по площади выделены полужирным шрифтом.

Недостатком табличной модели является отсутствие статистических данных за период 1986–1989 гг., т. е. за четыре года. Такие пробелы существенно изменяют волновые составляющие искомой статистической модели. Однако последующие 16 лет имеют ежегодные данные. Этот период должен составлять более полутора цикла солнечной активности или быть примерно равным ему, т. е. не менее  $11 \times 1,5 = 16-17$  лет. Тогда можно

утверждать, что если не обращать внимание на циклические процессы на отрезке времени 1985–1989 гг., то по данным табл. 3.7 вполне возможно проводить статистическое моделирование идентификацией устойчивых закономерностей с волновыми составляющими за 1990–2005 гг.

Основанием прогноза можно считать период в двадцать один год с 1985 по 2005 г. Прогнозы по математическим моделям составятся при условии, что в социально-экономической жизни территории не будет резких скачков и углублений реформ в землепользовании и природопользовании. При этом эволюция природы также считается детерминированной. Тогда относительно точные прогнозы возможно определить на последующие  $21 / 3 = 7$  лет, т. е. до  $2005 + 7 = 2012$  г. А ориентировочные прогнозы по категориям земель можно будет составлять до  $2005 + 21 = 2026$  г.

Данные табл. 3.7 сами по себе дают картину изменений в земельном фонде субъекта Российской Федерации.

Например, можно найти относительные доли категорий земель, если поделить значения площади по каждой категории на общую площадь территории РМЭ. Результаты вычислений приведены в табл. 3.8 и на рис. 3.6. При этом общая площадь в любом году принимается за 100% вне зависимости от изменений территории. Такой подход позволяет получить сравнительную картину относительной динамики земель по каждой категории земельного кадастра.

Когда общая площадь всей территории административного образования за период исследования не меняется, то закономерности по абсолютным значениям табл. 3.7 и 3.8 будут одинаковыми. В таких случаях предпочтение отдается закономерностям, полученным по абсолютным значениям площади земель.

Графики на рис. 3.6 показывают, что за время учета данных в земельном кадастре по некоторым категориям земель произошли резкие изменения значений площади.

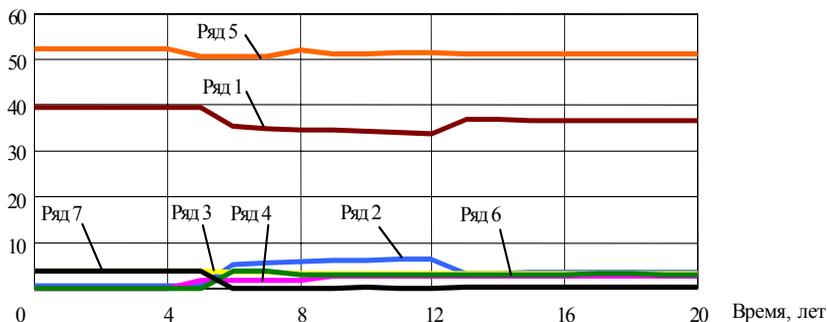


Рис. 3.6. Динамика относительной площади земель по категориям кадастра РМЭ, %

## Относительное распределение земельного фонда РМЭ по категориям, %

Год учета	Время t, лет	Категория земель по земельному кадастру							Итого земель
		1	2	3	4	5	6	7	
1985	0	39,44	0,65	3,81	0,00	52,27	0,03	3,80	100
1990	5	39,54	0,68	3,78	1,55	50,59	0,02	3,84	»
1991*	6	35,26	5,12	3,60	1,55	50,59	3,85	0,03	»
1992**	7	34,89	5,65	3,35	1,53	50,70	3,85	0,03	»
1993	8	34,68	5,86	3,13	1,54	51,90	2,79	0,11	»
1994	9	34,53	6,01	3,08	2,49	51,04	2,76	0,08	»
1995	10	34,19	6,13	3,04	2,49	51,24	2,76	0,15	»
1996	11	33,99	6,23	3,03	2,49	51,42	2,70	0,13	»
1997	12	33,78	6,49	2,94	2,49	51,40	2,77	0,13	»
1998	13	36,96	3,15	3,14	2,49	51,29	2,77	0,19	»
1999	14	36,95	3,15	3,16	2,49	51,17	2,84	0,24	»
2000	15	36,88	3,23	3,13	2,49	51,18	2,87	0,23	»
2001	16	36,80	3,26	3,12	2,50	51,19	2,87	0,27	»
2002	17	36,82	3,27	3,05	2,50	51,20	2,91	0,24	»
2003	18	36,84	3,27	3,06	2,50	51,20	2,91	0,21	»
2004	19	36,83	3,29	3,05	2,50	51,22	2,89	0,21	»
2005	20	36,81	3,29	3,05	2,51	51,23	2,89	0,21	»

Примечания: \* год начала земельной реформы в республике; \*\* год осуществления основных мероприятий земельной реформы.

Этот факт указывает на то, что люди не знают необходимые по экологическим меркам соотношения между отдельными категориями. Чиновники действуют так, как они привыкли. При составлении земельного кадастра просто учли бывшие «ляпсусы» по категориям 2 (земли населенных пунктов), 4 (земли особо охраняемых территорий) и 6 (земли водного фонда), которые были пренебрежимо малы по площади.

Для выявления территориального экологического равновесия необходимо вначале хотя бы грубо сгруппировать категории земельного кадастра по признаку антропогенного воздействия на почву.

На рис. 3.7 приведена доля земель по трем группам. Причем эти группы расположены по убыванию технологического воздействия на плодородие

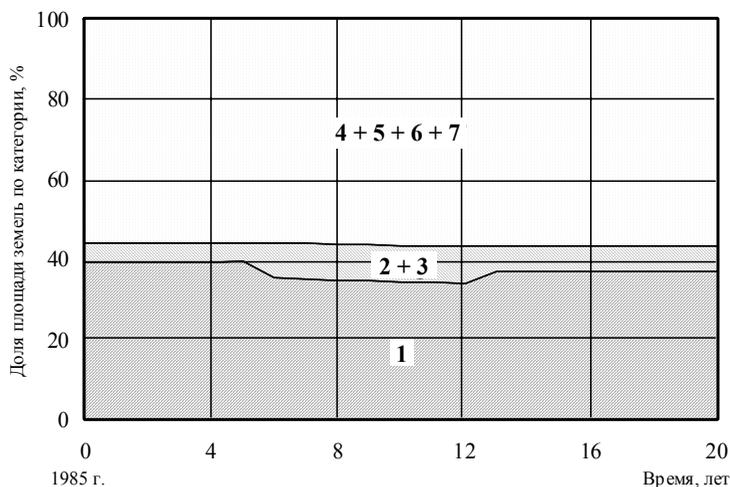


Рис. 3.7. Динамика относительной площади земель по группам категорий

почвы: а) категория 1 – земли сельскохозяйственного назначения, которые требуют постоянного возмещения питательных веществ удобрениями; б) категории 2 и 3 – земли населенных пунктов, а также промышленности, транспорта, обороны и иного назначения, которые можно восстановить после утилизации различных технических объектов; в) категории 4, 5, 6 и 7 – земли с растительностью.

Медленный рост площади земель третьей группы все же имеет место с 56,10 до 56,84% за двадцать с лишним лет. Однако это имело место не по воле людей, а из-за спада сельскохозяйственного производства. Поэтому социально-экономический кризис благоприятно сказался на экологическом режиме территории. Спад первых двух групп категорий 1 + 2 + 3 фактически произошел бы еще больше, если бы залежи сельскохозяйственных земель можно было передавать в растительный покров, расширяя площади лугов, пастбищ и лесов. Однако такой обратный оборот земель ныне даже не прописан ни в земельном, ни в лесном кодексах России.

### 3.10. Закономерности динамики площади земель

В программной среде Curve Expert-1.3 по данным табл. 3.7 были получены нижеследующие закономерности динамики земель по категориям земельного кадастра РМЭ.

**Категория 1** – земли сельскохозяйственного назначения. Площадь изменяется по точечному графику, показанному на рис. 3.8.

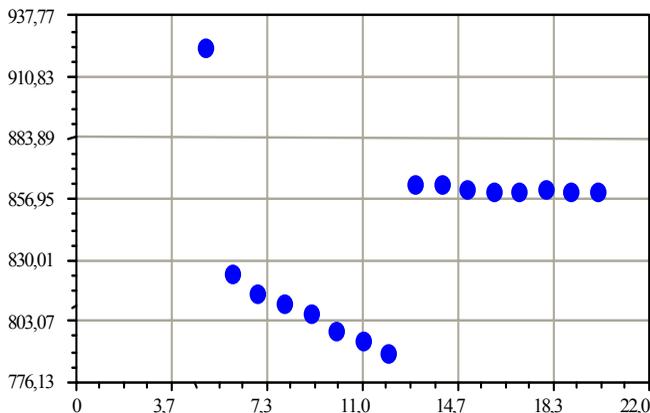


Рис. 3.8. Изменение площади сельскохозяйственных земель по годам (для 1985 г.  $t = 0$ )

Период с 1991 по 1997 г. исключили, так как это оказалось ошибкой в выделении земель сельскохозяйственного назначения.

После структурно-параметрической идентификации биотехнического закона [93] была получена закономерность (рис. 3.9) вида

$$S_1 = 921,97 \exp(-0,046401t^{0,13598}) + 53,2948t^{0,17409} \exp(-0,0022098t^{2,97602}). \quad (3.11)$$

Уравнение (3.11) содержит две составляющие, первая из которых является естественной закономерностью, а вторая показывает антропогенное влияние на изменение площади земель, в данном случае сельскохозяйственного назначения.

Естественная закономерность характеризуется законом экспоненциальной гибели (спада показателя) земель первой категории со времен бывшего СССР, а вторая антропогенная составляющая является биотехническим законом проф. П. М. Мазуркина в полной форме (математической конструкции). Адекватность модели (3.11) очень высокая, так как коэффициент корреляции по рис. 3.9 равен 0,99968.

За период учета с 1985 по 2005 г. произошло снижение площади земель первой категории на  $924,3 - 860,6 = 63,8$  тыс. га, что чуть меньше территории Куженерского (в 1,3 раза), Новоторьяльского (1,3), Оршанского (1,5) и Параньгинского (в 1,5 раза) административных районов РМЭ. За 20 лет относительное снижение сельскохозяйственных земель по РМЭ составило  $100 \times 63,8 / 860,5 = 7,41\%$ .

Максимальная абсолютная погрешность  $\epsilon_{\max}$  видна на рис. 3.10.

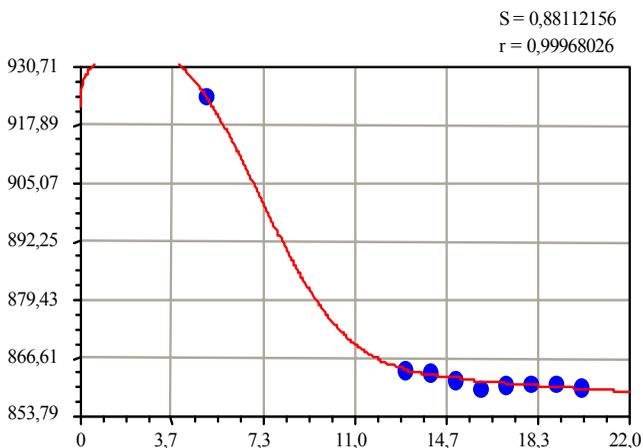


Рис. 3.9. Динамика земель сельскохозяйственного назначения РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

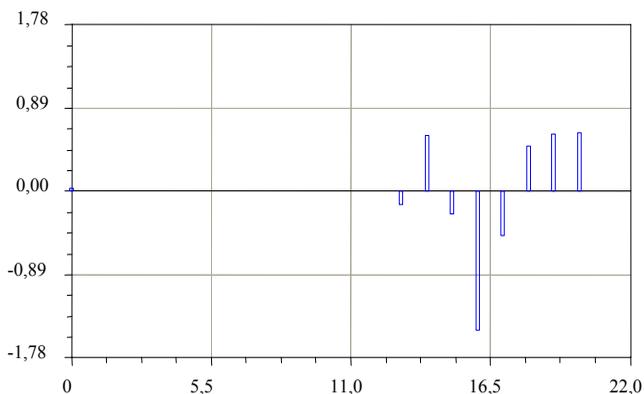


Рис. 3.10. Абсолютная погрешность уравнения (3.11)

Для 2001 г. ( $t = 16$ ) получим значение относительной максимальной погрешности  $|\Delta_{\max}| = 100 \times 1,48 / 860,2 = 0,17\%$ . Тогда доверительная вероятность формулы (3.11) равна  $D = 100 - |\Delta_{\max}| = 100 - 0,17 = 99,83\%$ .

**Категория 2** – земли населенных пунктов. Трудности разделения земель сельскохозяйственного назначения и земель поселений способствовали построению точечного графика, представленного на рис. 3.11.

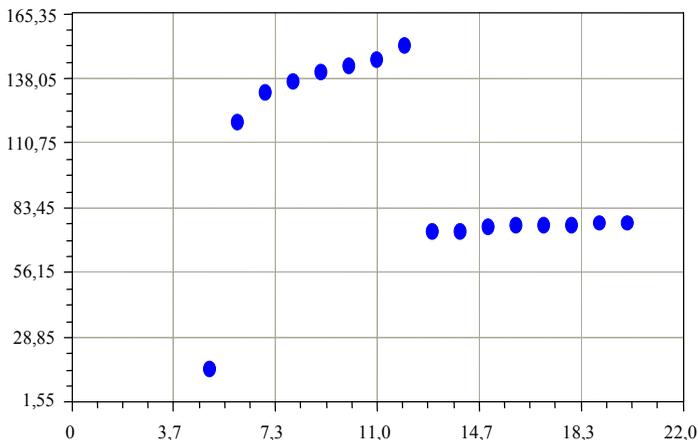


Рис. 3.11. Изменение площади земель поселений по годам (для 1985 г.  $t = 0$ )

С 1991 по 1997 г. площади земель поселений оказались значительно превышенными по сравнению с фактически отведенными на поселения участками. Затем часть этих земель была передана в категорию сельскохозяйственных угодий. Поэтому данный период оказался неустойчивым и его исключили из моделирования.

После идентификации биотехнического закона была получена закономерность (рис. 3.12) со второй волновой составляющей вида

$$S_2 = 46,729 \exp(0,32630t^{0,14295}) + A \cos(\pi t/p_{0,5} + 4,30984), \quad (3.12)$$

$$A = 4,9165 \cdot 10^{-5} t^{9,63877} \exp(-0,56016t^{1,24683}),$$

$$p_{0,5} = 1,26388 + 0,013720t^{1,27309},$$

где  $A$  – половина амплитуды колебательного возмущения значений показателя (площади земель населенных пунктов), тыс. га;  $p_{0,5}$  – половина периода волновой составляющей антропогенного изменения значений показателя, лет.

Амплитуда колебательного возмущения значений площади по землям поселений изменяется со временем по биотехническому закону, а полупериод колебания увеличивается по показательному закону.

Остатки  $\varepsilon = \hat{S}_2 - S_2$  (рис. 3.13) пренебрежительно малы.

Максимальная относительная погрешность (без учета знака) формулы (3.12) равна  $100 \times 0,157 / 76,5 = 0,21\%$ . Тогда доверие к этой модели будет не ниже  $100 - 0,21 = 99,79\%$ .

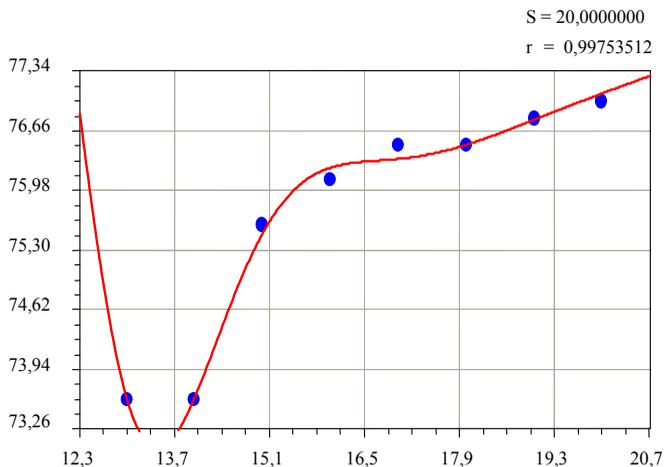


Рис. 3.12. Динамика земель населенных пунктов РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

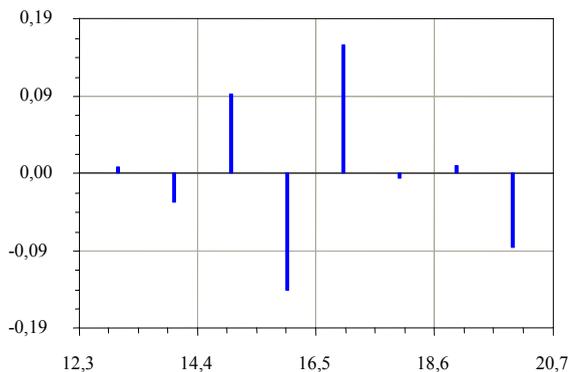


Рис. 3.13. Абсолютная погрешность уравнения (3.12)

В данном обзоре мы не проводим анализ моделей и их составляющих, так как это относится к специальным и подробным исследованиям с прогнозом возможной динамики в будущем при условии, что социально-экономическая ситуация и духовно-нравственное равновесие чиновников не изменятся в лучшую или в худшую сторону.

**Категория 3** – земли промышленности, транспорта, обороны и иного назначения. По всем точкам динамического ряда удалось получить закономерность (рис. 3.14) вида

$$S_3 = 77,218 \exp(-0,0090640t^{0,72972}) - A \cos(\pi t/p_{0,5} + 1,81134), \quad (3.13)$$

$$A = 49,4859 \exp(-0,25146t),$$

$$p_{0,5} = 11,8279 - 0,37350t.$$

$$S = 1,12714666$$

$$r = 0,99072383$$

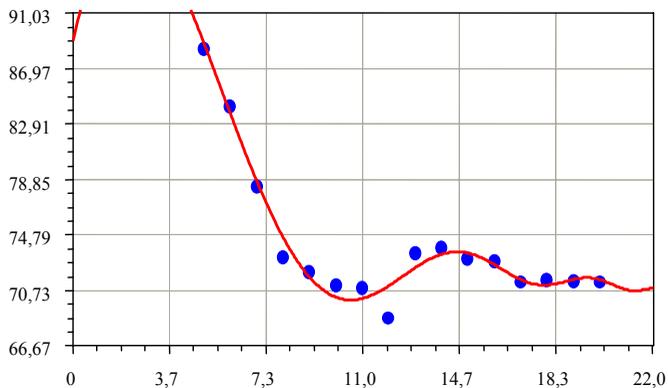


Рис. 3.14. Динамика земель промышленности, транспорта, обороны и иного назначения РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

Вторая составляющая, имеющая отрицательный знак, является кризисной волновой характеристикой антропогенного влияния лиц, принимающих решения. При этом амплитуда колебания снижается по закону экспоненциальной гибели, а половина периода – по линейному закону. Это указывает на то, что частота колебания увеличивается. Рост частоты колебания показывает повышение неуверенности в системе управления земельным кадастром.

Динамика остатков  $\varepsilon$  показана на рис. 3.15.

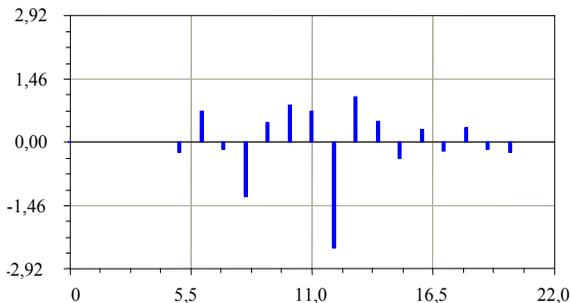


Рис. 3.15. Абсолютная погрешность уравнения (3.13)

Максимальная относительная погрешность для 1997 г. равна  $100 \times 2,432 / 68,7 = 3,54\%$ .

**Категория 4** – земли особо охраняемых территорий. Без исключения всех точек была получена кумулятивная модель (рис. 3.16) вида

$$S_4 = 59,411 - 58,723 \exp(-0,042038t^{1,73562}). \quad (3.14)$$

Первая составляющая является постоянным членом и показывает предел достижения площади земель промышленности, транспорта, обороны и иного назначения. До 1985 г. земель такой категории не было. Поэтому вторая составляющая показывает экспоненциальный закон гибели (спада) дефицита.

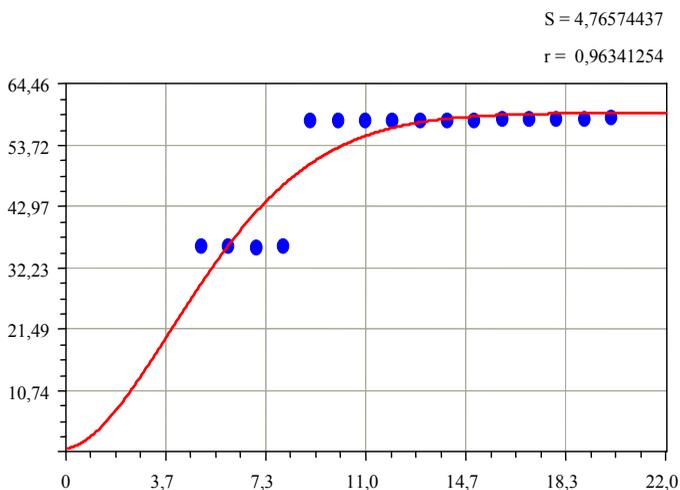


Рис. 3.16. Динамика земель особо охраняемых территорий РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

Расположение точек в виде горизонтальной линии показывает отсутствие должного учета земель, когда чиновники ставят прошлые данные в текущем году. Поэтому погрешность формулы (3.14) по таким точкам не имеет физического смысла (рис. 3.17).

В таких случаях ориентируются на последние годы динамического ряда, по которому  $|\Delta_{\max}|$  не больше 1,46% (для 2004 г.).

**Категория 5** – земли лесного фонда. Весь рой учтенных точек динамического ряда приведен на рис. 3.18.

Убираем резко выделяющуюся точку площади лесного фонда, так как она слишком очевидно выбивается из динамического ряда. Это результат ошибки при составлении кадастра.

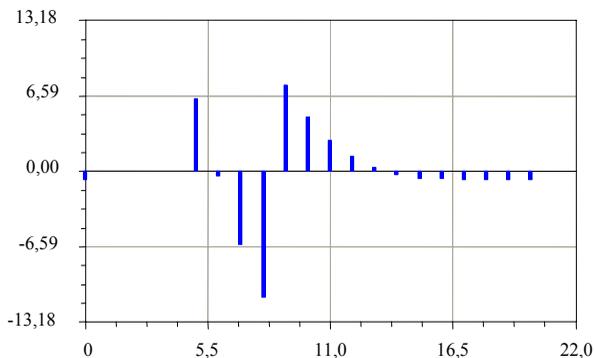


Рис. 3.17. Абсолютная погрешность уравнения (3.14)

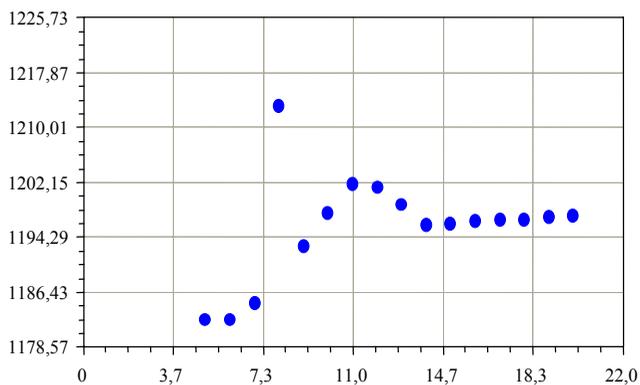


Рис. 3.18. Изменение площади земель особо охраняемых территорий (для 1985 г.  $t = 0$ )

После идентификации биотехнического закона получаем закономерность (рис. 3.19) в виде

$$S_5 = 1197,83 \exp(-3,4638 \cdot 10^{-5} t) + A \cos(\pi t / p_{0,5} + 0,88841), \quad (3.15)$$

$$A = 37,9746 \exp(-0,063063 t^{1,45095}),$$

$$p_{0,5} = 12,6543 - 0,47054 t.$$

Конструкция уравнения (3.15) показывает, что по первой естественной составляющей площадь лесов неуклонно снижается по закону экспоненциальной гибели. Положительный знак перед антропогенной составляющей

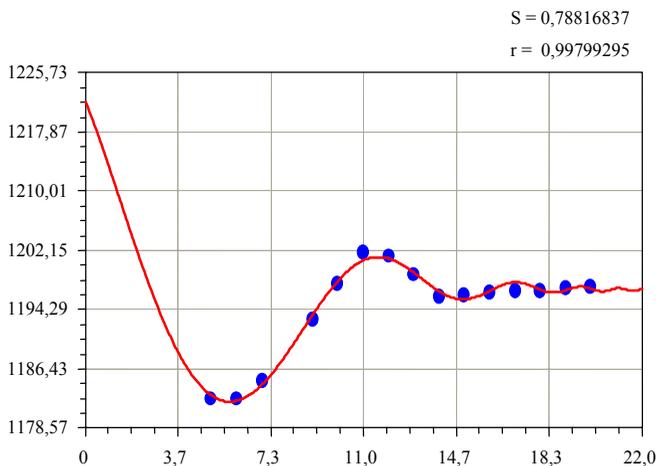


Рис. 3.19. Динамика земель лесного фонда РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

показывает, что лесоводы РМЭ стараются адаптироваться к изменяющимся социально-экономическим условиям.

Успешное управление лесами объясняется снижением амплитуды колебательного адаптационного возмущения. Однако наблюдается за 20 лет неуверенность в действиях работников леса РМЭ, так как полупериод уменьшается по линейному закону гибели с начального времени учета в 1985 г. в  $2 \times 12,6543 = 25,3$  года. В 2005 г. при условии  $t = 20$  период колебания был равен  $2 \times (12,6543 - 0,47054 \times 20) = 6,5$  лет. Частота колебания в поведении работников леса РМЭ составила  $1 / 6,5 = 0,154 \text{ год}^{-1}$ .

Остатки от формулы (3.15) приведены на рис. 3.20.

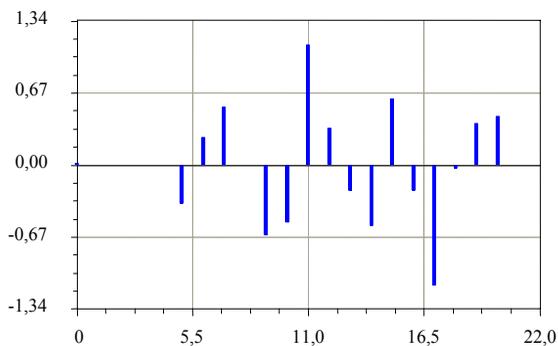


Рис. 3.20. Абсолютная погрешность уравнения (3.15)

Кривая на рис. 3.19 известна из механики как закон аperiodического колебания с быстрым успокоением амплитуды колебания. Радует, что категория лесных земель РМЭ оказалась территориально устойчивой. Однако по другим параметрам леса (удельный запас древесины на гектаре леса, продуктивность лесов по древесине, качество древостоев по содержанию хвойных пород и др.) картина удручающая.

Для 2002 г. было характерным лесное безвластие в России и отсутствие Рослесхоза. Максимальная относительная погрешность была равной  $100 \times 1,119 / 1196,8 = 0,09\%$ . Доверие к модели (3.15) не ниже  $100 - 0,09 = 99,91\%$ . Такая высокая адекватность позволяет сделать надежные прогнозы на последующие 20 лет, т. е. до 2025 г.

Все понимают, что при стабильной площади лесного фонда можно бездумно извлекать древесину высокого качества, так как земельный кадастр не учитывает качественные показатели земель, но никто не принимает нужных решений в области рационализации лесопользования. За 120 лет эксплуатации лесного фонда РМЭ доля хвойных древостоев снизилась с 90 до менее 40%, а запас древесины – с 290 до 140 м<sup>3</sup>/га.

**Категория 6** – земли водного фонда. Удивительно то, что в 1985 г. на территории РМЭ, очень богатой водными объектами, числилось всего 600 га земель шестой категории, а в 1990 г. стало еще меньше площади – всего 500 га.

Весь исследованный динамический ряд приведен на рис. 3.21.

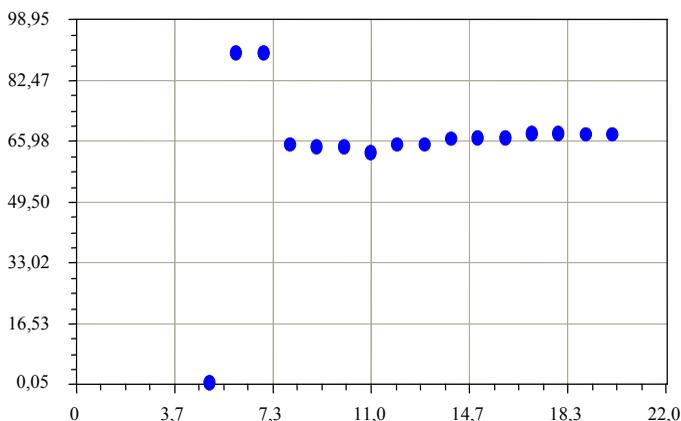


Рис. 3.21. Изменение площади земель водного фонда РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

Без коррекции динамического ряда получен тренд (рис. 3.22) вида

$$S_6 = 76,178 - 76,410 \exp(-0,38851t^{0,67946}). \quad (3.16)$$

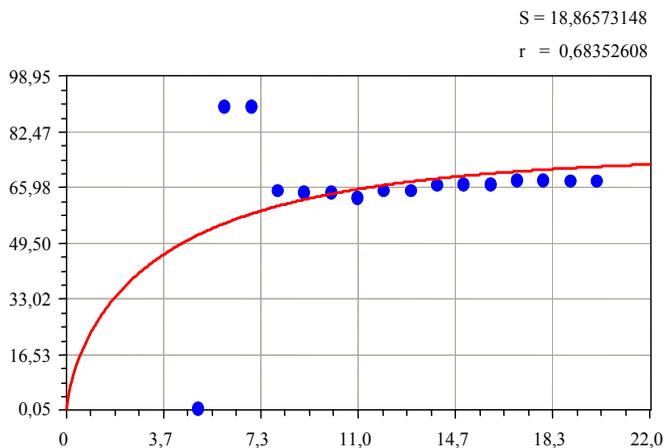


Рис. 3.22. Динамика земель водного фонда РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

По конструкции статистическая закономерность (3.16) похожа на модель (3.14) по категории земель особо охраняемых территорий. Обе они показывают кумулятивный рост площади земель, причем начальное значение для 1985 г. было явно малым.

Предел роста площади земель водного фонда на территории РМЭ определен в 76,178 тыс. га. Если внимательно посмотреть на топографическую карту марийского края, то можно заметить, что богатый водными ресурсами край явно обделен водным фондом. Поэтому нужны исследования по обоснованию земель водного фонда. Это приведет в далеком будущем к значительным положительным последствиям территориального управления земельным кадастром.

На рис. 3.22 видно, что первые четыре точки динамического ряда взяты по принципу «с потолка». Их значения трудно поддаются объяснению. Чтобы модель была точнее, надо убрать первые четыре числа.

После идентификации биотехнического закона получается модель (рис. 3.23) вида

$$S_6 = 58,9383 \exp(0,02659t^{0,53890}) - A \cos(\pi t/p_{0,5} - 2,52765), \quad (3.17)$$

$$A = 1,07643 \exp(0,0051031t),$$

$$p_{0,5} = 0,74115 + 0,069712t^{1,06328}.$$

Первая составляющая модели (3.17) показывает естественное стремление водных объектов (необходимость достижения душевного равновесия у людей требует того же) к экспоненциальному росту.

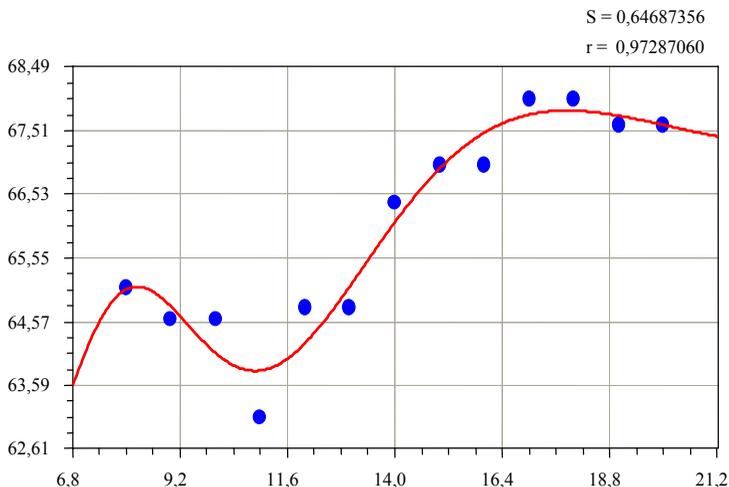


Рис. 3.23. Уточненная динамика земель водного фонда РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

Мы считаем, что любые природные объекты, имея в себе популяции живых существ различных видов, сами по себе тоже образуют естественные популяции. Поэтому лесные, водные и иные объекты живут по законам природы и стремятся также расширять территории своего места обитания или существования. Такая доктрина известна в густонаселенных странах. Например, в Китае давно принято, что транспортные машины образуют своего рода популяции, изымающие совместно с дорогами территорию у людей, поэтому принимаются всяческие меры по использованию велосипедов вместо автомобилей.

Волновая составляющая уравнения (3.17) является кризисной для водных объектов, так как имеет отрицательный знак. Специалисты водного ведомства РМЭ что-то проглядели, когда за 20 лет амплитуда колебательного антропогенного воздействия на земли водного фонда возрастала по закону экспоненциального роста. Однако период колебания нарастал, т. е. колебания все больше растягивались во времени. В итоге остатки (абсолютная погрешность по точкам динамического ряда) уравнения (3.17) изменялись так, как показано на рис. 3.24.

Для 1996 г. при условии  $t = 11$  лет характерна максимальная относительная погрешность 1,14%. Тогда доверие к модели (3.17) будет не ниже 98,86%.

**Категория 7** – земли запаса. Их функциональное назначение неясное, и этот факт показывает, что земли запаса – результат ошибок при составлении земельного кадастра. Со временем эта категория должна войти в другие категории земель.

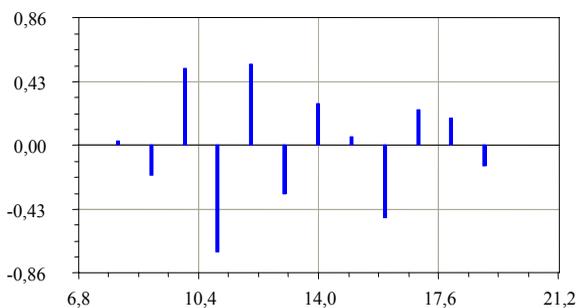


Рис. 3.24. Абсолютная погрешность уравнения (3.17)

По точкам динамического ряда на рис. 3.25 видно, что составители кадастра быстро поняли необходимость резкого снижения площади земель данной категории.

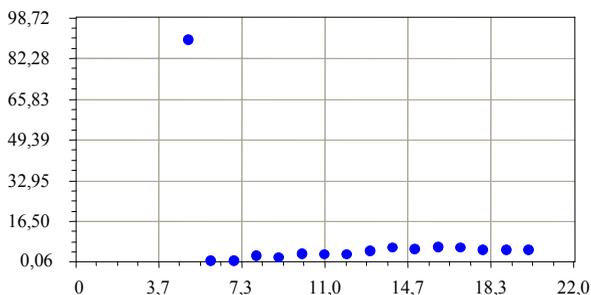


Рис. 3.25. Изменение площади земель запаса РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

Заметим, что необходимо убрать первые четыре точки, которые показывают резкие скачки в поведении составителей земельного кадастра РМЭ. Иначе говоря, эти точки к землям запаса как таковым отношения не имеют, а показывают только отсутствие душевного равновесия у людей, принимающих решения. После идентификации биотехнического закона по оставшимся точкам динамического ряда получена модель (рис. 3.26) вида

$$S_7 = 0,62614 \exp(0,47161t^{0,53553}) + A \cos(\pi t/p_{0,5} + 5,44673), \quad (3.18)$$

$$A = 0,0011873t^{3,17177} \exp(-0,11660t),$$

$$p_{0,5} = 8,35905 - 9,12073t.$$

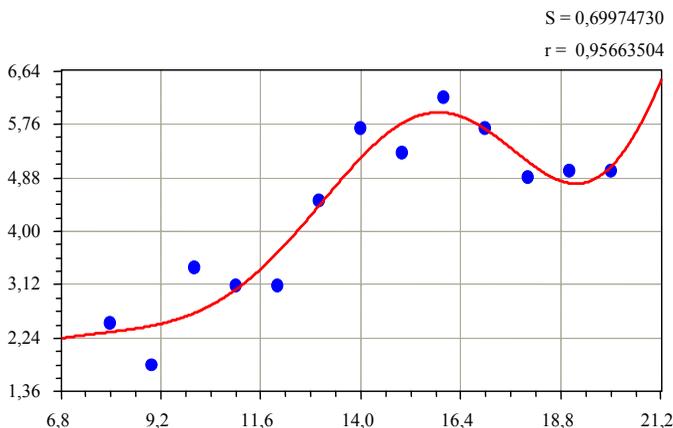


Рис. 3.26. Динамика земель запаса РМЭ (для 1985 г.  $t = 0$ )

Земельные участки запаса мы относим к анархической популяции, которая ждет, когда люди расслабятся, чтобы начать увеличивать численность своей популяции. Это поведение и отражает первая естественная составляющая по закону экспоненциального роста.

За прошедшие 20 лет земли запаса получили положительное стрессовое возбуждение от нерадивости людей. Но амплитуда имеет выпуклую форму и в дальнейшем начнет снижаться. Однако опасную тенденцию показывает формула периода колебательного возмущения. Снижение периода указывает на неуклонный рост частоты этого возмущения в поведении земель запаса по площади. Может случиться так, что при отсутствии действенного земельного мониторинга управление землями запаса на территориях административных образований субъекта РФ будет нарушено из-за быстрого колебания второй составляющей формулы (3.18).

### 3.11. Выводы

Исследования показали, что динамические ряды статистических данных, в частности по категориям существующего земельного кадастра, можно моделировать устойчивыми законами с получением разных вариантов статистических закономерностей. Поэтому нужно составлять табличные модели по каждому сельскому району, а далее и по каждому сельхозпредприятию одного административного района на глубокую ретроспективу. Как показывает статистическая практика ФАО ООН, по всем категориям земельного кадастра желательно построить таблицы ежегодных данных, начиная с 1961 г., при этом каждый год следует уточнять распределение участков земель. Это и будет управление землями.

## 4. ИНТЕНСИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Экологически эффективным является распределение территории по ландшафтам (экосистемам) в пределах водосборных бассейнов малых рек и их притоков. Однако приходится довольствоваться существующей системой земельного кадастра, в котором земельные участки распределены только по административным образованиям (федеральным округам, субъектам Российской Федерации, административным районам).

Распределение земель по группам категорий земельного кадастра, рассмотренное в предыдущем разделе, не позволяет охватить административные образования разного уровня иерархии. Кроме того, земельные участки одного и того же функционального назначения могут находиться в разных категориях земельного кадастра.

В этой связи для функционального описания поведения территории нами вводятся новые понятия – *активность* и *интенсивность растительного покрова*. Причем территория понимается как простейшее геодезическое изображение ландшафта. А сам ландшафт, в свою очередь, является первым компонентом динамической геотриады «ландшафт + население + хозяйство».

Активность как параметр территории по доле площади растительного покрова (леса и древесно-кустарниковая растительность, луга и пастбища, особо охраняемые территории и болота) позволяет характеризовать фактически образовавшиеся отклонения от территориального экологического равновесия на конкретной территории в пределах одной природной зоны. И при этом данный параметр применим к любому уровню иерархии административных образований.

Однако пока отсутствуют данные земельных кадастров по конкретным землепользователям. Поэтому приведены значения параметров растительного покрова по административным районам и городам субъекта Федерации. В частности, рассмотрены районы и города Республики Марий Эл по состоянию распределения земель на 01.01.07 г.

### 4.1. Интенсивность и активность растительного покрова

В общем случае интенсивность проявляется как активность во времени. Физически интенсивность – это скорость изменений. А активность – это

сами натуральные изменения в природной, природно-техногенной, технической среде по площади, урожайности, продуктивности и прочее в некотором срезе времени. В итоге, из-за близкой родственности эти два показателя часто путают, упрощая их до активности.

Ритмика жизнедеятельности растений четко предопределена циклами вращения Земли вокруг Солнца, поэтому единицей измерения любого параметра<sup>9</sup> растительного покрова и его компонента является год. Человеческое вмешательство в природные процессы стало реальной геологической силой, поэтому состояние активности растительного покрова человек может изменить почти моментально (например, за считанные секунды изменить весь ландшафт мощными взрывами). В этом случае интенсивность как скорость изменений ландшафта будет характеризоваться математически импульсными функциями.

Таким образом, активность и интенсивность поведения человека по отношению к процессу уничтожения ландшафта быстротечны.

В каждой из отраслей природопользования люди создали технологии быстрого уничтожения растительного покрова и превращения его в площадки под открытую добычу угля, строительство зданий и сооружений и пр. Заготовители древесины соревновались, получая в советские времена звания Героев Социалистического Труда, за высокие показатели интенсивности сводки лесных земельных участков и превращения их в пустоши. В сельском хозяйстве по указаниям сверху быстро распахали все удобные для прохода тракторов с плугами земельные участки. А поворот северных рек в южные регионы России был бы самым активным и интенсивным процессом пользования водными объектами и всей природной средой вокруг них.

Таким образом, активность людей была неуправляемой, а ныне – катастрофически неуправляема. Интенсивность природопользования стала чрезмерной по отношению к возможностям геологического поведения природных объектов и в особенности растительного покрова, всегда эффективно адаптировавшегося к медленным климатическим и иным изменениям поверхности нашей планеты в геологических циклах.

***Растительный покров*** – это территориально распыленное живое существо, обладающее многими свойствами поведения живого вещества. Индикатором экологического неравновесия на данной территории становится его активность. Она в простейшем случае исчисляется по доле занятой площади, причем в ходе конкуренции за плодородные почвы с человеком и другими паразитами.

А интенсивность поведения (скорость реакции на внешние раздражения, в том числе и на антропогенные воздействия) растительного покрова более чем за 350–450 млн лет эволюции наземных растений пока не изменилась. За скоростью эволюции человека растения явно не успевают. Но они возместят это запаздывание в реакциях на антропогенные действия

---

<sup>9</sup> Параметр – это показатель, характеризующий исследуемую систему.

своей высокой активностью роста и развития сорняков, а также ликвидацией болезнями нужных человеку видов.

Особое место в растительном покрове занимает *травяной покров*, и он более живуч, устойчив и стабилен в своем поведении по сравнению с древесными пологами. По данным американских ученых, трава появилась в основном примерно 100 млн лет назад, а деревья возникли 350–450 млн лет назад. То есть трава – это результат отклика древесных растений на поведение наземных животных. Поэтому она биологически устойчивее деревьев, кустарников и кустарничков. При снижении плодородия почвы и ухудшении климата деревья исчезают, а их место обитания занимают степные травы.

Береза возникла приблизительно 160–180 млн лет назад. Она выносила и почти «не боится» людей по сравнению с сосной и елью, появившимися 360–380 млн лет назад. Так и трава в целом «не боится» животных. Наоборот, она к ним так приспособилась, что без поедания не дает высокой урожайности и сама себя глушит засохшим отмершим слоем (поэтому без мамонтов ныне якутские луга захирели).

А без пожаров трава просто не привыкла жить, так как после них корни остаются и быстро дают новые и более мощные травяные стебли. Так было в Австралии более 50 тыс. лет назад, но аборигены искусственными пожарами попутно уничтожили и леса, превратив за десятки тысяч лет своего существования огромную центральную часть материка в безжизненные пустыни. Так что первобытные и цивилизованные люди мало отличаются друг от друга в стратегиях природопользования – просто масштабы иные.

Растительный покров и животный мир развивались совместно, причем симбиотическим образом, т. е. помогая в процессах эволюции друг другу. Не только травы, но и деревья (акации в Африке), и травоядные животные медленно, но неуклонно адаптировались друг к другу.

Например, высокий уровень взаимной адаптации имеют деревья и насекомые, питающиеся древесиной. По данным американских исследователей, здоровое дерево не привлекает внимания насекомых. Больное дерево испытывает дефицит воды в клетках и начинает скрипеть ультразвуковыми волнами. На такой писк засыхающего организма и слетаются всякие насекомые. Лесоводы считали и поныне считают их паразитами, вредителями процессу роста дерева по объему здоровой древесины. Но если взглянуть со стороны интересов популяции деревьев, образующих древостой в виде целостного организма, то оказывается, что насекомые-древоточцы являются санитарами леса, быстро утилизирующими больные деревья «на радость» здоровым.

Вот почему, там где нет вмешательства человека, там и растет здоровый лес. Люди, а не пресловутые насекомые-древоточцы являются действительно наихудшими паразитами для деревьев любого биологически качественного состояния. Они стали паразитами и травяного покрова, без-

думно распахивая огромные степные и лесостепные территории под культурные растения.

В итоге изучение свойств компонентов растительного покрова данной территории, причем лучше всего ландшафта, а не административного образования, сформированного по политическим и иным интересам взаимоотношений между людьми, даст богатый статистический материал как по активности, так и по интенсивности поведения. Поэтому предлагается следующая стратегия формирования теории экологического равновесия: сначала изучается территориальное экологическое неравновесие, а затем в получившиеся «макrame» встраиваются результаты исследований компонентного равновесия внутри ландшафтов, включая не только древесные и травянистые растения, но и животных и микроорганизмы.

Вначале, на первых этапах развития инженерной биологии (экологии), территориальное экологическое равновесие можно оценить по активности растительного покрова, т. е. по его площади, относящейся ко всей площади территории. Это и будет сделано ниже.

## 4.2. Интенсивность воспроизводства травяного покрова

Годичная цикличность определяет урожайность травы в естественных условиях роста и развития лугов, на которых заготавливается сено. Улучшенные луга уже меняют свое поведение, повышая урожайность на позитивное воздействие человека культурными и техническими мерами и внесением на такие луга удобрений. Поэтому вначале нужно обратить внимание на пойменные луга, в особенности травяные покровы, находящиеся на водосборных бассейнах, охранных зонах и прибрежных полосах малых рек и их притоков.

Из статистического сборника [158, с. 181] были взяты сводные данные по сенокосным лугам РМЭ, которые приведены в табл. 4.1.

В ближайшем будущем необходимо создать также методы и методики для выявления закономерностей, характеризующих изменения показателя **интенсивности растительного покрова** в процессах его роста и развития. Здесь еще мало научных результатов.

Вначале рассмотрим статистические закономерности динамики урожайности травы после естественной сушки в сено на сенокосных лугах сельских хозяйств различных категорий и форм собственности. При этом будем выполнять все три основных этапа статистического моделирования:

- **эвристическая идентификация**, по которой выясняется логика каждого динамического ряда исходных количественных данных;
- **структурная идентификация** – по эвристической модели уяснение процессов изменения значений изучаемого показателя и выбор основной (естественной составляющей) закономерности, т. е. тренда изменения во времени значений исследуемого показателя;

## Урожайность сена в сельских хозяйствах на территории РМЭ, ц/га

Годы учета*	Хозяйства всех категорий				Крупные и средние хозяйства		
	Время t, лет	Естественные и улучшенные сенокосы	Однолетние травы	Многолетние травы	Время t, лет	Естественные сенокосы	Улучшенные сенокосы
1970	0	14,5	12,4	19,9	–	–	–
1975	5	8,0	7,9	10,1	–	–	–
1980	10	12,0	20,5	18,6	0	11,0	16,3
1985	15	17,1	29,9	35,1	5	14,7	21,8
1990	20	19,0	26,9	33,6	10	16,7	26,2
1995	25	3,0	16,1	16,8	15	12,1	15,4
1996	26	12,2	30,4	18,8	16	10,0	15,2
1997	27	16,0	18,8	21,3	17	13,0	21,1
1998	28	11,3	21,4	16,1	18	10,2	14,6
1999	29	9,9	11,1	15,5	19	9,5	11,3
2000	30	13,6	33,7	18,2	20	12,0	18,8
2001	31	14,6	20,6	19,0	21	14,1	15,5
2002	32	9,1	17,7	12,1	22	8,7	10,4
2003	33	12,5	21,1	18,6	23	12,8	11,2

Примечание: \* Недостатком динамического ряда является отсутствие данных по всем годам в промежутках между пятилетками, что не соответствует годичным циклам вращения Земли вокруг Солнца и поэтому не позволяет точно выявить циклы с полупериодом менее пяти лет.

• **параметрическая идентификация** – в решающей математической среде типа CurveExpert-1.3 подбираются значения параметров статистической модели исходной конструкции, полученной на предыдущем этапе структурной идентификации, причем по ходу процесса моделирования, исходя из получаемой исследователем апостериорной информации, могут измениться как структурные, так и эвристические представления об изучаемом показателе.

После выполнения всех процедур и этапов идентификации биотехнического закона [93], предложенного проф. П. М. Мазуркиным, построим **готовую статистическую модель**. Напомним, что модель = уравнение + условия изменения объясняющей переменной или же комплекс уравнений по частичным процессам с указанием границ этапов изучаемого процесса, отличающихся содержанием друг от друга.

Урожайность сена естественных и улучшенных сенокосов со всей площади по РМЭ определяется динамически изменяющимся статистическим рядом значений по точечному графику на рис. 4.1.

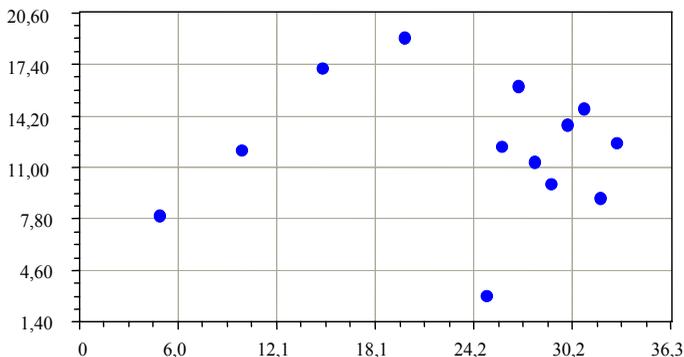


Рис. 4.1. Изменение по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

Из роя точек резко выбивается одна (самая нижняя) и группа из четырех точек, которые находятся ниже четко выделяющихся максимальных значений изучаемого показателя. Поэтому отбросим эти пять точек, и будем искать закономерность максимальной урожайности сена  $q_{\max}$ .

Статистическая закономерность по основному тренду (естественной первой составляющей модели как основной тенденции) за тридцать три года с 1970 по 2003 г. получает вид (рис. 4.2) уравнения классического закона экспоненциального роста (коэффициент корреляции 0,2714)

$$q_{\max} = 12,6433 \exp(0,013966t^{0,72279}) . \quad (4.1)$$

Остатки от тренда (4.1) располагаются на оси абсцисс по времени так, как это показано на рис. 4.3.

Из последовательного расположения значений абсолютной погрешности  $\varepsilon$  (остатков) видно, что второй составляющей вполне может стать волновая закономерность. Поиск ее конструкции привел к готовой статистической модели (рис. 4.4) вида, где значения параметров первой составляющей меняются

$$q_{\max} = 16,7433 \exp(-0,014929t^{0,80529}) + A \cos(\pi t/p_{0,5} + 1,81692) , \quad (4.2)$$

$$A = 9,23143 \exp(-0,032601t) ,$$

$$p_{0,5} = 11,6133 + 0,15945t .$$

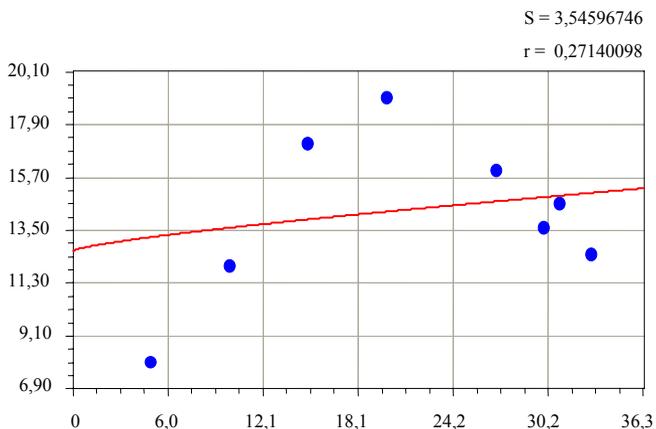


Рис. 4.2. Тренд по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

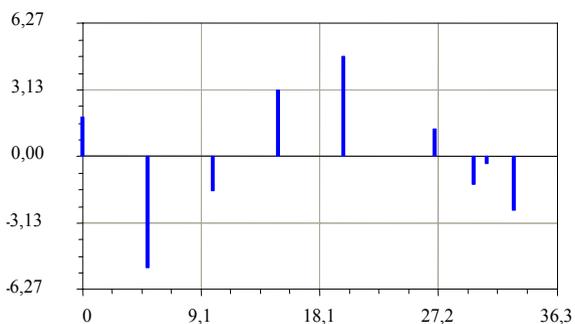


Рис. 4.3. Остатки тренда (4.1) по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

Сравнение тренда (4.1) с моделью (4.2) показывает, что внешние воздействия по второй составляющей влияют на интенсивность ежегодного воспроизводства травяного покрова так значительно, что тренд меняется на экспоненциальный закон гибели показателя урожайности.

Причем внешние воздействия включают позитивные (уход, внесение удобрений и др.) и негативные (загрязнение, уплотнение почвы колесами и гусеницами машин, чрезмерный выпас, водная и ветровая эрозия после механических повреждений травяного покрова и др.) действия людей со своими техническими средствами и культурными животными и растениями.

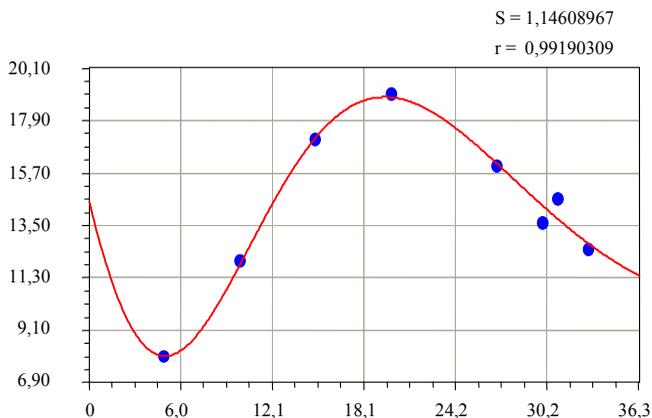


Рис. 4.4. Динамика по годам максимальной урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

Тогда получается, что статистический ряд подвергается ложной идентификации уравнением (4.1). Еще худшие результаты будут при использовании линейной модели, выраженной в виде

$$q_{\max} = 12,8096 + 0,070254t, \quad (4.3)$$

хотя такая модель имеет содержательный смысл только на очень короткие отрезки времени в 2–3 года.

Коэффициент корреляции линейным уравнением равен всего 0,2674, и это значение статистического показателя в  $0,9919 / 0,2674 = 3,71$  раза меньше по сравнению с корреляцией явно нелинейной по конструкции модели (4.2). При этом надо заметить, что модель (4.3) хотя и кажется простой по структуре, имеет две составляющие. Первая является законом невливания объясняющей переменной (время) на урожайность сена, а вторая – законом пропорционального роста, представленного частным случаем показательного роста, который, в свою очередь, есть первая компонента биотехнического закона.

Поэтому по принципу наращивания конструкции модель (4.3) превращается в формулу вида:

$$q_{\max} = 12,5922 + 0,16862t^{0,77082}. \quad (4.4)$$

Чем меньше количество аддитивных составляющих математической модели, тем лучше ее качество адекватности. Поэтому экспоненциальный закон (4.1) предпочтительнее суммы двух законов: невливания переменной +

показательный закон. При этом коэффициент корреляции 0,2766 смеси двух статистическим образом устойчивых законов не намного больше одной конструкции экспоненциального закона 0,2714.

Эти методологические тонкости необходимо учитывать при моделировании идентификацией простой или сложной конструкции статистической закономерности из биотехнического закона и его фрагментов.

### 4.3. Полнота динамического ряда

Однако перед исследователем встает методологический вопрос: действительно ли формула (4.2) идентифицирует динамику физического поведения травяного покрова по урожайности. Дело в том, что мы приняли на веру официально опубликованные статистические данные [158, с. 181]. Но возможности моделирования устойчивыми законами и их обобщенной конструкцией в виде биотехнического закона так велики, что практически можно получить статистическую закономерность типа (4.2) и более сложной формы, если остатки имеют два основных статистических свойства: во-первых, чередуются знаки остатков; во-вторых, плавной волной меняются значения этих абсолютных погрешностей.

Всегда нужно верить экспериментальным данным, которыми, конечно же, являются опубликованные данные официальной (государственной) статистики. Поэтому все в статистическом моделировании зависит от качества и добротности исходных данных. Все вышесказанное позволило нам получить статистическую закономерность, содержащую девяносто одну составляющую, из которых восемьдесят девять были сложными волновыми закономерностями [95].

Пусть исходные данные количественно достоверны и статистики адекватно описывают картину динамики исследуемого явления или процесса моделями типа табл. 4.1. Тогда можно поставить задачу оценки полноты статистического ряда динамики значений изучаемого показателя.

**Критерий полноты ряда динамики значений показателя.** Представим ряд значений урожайности сена естественных и улучшенных сенокосов со всей площади по РМЭ в виде числовой последовательности, показанной в табл. 4.2.

Весь этот ряд динамики можно разделить на две части:

а) динамика по пятилетним циклам, причем четко по хронологическому времени – 1970, 1975, 1980 гг. и т. д.;

б) динамика по годичным циклам, что соответствует действительному ритму вращения Земли вокруг Солнца.

Можно, конечно, представить существование в нашей галактике Млечный путь некоторой звезды с планетой, вращающейся вокруг нее с земным пятилетним циклом. Но такая физическая картина отношения к травяному покрову Земли не имеет.

Полный динамический ряд урожайности сена

Время $t$ , лет	Урожайность $q$ , ц/га	Время $t$ , лет	Урожайность $q$ , ц/га
0	14,5	17	–
1	–	18	–
2	–	19	–
3	–	20	19,0
4	–	21	–
5	8,0	22	–
6	–	23	–
7	–	24	–
8	–	25	3,0
9	–	26	12,2
10	12,0	27	16,0
11	–	28	11,3
12	–	29	9,9
13	–	30	13,6
14	–	31	14,6
15	17,1	32	9,1
16	–	33	12,5

Тогда следует признать, что часть динамического ряда с 1970 по 1995 г. является испорченной самим человеком, работающим на государственной статистической службе. Кажущаяся небрежность с годами оборачивается против всей страны, статистические службы которой составляют неполные табличные модели. По сути, такие модели резко укорачивают объемы знаний, умений и навыков на далекое будущее. Еще хуже ситуации в России, когда в бывшем СССР сознательно искажали статистические показатели в угоду существующей на данный момент времени политической конъюнктуре. Поэтому, чем быстрее примем мировую систему статистики, тем быстрее будем понимать будущее в сравнении с другими странами.

Введем новый показатель оценки добротности статистических данных динамического ряда – *коэффициент полноты ряда*  $k$ . Этот коэффициент будет вычисляться как отношение количества  $m$  имеющихся значений показателя в ряду к общему количеству возможных членов  $n$  динамического ряда, т. е. по формуле

$$k = m / n. \quad (4.5)$$

Из данных табл. 4.2 получаем  $m = 14$  и  $n = 34$ . Поэтому коэффициент полноты ряда будет равен 0,412. Динамический ряд оказался сильно деформированным. Специальными подгруппировками в группировке исходных данных занимались советские экономисты, чтобы доказывать явно недоказуемое. Но сейчас другие времена, и поэтому одним из важнейших правил научной этики должно стать формирование полной статистической выборки, в данном случае динамического ряда урожайности. Нужно запретить статистическим службам публиковать неполные динамические ряды, так как это почти всегда приводит к ложной идентификации изучаемых социально-экономических, экологических, исторических и иных явлений и процессов.

Картина распределения точек, показанная на рис. 4.1, оказалась ложной из-за отсутствия 20-ти точек из требуемых 34-х значений изучаемого показателя. При этом неясно, какими по расположению относительно принятой системы координат были точки в промежутках между пятилетками. Поэтому может оказаться, что полный статистический ряд даст совершенно иную модель динамики, если урожайности в 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 гг. окажутся не максимальными, а иными. Вот почему надо обращать серьезное внимание на полноту статистического ряда динамики значений изучаемого показателя.

#### 4.4. Границы доверительного интервала статистического ряда

Приведенный в предыдущем разделе пример, а также другие примеры, если в них используются неполные по годам динамические ряды, имеют только методологическое значение и не могут быть применены при выработке сложных решений.

Тогда используем известный прием выделения верхней и нижней границ доверительного интервала ряда точек. Это обезопасит от ложной идентификации конструкции закономерности и неправильной эвристической трактовки структуры полученной формулы, так как верхняя и нижняя границы показывают только возможное поле распределения значений показателя вне зависимости от полноты статистического ряда (по-видимому, все же существуют пределы неполноты ряда).

Перепишем первую часть показателей табл. 4.1 с учетом границ доверительного интервала. Результаты приведем в табл. 4.3.

**Верхняя граница урожайности сена** естественных и улучшенных сенокосов определится закономерностью (рис. 4.5) в виде

$$q_{\max} = 14,5092 \exp(-0,0091099t) + 4,7361 \cdot 10^{-8} t^{9,23434} \exp(-0,44353t). \quad (4.6)$$

Максимальная относительная погрешность уравнения (4.6) составляет 4,59%. Коэффициент корреляции по рис. 4.5 равен 0,9861.

Т а б л и ц а 4.3

Урожайность сена в сельских хозяйствах всех категорий  
на территории РМЭ, ц/га

Годы учета	Время $t$ , лет	Естественные и улучшенные сенокосы			Однолетние травы			Многолетние травы		
		ряд	max	min	ряд	max	min	ряд	max	min
1970	0	14,5	14,6		12,4	12,4		19,9	19,9	
1975	5	8,0		8,0	7,9		7,9	10,1		10,1
1980	10	12,0		12,0	20,5	20,5		18,6		
1985	15	17,1	17,1		29,9	29,9		35,1	35,1	
1990	20	19,0	19,0		26,9			33,6	33,6	
1995	25	3,0*			16,1		16,1	16,8		16,8
1996	26	12,2		12,2	30,4	30,4		18,8		18,8
1997	27	16,0	16,0		18,8		18,8	21,3	21,3	
1998	28	11,3			21,4			16,1		16,1
1999	29	9,9		9,9	11,1		11,1	15,5		15,5
2000	30	13,6			33,7	33,4		18,2		
2001	31	14,6	14,6		20,6			19,0	19,0	
2002	32	9,1		9,1	17,7		17,7	12,1		12,1
2003	33	12,5	12,5		21,1	21,1		18,6	18,6	

Примечание: \* Такие резко отклоняющиеся точки исключаются из статистических рядов.

**Нижняя граница урожайности сена** (рис. 4.6) определится статистическим уравнением вида

$$q_{\min} = 7,64985 \exp(-0,0052882t) + 0,000403119t^{5,45669} \exp(-0,31879t). \quad (4.7)$$

Максимальная относительная погрешность уравнения (4.7) составляет 3,84%, а коэффициент корреляции по рис. 4.6 равен 1,0000, т. е. формула (4.6) становится однозначно функциональной зависимостью.

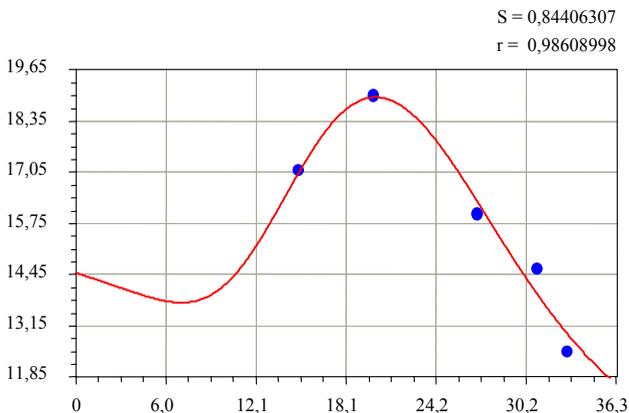


Рис. 4.5. Верхняя граница доверительного интервала урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

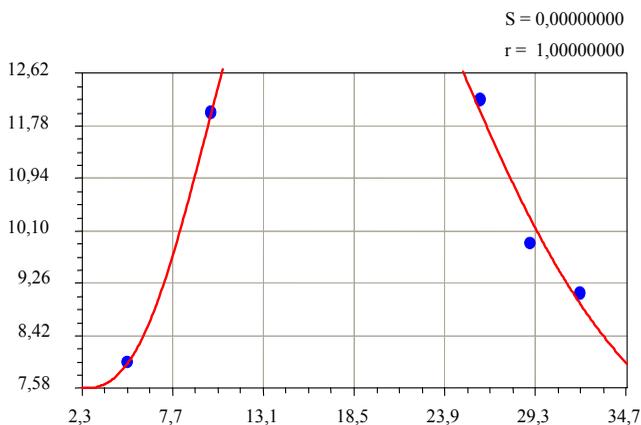


Рис. 4.6. Нижняя граница доверительного интервала урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

#### 4.5. Закономерности динамики урожайности сена

Конструкция уравнений для описания верхней и нижней границы доверительного интервал одинакова. Она содержит две составляющие:

а) закон гибели (спада) в упрощенной конструктивной форме, когда третий параметр статистической модели равен единице;

б) биотехнический закон проф. П. М. Мазуркина в упрощенной форме, когда четвертый параметр модели равен единице.

Если известна общая конструкция статистической закономерности, то ее можно применить ко всему динамическому ряду новых исходных данных.

В результате идентификации биотехнического закона получается тренд (рис. 4.7) из двух составляющих в виде устойчивых законов

$$q = 10,9017 \exp(0,00083530t) + 1,1128 \cdot 10^{-10} t^{14,0597} \exp(-0,88382t). \quad (4.8)$$

Здесь знак экспоненциального закона изменяется с отрицательного на положительный, а закон показывает рост значений урожайности сена. При этом 1995 г. не исключается.

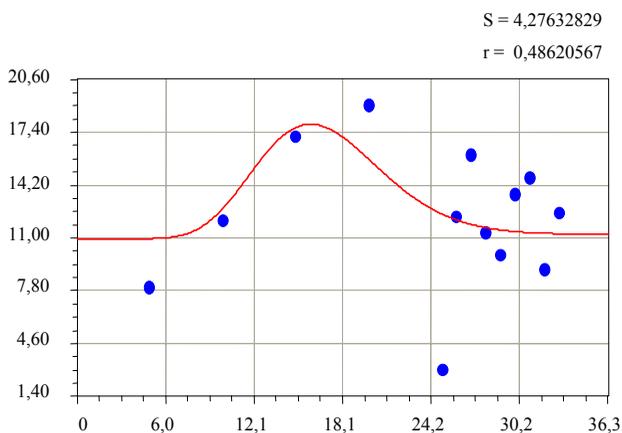


Рис. 4.7. Тренд по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

После исключения резко отклоняющейся от других точки, отмеченной в данных табл. 4.3 звездочкой, получается формула статистической закономерности (рис. 4.8) в виде

$$q = 11,4401 \exp(-0,0010562t) + 4,9549 \cdot 10^{-12} t^{14,74586} \exp(-0,80755t). \quad (4.9)$$

Коэффициент корреляции увеличивается до 0,7266, а закономерность становится одинаковой с границами доверительного интервала. При этом попытка наращивания первой составляющей до закона гибели в полной форме не дает результата. Остатки приведены на рис. 4.9.

Чередование знаков остатков  $\varepsilon$  показывает, что можно дополнить тренд составляющей в виде закона колебательного движения.

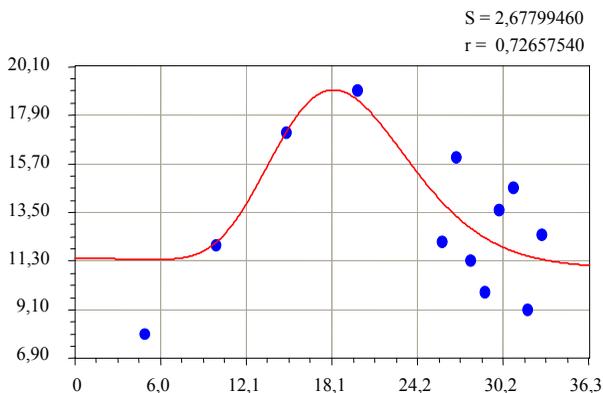


Рис. 4.8. Тренд по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ после исключения резко отклоняющейся точки

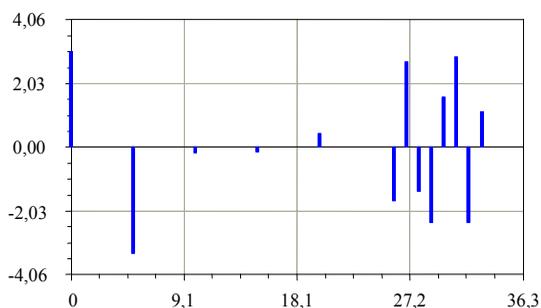


Рис. 4.9. Остатки тренда (4.9) по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

Структурно-параметрическая идентификация выполняется относительно вейвлет-функции проф. П. М. Мазуркина вида

$$q_3 = A \cos(\pi t / p_{0,5} \pm a_{10}), \quad (4.10)$$

где  $A$  – амплитуда (половина) колебательного движения значений изучаемого показателя во времени по биотехническому закону

$$A = a_1 t^{a_2} \exp(-a_3 t^{a_4}); \quad (4.10a)$$

$p_{0,5}$  – половина периода колебательного возмущения показателя по биотехническому закону (с учетом предыстории изучаемого процесса в виде постоянного члена)

$$p_{0,5} = a_5 + a_6 t^{a_7} \exp(-a_8 t^{a_9}); \quad (4.10б)$$

$a_1 \dots a_{10}$  – параметры исходной конструкции статистической модели (4.10), являющейся обобщенным законом колебательного изменения значений изучаемого показателя.

Волновую закономерность нельзя искать по статистическим выборкам с пропусками данных. Поэтому принимается интервал времени с 1995 по 2003 г., причем результат 1995 г. исключается.

После нескольких сеансов поиска значений параметров модели (4.10) в математической среде CurveExpert-1.3 получается конкретная закономерность в виде сложного уравнения

$$q = 5,64537 \exp(0,022908t) + 6,0178 \cdot 10^{-13} t^{14,8210} \exp(-0,74130t) - \\ - A_1 \cos(\pi t/p_1 + 3,29024) + A_2 \cos(\pi t/p_2 + 1,31367), \quad (4.11)$$

$$A_1 = 2,0954 t^{0,15870} \exp(-0,0037692t),$$

$$p_1 = 2,79259 - 0,019856t,$$

$$A_2 = 4,1925 \cdot 10^{-9} t^{8,82490} \exp(-0,38095t),$$

$$p_2 = 1,12563 + 0,00014490t.$$

В статистической модели (4.11) из четырех составляющих две последние – колебательные возмущения. Из-за отрицательного знака первая волновая зависимость является кризисным возмущением сенокосных лугов на внешние раздражители (естественные и антропогенные), причем частота возмущения растет, а вторая волна с начальным периодом в  $2 \times 1,12563 = 2,25$  лет показывает позитивное успокоение травяного покрова со снижением частоты адаптивного возмущения. Как показано на рис. 4.10, коэффициент корреляции модели (4.11) достигает 0,9997.

Сокращение ряда на период 1996–2003 гг., т. е. на восемь лет, сужает прогнозные возможности готовой статистической модели. Высокая точность уравнения (4.11), при которой максимальная относительная погрешность всего 0,47%, дает возможность принять горизонт прогноза, равный основанию прогноза, т. е. в восемь лет до  $2003 + 8 = 2011$  года. Если в ряду используются все 34 точки, то прогноз возможен до  $2003 + 34 = 2037$  года. При этом остатки располагаются так, как это показано на рис. 4.11.

Расположение остатков показывает, что существует еще одна волновая составляющая с примерным периодом в пять лет. Однако погрешность измерений урожайности сена недостаточно высока, чтобы искать вейвлет-функцию с амплитудой менее 0,08 ц/га. Расчеты в справочнике [155, с. 181] выполнены с округлением до одной десятой, поэтому точность измерений составляет  $\pm 0,05$  ц/га.

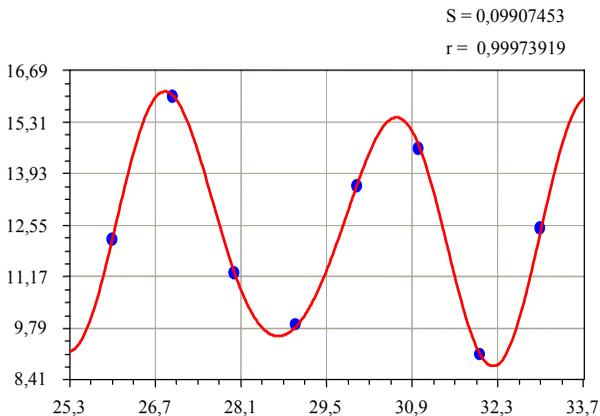


Рис. 4.10. Динамика по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ за 1970–2003 гг.

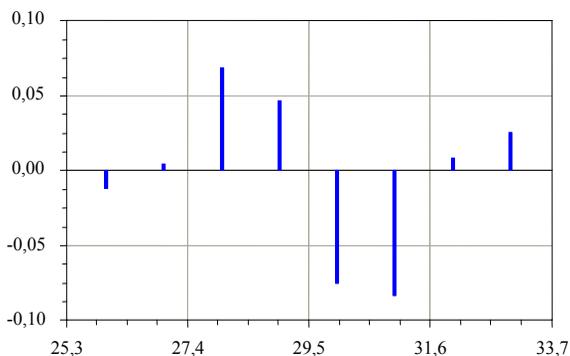


Рис. 4.11. Остатки готовой статистической модели тренда (4.11) по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ

#### 4.6. Изменение шкалы времени

Если исключить пятилетние данные, а также резко отклоняющуюся точку 1995 г., то получается динамический ряд исходных статистических данных с новой шкалой абсцисс. Переход выполняется по формуле  $t_1 = t - 26$ . Для новой шкалы соблюдается условие  $t_1 = 0$  для календарного 1996 г. Такое сокращение периода времени приводит и к уменьшению количества составляющих модели.

Вполне можно предположить, что из модели (4.11) пропадет вторая составляющая стрессового возбуждения травяного покрова (полуцикл некоторого изменения амплитуды какого-либо более длинного по периоду колебания процесса), так как она в основном приходится на промежуток времени 1985–1995 гг.

После повторной параметрической идентификации модели (4.11) была получена закономерность (рис. 4.12) с тремя составляющими в виде

$$q = 12,3327 \exp(-0,00036540t) - A_1 \cos(\pi / p_1 + 1,53433) + A_2 \cos(\pi t / p_2 - 2,93294), \quad (4.12)$$

$$A_1 = 3,63948 \exp(0,0089534t),$$

$$p_1 = 1,91645 - 0,028705t,$$

$$A_2 = 0,034478t^{8,51786} \exp(-1,80140t),$$

$$p_2 = 1,16822 - 0,0086746t.$$

По коэффициенту корреляции 1,000 и практически нулевым остаткам (рис. 4.13) модель (4.12) стала почти функционально однозначной.

Даже по малым остаткам, находящимся в интервале пренебрежительно малых для практики измерения массы сена чисел  $|\varepsilon| = 7 \cdot 10^{-12} \dots 7 \cdot 10^{-10}$ , на рис. 4.13 наблюдается новая волновая закономерность. Этот факт означает, что повышение точности измерения массы травы и сена с единицы площади позволит находить статистические закономерности динамики урожайности. На основе таких моделей будут обоснованы эффективные для теории и практики воспроизводства и использования травяного покрова меры.

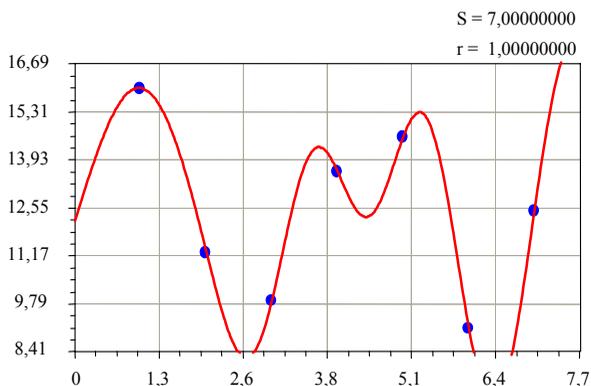


Рис. 4.12. Динамика по годам урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ за 1996–2003 гг.

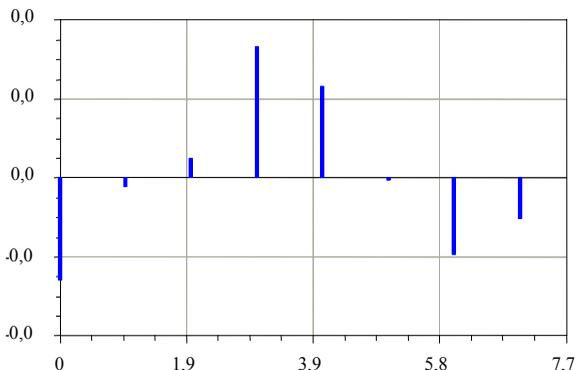


Рис. 4.13. Остатки готовой статистической модели тренда (4.12) урожайности сена (ц/га) естественных и улучшенных сенокосов РМЭ за 1996–2003 гг.

Сравнение показывает, что тренд содержит теперь всего одну составляющую в виде закона гибели. Во второй составляющей изменился характер динамики амплитуды колебания на закон экспоненциального роста, а в третьей – характер динамики половины периода колебания на учащение частоты возмущения.

#### 4.7. Однолетние и многолетние травы

Они образуют травяной покров, мало влияющий на экологическую устойчивость территории из-за того, что выращиваются искусственно на вспаханных полях. Поэтому площади таких трав относятся к пашне как наиболее экологически агрессивной среде, создаваемой человеком вот уже почти 10 тыс. лет.

Исходные статистические ряды динамики урожайности сена однолетних и многолетних трав были даны в табл. 4.3.

Результаты идентификации покажем без приведения промежуточных результатов, так как процесс статистического моделирования биотехническим законом и его фрагментами, и волновыми обобщениями ясен из предыдущего примера.

**Однолетние травы.** Рой всех точек статистического ряда с 1970 по 2004 г. приведен на рис. 4.14. Здесь нет резко выделяющихся точек. Из-за пятилетней периодичности первой части исходных данных оставляем только отрезок календарного времени 1995–2003 гг. с переносом начала координат на 1995 г. при условии  $t = 0$ .

Картина распределения точек аналогична предыдущему примеру.

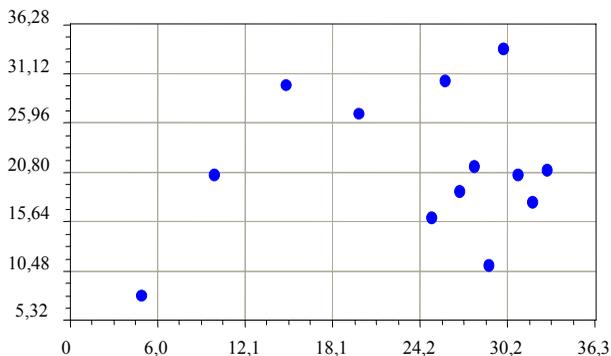


Рис. 4.14. Изменение по годам урожайности сена (ц/га) однолетних трав РМЭ

После идентификации биотехнического закона получаем статистическую модель (рис. 4.15) вида

$$q = 20,9937 \exp(-0,0040394t) + A_1 \cos(\pi t/p_1 - 1,02140) - A_2 \cos(\pi t/p_2 - 1,51402), \quad (4.13)$$

$$A_1 = 6,0591 \cdot 10^{-8} t^{30,5669} \exp(-5,80988t),$$

$$p_1 = 1,37351 - 0,021614t,$$

$$A_2 = 86,2327 \exp(-1,86564t),$$

$$p_2 = 0,83574 - 0,025163t.$$

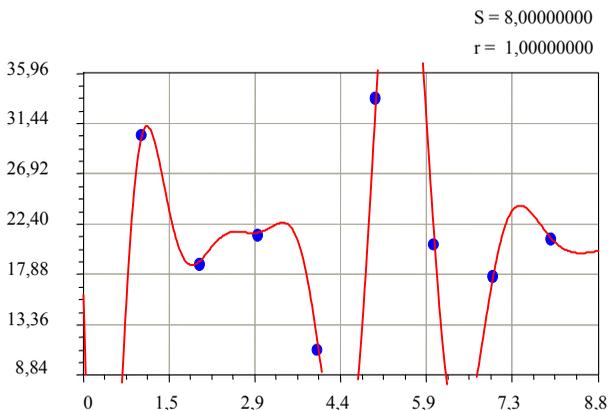


Рис. 4.15. Динамика по годам урожайности сена (ц/га) однолетних трав РМЭ за 1995–2003 гг.

Уравнение (4.13) стало однозначной математической функцией с коэффициентом корреляции равным единице. Если условно отбросить первые три точки, то с 1998 по 2003 г. наблюдается четкая вейвлет-функция, у которой относительно некой урожайности среднего значения приблизительно 20 ц/га площади графика сверху и снизу этого значения примерно равны.

**Многолетние травы.** За отрезок календарного времени 1995–2003 гг. получена модель (рис. 4.16), отличающаяся от предыдущей статистической закономерности

$$q = 19,9429 \exp(-0,083874t^{0,44467}) - A_1 \cos(\pi / p_1 + 0,26722) + A_2 \cos(\pi t), \quad (4.14)$$

$$A_1 = 3,25852 \exp(-0,038129t),$$

$$p_1 = 2,24439 - 0,063281t,$$

$$A_2 = 2,2726 \cdot 10^{-5} t^{31,9151} \exp(-8,20742t).$$

В этой закономерности  $p_2 = 1$ , т. е. появился цикл с двухлетней периодичностью изменения урожайности многолетних трав.

Амплитуда первого колебательного возмущения имеет закон гибели, а у второй волновой закономерности амплитуда изменяется по закону стрессового возбуждения, т. е. биотехническому закону.

При этом первая волновая зависимость является кризисной с убывающей амплитудой, но с увеличивающейся частотой колебания. Спад урожайности с такой кризисной волной, по-видимому, показывает влияние социально-экономического кризиса на поддержание высокой урожайности

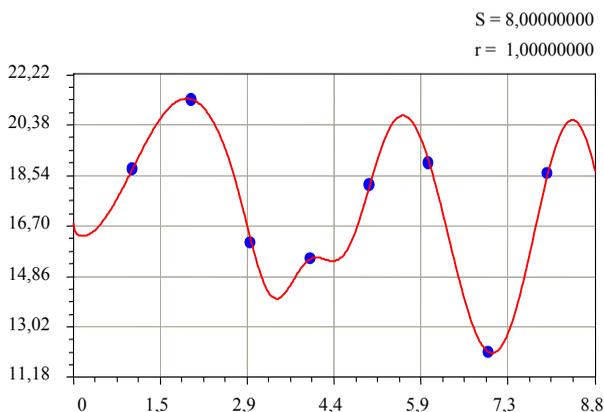


Рис. 4.16. Динамика по годам урожайности сена (ц/га) многолетних трав РМЭ за 1995–2003 гг.

многолетних трав. Вторая волна с двухлетним периодом указывает на позитивную адаптацию территории с многолетней травой к внешним воздействиям.

#### 4.8. Сравнение естественных и улучшенных сенокосов

Из табл. 4.1 видно, что шкала времени изменилась, и условие  $t = 0$  было принято для 1980 г. Поэтому методической рекомендацией является следующее условие: до моделирования необходимо принять за начало координат исходный момент учетного времени. Учетное время периода исследования всегда становится нулевым значением объясняющей переменной в хронологическом времени.

Из-за наличия пятилетних псевдоциклов исключаем еще три точки, оставшая промежутки времени с 1995 по 2003 г. После этого проводим повторную идентификацию статистической модели по новым исходным данным статистического ряда.

**Естественные сенокосы.** После структурно-параметрической идентификации биотехнического закона была получена статистическая закономерность (рис. 4.17) в виде формулы для описания динамики урожайности сена

$$q = 11,1509 \exp(0,0049023t) + A_1 \cos(\pi t/p_1 - 1,14248) + A_2 \cos(\pi t/p_2 - 1,17556), \quad (4.15)$$

$$A_1 = 0,74894 \exp(0,22551t),$$

$$p_1 = 3,52663 - 0,18754t,$$

$$A_2 = 3,27962t^{0,65064} \exp(-0,82192t),$$

$$p_2 = 0,84212 - 0,0054439t.$$

Первая составляющая модели (4.15) вполне подтверждает, что с годами происходит экспоненциальный рост урожайности трав естественных лугов по первой составляющей.

Вторая и третья составляющие, хотя и имеют колебательное изменение, однако являются положительно направленными. Они показывают хорошую адаптивную возможность луговых трав к изменяющимся внешним воздействиям, в том числе и антропогенным.

Из-за антропогенного влияния в поведении травяного покрова по второй составляющей наблюдается рост амплитуды и частоты колебательного возмущения урожайности, хотя возможен аварийный срыв нарастающего колебания. По третьей составляющей при снижающейся в будущем амплитуде отмечается также увеличение частоты колебательного возмущения (снижение половины периода колебания).

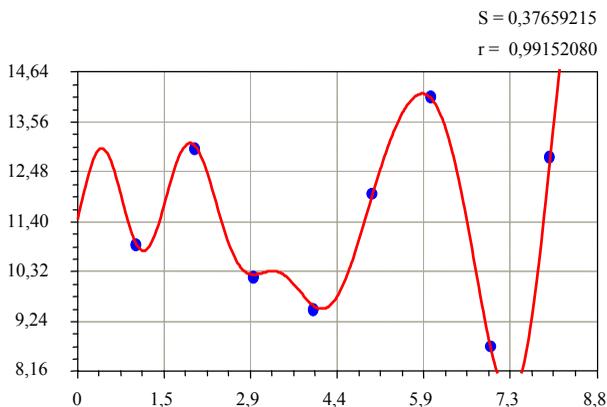


Рис. 4.17. Динамика по годам урожайности сена (ц/га) естественных сенокосов РМЭ за 1995–2003 гг.

Таким образом, анализ модели (4.15) дает возможность научного обоснования интенсивности травяного покрова.

**Улучшенные сенокосы.** Улучшение интенсивности травяного покрова на улучшенных сенокосах обеспечивается человеком.

Закономерность (рис. 4.18) определяется уравнением

$$q = 17,9497 \exp(-0,036766t^{1,05104}) - A_1 \cos(\pi t/p_1 - 1,04923) - A_2 \cos(\pi t/p_2 + 1,26294), \quad (4.16)$$

$$A_1 = 5,07332 \exp(-0,035828t),$$

$$p_1 = 1,43210 + 0,033642t,$$

$$A_2 = 0,15405t^{1,07609} \exp(-0,035037t),$$

$$p_2 = 0,34546.$$

Здесь оба волновых возмущения являются кризисными процессами. При этом по сравнению с естественными сенокосами первая составляющая показывает спад урожайности, что объясняется кризисом в сельском хозяйстве России.

Однако амплитуда обоих колебаний изменяется по закону стрессового возбуждения людей на социально-экономический кризис в стране, собственно к травяному покрову кризисы отношения не имеют.

Здесь оба волновых возмущения являются кризисными процессами. При этом по сравнению с естественными сенокосами первая составляющая показывает спад урожайности, что объясняется кризисом в сельском

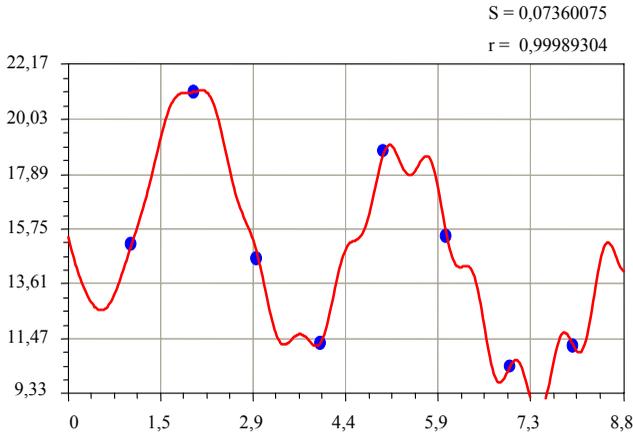


Рис. 4.18. Динамика по годам урожайности сена (ц/га) улучшенных сенокосов РМЭ за 1995–2003 гг.

хозяйстве России. Однако амплитуда обоих колебаний изменяется по закону стрессового возбуждения людей на социально-экономический кризис в стране, собственно к травяному покрову кризисы отношения не имеют.

В модели (4.15) была позитивная адаптация самой луговой травы, так как вмешательство человека наблюдается только при проведении сенокосов. Сравнение показывает, что изучение динамики урожайности сена естественных сенокосов предпочтительнее, так как улучшенные сенокосы ведут себя капризно, как и полагается быть культурным сельскохозяйственным растениям.

Максимальная относительная погрешность модели (4.16) составляет 0,58%. При этом обе модели позволяют сформировать новый критерий эффективности улучшения сенокосов.

#### 4.9. Эффект от улучшения сенокосов

Этот эффект по прибавке урожайности можно оценить следующими способами:

а) вычитая значения показателей урожайности улучшенных и естественных лугов, можно определить абсолютную **прибавку урожая** сена, а поделив урожайность улучшенных сенокосов на урожайность естественных – относительную прибавку;

б) поделив значения обоих показателей урожайности друг на друга, можно найти **коэффициент эффективности урожайности** сена на улучшенных сенокосных лугах.

Если имеются статистические модели по каждой урожайности, то можно воспользоваться манипуляцией этих закономерностей. Однако лучше всего вначале преобразовать фактические данные, а затем искать новые статистические закономерности динамики эффекта от улучшения урожая сена по фактическим значениям прибавки урожая.

Такой подход позволил бы выявить цену, соответствующую одному или нескольким мероприятиям по улучшению травяного покрова. Этот физический эффект урожайности растений, в случае необходимости при учете текущих рыночных цен, можно будет превратить в экономическую эффективность. Поэтому вначале нет необходимости рассчитывать экономический эффект по известным сложным, а зачастую и физически (т. е. содержательно) неверным методикам.

**Прибавка урожая сена** на улучшенных сенокосах по сравнению с естественными сенокосами (рис. 4.19) определяется уравнением

$$\Delta q = 3,30000 \exp(0,24288t) - 0,097822t^{2,65250} - A \cos(\pi t / p_{0,5} - 1,81404), \quad (4.17)$$

$$A = 1,44123t^{5,04151} \exp(-1,49917t),$$

$$p_{0,5} = 0,50136 + 0,031778t.$$

Остатки очень малы (рис. 4.20), и коэффициент корреляции формулы (4.17) будет равен единице.

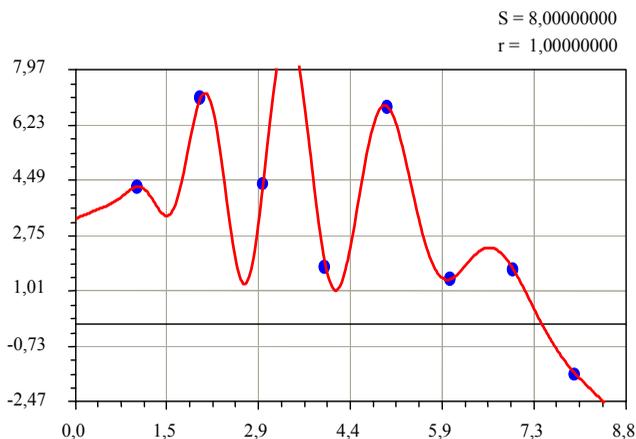


Рис. 4.19. Динамика по годам прибавки урожая сена (ц/га) на улучшенных сенокосах РМЭ по сравнению с естественными сенокосами за 1995–2003 гг.

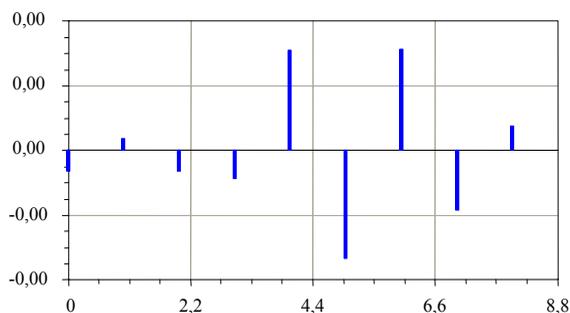


Рис. 4.20. Остатки готовой статистической модели тренда (4.17) прибавки урожайности сена (ц/га) на улучшенных сенокосах РМЭ по сравнению с естественными сенокосами за 1996–2003 гг.

Однако видно, что даже малые остатки имеют свойство выявлять еще одну дополнительную волновую составляющую с периодом динамики прибавки урожая сена на улучшенных сенокосах в два года.

**Коэффициент эффективности улучшения сенокосов** в динамике за девять лет (рис. 4.21) определяется уравнением

$$k_q = 1,40598 \exp(-3,7812 \cdot 10^{-5} t^{4,49203}) - \text{Acos}(\pi t / p_{0,5} - 2,44173), \quad (4.18)$$

$$A = 0,22357 t^{4,62925} \exp(-1,43260 t),$$

$$p_{0,5} = 1,41706 - 0,033279 t.$$

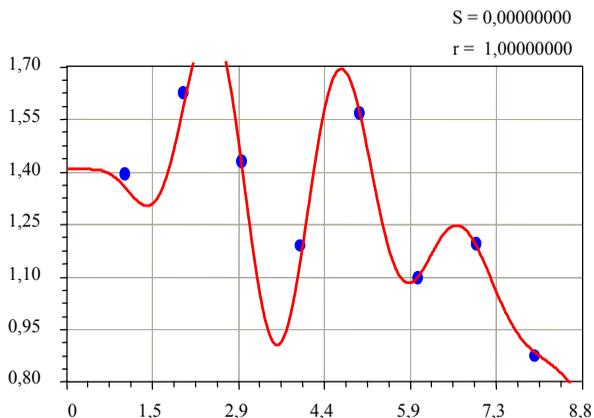


Рис. 4.21. Динамика коэффициента эффективности улучшенных сенокосов РМЭ по отношению к урожайности естественных сенокосов за 1995–2003 гг.

Характер закономерности изменился в волновой составляющей. Остатки приведены на рис. 4.22.

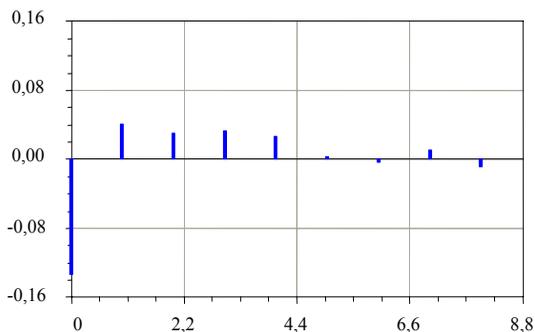


Рис. 4.22. Остатки готовой статистической модели тренда (4.18) коэффициента прибавки урожайности сена на улучшенных сенокосах РМЭ по сравнению с естественными сенокосами за 1996–2003 гг.

Максимальная относительная погрешность в первой точке для 1995 г. равна 10,45%. Однако этот год уже не влияет на прогноз значений показателя. Если не учитывать первую точку, то максимальная относительная погрешность формулы (4.18) равна 0,95%, поэтому доверие к этому уравнению для дальнейшего прогнозирования будет не ниже 99,05%.

#### 4.10. Прогнозирование урожайности сена

Основание прогноза равно девяти годам, поэтому при высоких значениях показателя доверия к математическим моделям можно выполнить прогнозирование на период прогноза также в девять лет.

Для удобства прогнозирования выбираем период по границам отрезка календарного времени, тогда основание прогноза будет равно  $2003 - 1995 = 8$  лет, а горизонт прогноза –  $2003 + 8 = 2011$  год.

Для обоснования экологических, технологических и экономических мероприятий можно взять более жесткие условия прогноза, например одну треть основания прогноза. Однако выбор тех или иных горизонтов для обоснования проектных решений пока можно оставить за проектировщиком, а в научных обоснованиях за предел научного прогнозирования следует принимать всю длину основания прогноза.

**Урожайность сена естественных и улучшенных лугов** по уравнению (4.12) при основании прогноза с 1996 по 2003 г. продолжает волновое изменение до горизонта прогноза в 2010 г. На рис. 4.23 приведены графики всей функции и отдельно по составляющим модели (4.12).

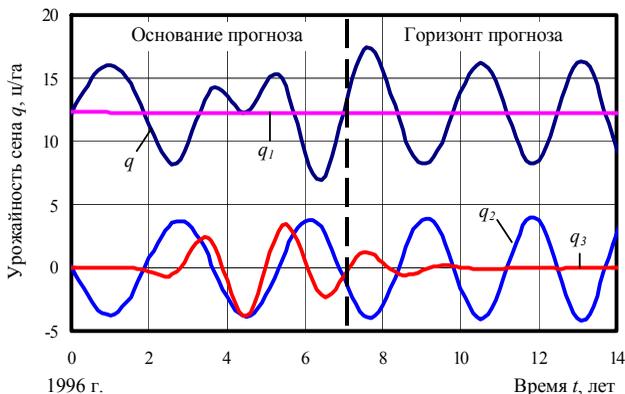


Рис. 4.23. Динамика урожайности сена на естественных и улучшенных сенокосах РМЭ в 1996–2010 гг.

С 2006 г. третья составляющая приближается к нулю, а затем исключается из модели (4.12). Спад урожайности по первой составляющей и кризисная волна по второй составляющей продолжатся за горизонт прогноза.

**Однолетние травы** изменяют свою урожайность по формуле (4.13), как это показано на рис. 4.24. Из графиков видно, что урожайность по селу культурных трав без ухода за ними приближается к постоянному значению.

**Многолетние травы** характеризуются графиками (рис. 4.25). Они ведут себя весьма ритмично, сбавляя урожайность по первой составляющей и в дальнейшем. А третья составляющая практически незаметна.

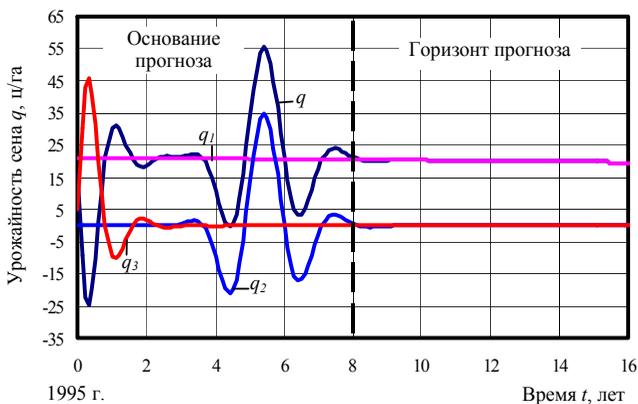


Рис. 4.24. Динамика урожайности сена из однолетних трав РМЭ в 1995–2011 гг.

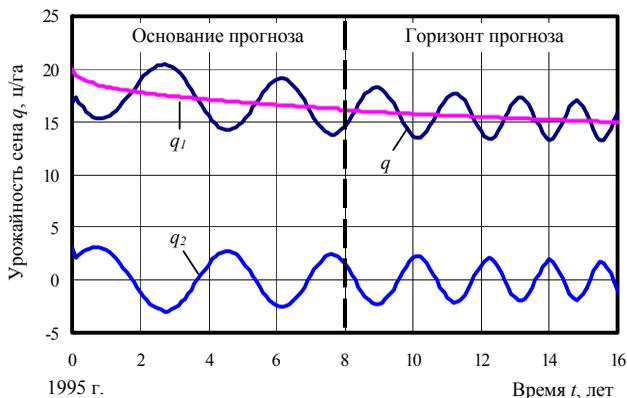


Рис. 4.25. Динамика урожайности сена из многолетних трав РМЭ в 1995–2011 гг.

**Естественные сенокосы** дадут сена до 2011 г., в соответствии с графиками на рис. 4.26.

Третья составляющая из-за малой амплитуды быстро вырождается, а вторая – показывает адаптационные возможности луговой травы к росту урожайности. Однако частота увеличивается, и это может привести к тремору системы. Вместе с тем без участия человека естественные луга медленно наращивают по первой составляющей свою урожайность. Отсюда следует, что человеку просто не нужно мешать луговым системам, росту и развитию травяного покрова.

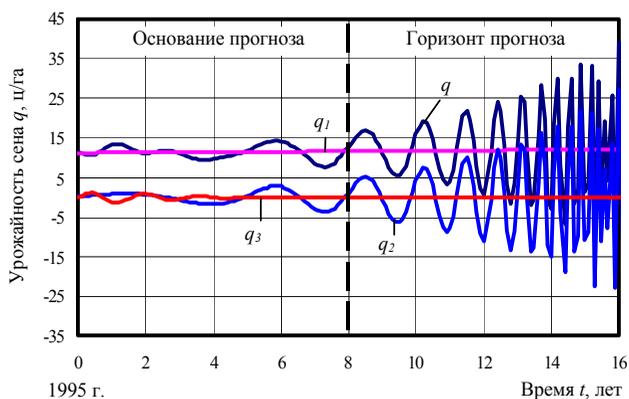


Рис. 4.26. Динамика урожайности сена на естественных сенокосах РМЭ в 1995–2011 гг.

Вторая волновая составляющая показывает возможность срыва динамической волны. Урожайность травы может повышаться без участия человека только при активном поедании ее дикими травоядными животными. Почти за 100 млн лет эволюции травяной покров Земли «привык» к животным. В степях люди придумали палы для сжигания пожухлой прошлогодней травы для того, чтобы поднять урожайность свежего травяного покрова. Поэтому амплитуда колебания не может превзойти пределы роста урожайности естественной травы по сению.

Меньше чем на годичный цикл не может ускориться и период колебательного возмущения. Для повышения точности необходимо принять более длинный динамический ряд значений урожайности по сению. Вместе с тем снижение периода колебания косвенно подтверждает известный факт, что Земля вращалась раньше медленнее. К ускорению частоты вращения Земли вокруг себя и вокруг Солнца за 100 млн лет трава «привыкла». Поэтому после снятия антропогенного воздействия травяной покров переходит к естественному режиму роста и развития.

**Улучшенные сенокосы** не только сбавляют без участия человека свою урожайность по сению, но также в своем поведении по графикам на рис. 4.27 имеют две волны кризисных колебательных возмущений.

Третья составляющая волны кризиса наращивается по амплитуде, а вторая – уменьшается. При этом тренд быстро снижает свои значения по первой составляющей экспоненциальной гибели. Этот факт показывает, что когда человек перестает вносить извне энергию в травяной покров, культурный сенокос быстро превращается в исходное состояние, т. е. естественное для данных почвенных условий.

**Прибавка урожая сена** на улучшенных сенокосах, по сравнению с естественными сенокосами, показывает (рис. 4.28), что она без участия человека быстро снижается и может стать даже отрицательной.

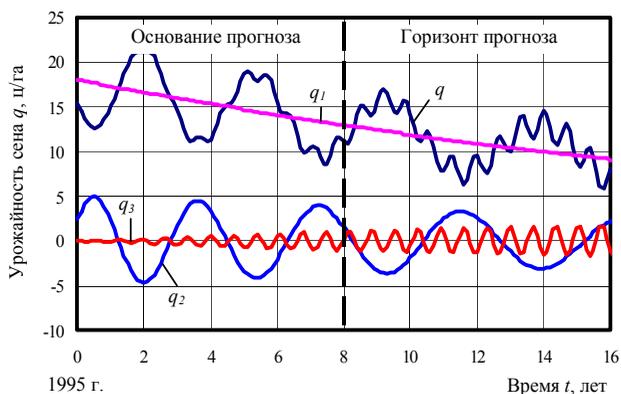


Рис. 4.27. Динамика урожайности сена на улучшенных сенокосах РМЭ в 1995–2011 гг.

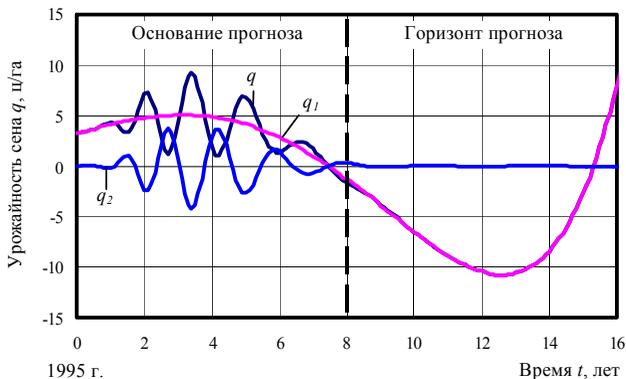


Рис. 4.28. Динамика прибавки урожая сена на улучшенных сенокосах

Третья кризисная составляющая быстро затухает по амплитуде уже с 2004 г. При этом хорошим свойством становится и увеличение периода, т. е. снижение частоты колебательного возмущения. Поэтому прогнозирование до 2011 г. выполняется только по значениям первых двух составляющих.

Закон экспоненциального роста к 2011 г. начинает опережать и кризисный спад по закону показательного роста.

Значительное снижение урожайности сена с заброшенного сенокоса, по сравнению с естественным травяным покровом, может привести к быстрой закустаренности территории. Такая ослабленная трава не сможет противодействовать проращиванию семян кустарниковых растений.

Коэффициент эффективности улучшения сенокосов изменяется по графикам, показанным на рис. 4.29.

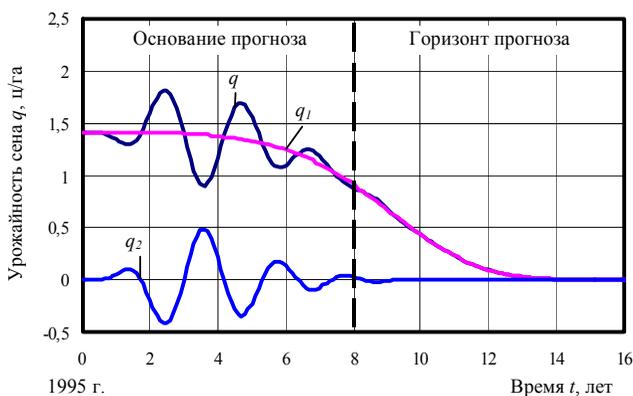


Рис. 4.29. Динамика коэффициента эффективности в зависимости от улучшения сенокосов

Вторая кризисная составляющая затухает, поэтому коэффициент эффективности к 2009 г., если не будет улучшения сенокосных угодий, достигнет нуля.

#### 4.11. Выводы

Особое место в растительном покрове после лесных ареалов и массивов занимает травяной покров. Он более живуч, устойчив и стабилен в своем поведении по сравнению с древесными пологам.

Урожайность травы на естественных лугах определяется двухгодичной цикличностью ее роста и развития. Улучшенные луга меняют свое поведение, повышая урожайность на позитивное воздействие человека и внесение удобрений. Поэтому при анализе территориального экологического равновесия вначале нужно обращать внимание на пойменные луга, находящиеся на водосборных бассейнах, в охранных зонах и прибрежных полосах малых рек и их притоков.

Первая составляющая модели (4.15) обнадеживает, что с годами происходит экспоненциальный рост урожайности трав естественных лугов. Вторая и третья составляющие, хотя и имеют колебательное изменение, однако являются положительно направленными. Они показывают хорошую способность луговых трав адаптироваться к изменяющимся внешним воздействиям, в том числе и антропогенным. Таким образом, модель (4.15) дает возможность научного обоснования интенсивности травяного покрова.

Для улучшенных лугов оба волновых возмущения являются кризисными процессами. При этом по сравнению с естественными сенокосами, первая составляющая тренда для улучшенных лугов показывает спад урожайности, что объясняется кризисом в сельском хозяйстве России. Сравнение показывает, что изучение динамики урожайности сена у естественных сенокосов предпочтительнее, так как улучшенные сенокосы ведут себя капризно, как и полагается быть окультуренным сельскохозяйственным растениям. Отсюда следует, что человеку просто не нужно мешать луговым системам, росту и развитию травяного покрова.

Со временем урожайность по сему культурных однолетних трав после прекращения ухода за ними приближается к постоянному значению. А многолетние травы ведут себя весьма ритмично, сбавляя урожайность по первой составляющей и в дальнейшем, причем третья волновая составляющая практически незаметна.

Прибавка урожая сена на улучшенных сенокосах, по сравнению с естественными, показывает, что без участия человека она быстро снижается и может стать даже отрицательной. Значительное снижение урожайности сена с заброшенного сенокоса, по сравнению с естественным травяным покровом, может привести к быстрой закустаренности территории. Такой ослабленный травяной покров не сможет противодействовать прорастанию семян кустарниковых растений.

## 5. ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

До проектирования мероприятий по природоохранному обустройству территорий и рационализации в одной или в нескольких отраслях природопользования необходимо провести предпроектные изыскания и исследования состояния ландшафтов (чередa состояний во времени дает динамику ландшафтов, важнейшей из которых является сукцессия).

Главным частью ландшафта является растительный покров.

Активность растительного покрова, т. е. его экстенсивное изменение по площади, оказывает прямое влияние на достижение территориального экологического равновесия. Равновесие должно устойчиво сохраняться десятилетиями и столетиями и в будущем при условии, что внешние климатические и орографические факторы будут за это время постоянными или же очень медленно изменяющимися (квазистационарными). Тогда устойчивость ландшафта можно будет математически описать закономерностями стационарного случайного процесса.

Для измерения активности растительного покрова используются данные из земельного кадастра. Однако он пока составляется только по административным образованиям и только на уровне административных сельских районов субъектов Российской Федерации.

В будущем же, конечно, потребуется составлять также модификации земельного кадастра и в разрезе экосистем (ландшафтов). Тогда реально появится возможность анализа территориальной геотриады «ландшафт + население + хозяйство».

### 5.1. Критерии активности растительного покрова

Естественный, частично или же полностью измененный человеком культурный растительный покров (сады, лесные плантации, городские парки и пр.) становится уникальным фитоиндикатором [194] экологической ситуации и экологического режима на любом территориальном образовании: ландшафте, водосборном бассейне, административном районе, территориально-промышленном комплексе, городе или другом населенном пункте и др.

К растительному покрову относят любые земельные участки, на которых произрастают растения без пахоты. Поэтому к нему нельзя относить

однолетние и многолетние травы, применяемые в севооборотах сельскохозяйственных культур.

Исходные данные для вычислений критериев активности растительного покрова содержатся в земельном кадастре административного образования: Российской Федерации, федеральных округов России, субъектов Федерации, административных сельских и городских районов каждого субъекта Федерации. Пока отсутствуют достоверные кадастры по отдельным землепользователям в каждом административном районе.

Матрица исходных данных по состоянию на 01.01.2007 г. по РМЭ приведена в табл. 5.1.

**Абсолютная активность** растительного покрова будет оцениваться площадью  $S_{RP}$ , **относительная** – определится выражением

$$\mu = S_{RP} / S_{\text{общ.}}, \quad (5.1)$$

где  $S_{RP}$  – площадь растительного покрова, тыс. га;  $S_{\text{общ.}}$  – общая площадь территории (в том числе акватории) административного образования, тыс. га.

По исходным данным табл. 5.1 получим значение абсолютной активности в виде суммы: растительный покров = многолетние насаждения на сельскохозяйственных землях + сенокосы + пастбища + земли, покрытые лесом + древесно-кустарниковая растительность + болота. Тогда значение площади  $S_{RP} = 8,3 + 58,7 + 112,8 + 1305,7 + 20,1 + 34,1 = 1539,7$  тыс. га.

Относительная активность (далее активность) будет определяться по формуле (5.1) в виде отношения  $\mu = 1539,7 / 2337,5 = 0,659 > 0,618$ .

Таким образом, на территории РМЭ в целом соблюдается **рациональное территориальное экологическое равновесие**. Это видно из того, что **коэффициент активности** растительного покрова по площади больше золотой пропорции 0,618.

Залежи земель являются по своей сути отходами сельскохозяйственной деятельности. В советские годы слишком много земель было отведено под пашни по указаниям сверху, а социально-экономический кризис заставил бросить немалую часть неудобной для обработки пашни на произвол природы. Самым лучшим поведением людей явится превращение залежей в растительный покров, в частности сенокосы и пастбища, а также в многолетние насаждения, в том числе и лесные. Сразу же заметим, что сильно эродированные земли (овраги и пр.) нужно засаживать лесными деревьями и кустарниками.

Такое увеличение площади растительного покрова по РМЭ на 105,5 тыс. га позволит поднять при небольших затратах активность растительного покрова до уровня  $\mu = 0,704$ .

Более жестким с позиций экологических требований является **коэффициент лесоаграрности**, показывающий отношение ядра биосферы (покрытая лесом площадь) к сильно измененной человеком части территории (пашне).

Таблица 5.1

Данные земельного кадастра по РМЭ на 01.01.2007 г., тыс. га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	860,3	715,9	467,4	101,7	5,3	42,8	98,7	91,0	16,6	2,3
2	77,1	48,1	27,3	0,8	3,0	5,9	11,1	3,2	2,5	0,2
3	2,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	0,1
4	58,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	54,5	0,0	0,3
5	1 197,5	11,7	0,5	0,0	0,0	8,9	2,3	1 101,7	0,0	31,2
6	67,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	5,0	4,4	0,6	3,0	0,0	0,3	0,5	0,1	0,1	0,0
<b>Итого</b>	<b>2 337,5</b>	<b>781,4</b>	<b>496,1</b>	<b>105,5</b>	<b>8,3</b>	<b>58,7</b>	<b>112,8</b>	<b>1 305,7</b>	<b>20,1</b>	<b>34,1</b>

*Примечание:* 1 – земли сельскохозяйственного назначения; 2 – земли населенных пунктов (поселений); 3 – земли промышленности; 4 – земли особо охраняемых территорий; 5 – земли лесного фонда; 6 – земли водного фонда; 7 – земли запаса. Полужирным шрифтом выделены те площади, которые отнесены к растительному покрову; полужирным курсивом – залежи, которые могут быть преобразованы в земельные участки растительного покрова.

Получено три значения лесоаграрного критерия активности растительного покрова:

1) без учета залежей, которые и в будущем останутся такими, постепенно превращаясь в закустаренные земли, а через 50–100 лет заросшие новым лесом. В этом случае  $k = 1305,7 / 496,1 = 2,632$ ;

2) с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственно-го назначения –  $k = 1305,7 / (496,1 + 105,5) = 2,170$ ;

3) с учетом того, что залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова –  $k = (1305,7 + 105,5) / 496,1 = 2,845$ .

Значимая разница этого критерия показывает, что нужно обратить серьезное внимание на преобразование земельных участков из одной категории кадастра в другую. Законодательно перевод земель лесного фонда в другие категории существует. А вот обратного регламента – передачи сельскохозяйственных земель в лесной фонд – пока нет.

Приведем еще два известных науке территориальных показателя.

**Лесистость** территории оценивается коэффициентом лесистости  $\xi$  и определяется как отношение площади покрытой лесом к общей площади территории. Для РМЭ он будет равен  $\xi = 1305,7 / 2337,5 = 0,5586$  или 55,86%.

**Распаханность** территории оценивается коэффициентом распаханности  $\zeta$  и определяется как отношение площади пашни к общей площади территории. Для РМЭ он будет равен  $\zeta = 496,1 / 2337,5 = 0,2122$  или 21,22%. Отношение лесистости к распаханности и будет показывать интегральное свойство лесоаграрности территории.

## 5.2. Группировка административных образований

Административные районы пока являются элементарными единицами земельных кадастров. Со временем система земельного кадастра охватит всех землепользователей на уровне физических и юридических лиц. Однако в любом случае, чтобы все множество однородных административных образований расчленил на отдельные группы по каким-то признакам, например по почвенным разновидностям, необходима единая методика.

Рассмотрим группировку по признаку аграрной освоенности территории, т. е. процессу наиболее агрессивного поведения разумных животных *Homo sapiens* по коренному изменению природной среды своего места обитания.

Освоенность территории РМЭ аграрным сектором по сельским районам различна, и этот признак зависел и ныне зависит от многих факторов. Исторически сложилось так, что человек, взаимодействуя с лесом, отвоевывал себе земли под развитие сельского хозяйства. На первых порах этот процесс освоения проходил на не занятых лесом территориях вблизи водных объектов и лесных массивов как источников жизнедеятельности лю-

дей. Затем, с увеличением плотности поселений проводилась вырубка участков леса под сельскохозяйственные угодья, при этом предпочтение отдавалось плодородным землям. Но и лес сам по себе являлся источником пропитания и дохода, что повлияло на развитие отраслей хозяйства, подспудных сельскому и лесному.

В этой связи картина развития землепользования различна и отнесение административно-территориальных единиц к аграрным или лесным территориям методологически пока не имеет определенных рамок разграничения.

Для выработки методологического подхода вначале был проведен анализ доли земель сельскохозяйственного назначения в общей площади земель у четырнадцати сельских районов по состоянию на 01.01.2007 г. (табл. 5.2).

Т а б л и ц а 5.2

Доля земель сельскохозяйственного назначения в общей площади на 01.01.2007 г.

Сельский район и город	Общая площадь, га	Всего с.-х. угодий, га	Доля, %
РМЭ	2 337 000	781 000	33,43
Волжский	91 386	39 863	43,62
Горномарийский	197 146	57 564	29,20
Звениговский	274 878	34 696	12,62
Килемарский	309 889	20 975	<b>6,77</b>
Куженерский	85 283	53 100	62,26
Мари-Турекский	151 386	91 885	60,70
Медведевский	279 706	64 286	22,98
Моркинский	227 008	65 749	28,96
Новоторъяльский	92 009	73 419	79,80
Оршанский	89 649	56 779	63,33
Параньгинский	79 166	52 318	66,09
Сернурский	103 208	84 465	<b>81,84</b>
Советский	139 245	65 508	47,05
Юринский	204 015	15 851	7,77
г. Йошкар-Ола	9 451	3 784	40,04
г. Волжск	2 899	635	21,90
г. Козьмодемьянск	1 341	481	35,87

*Примечание:* Полужирным шрифтом показано максимальное значение доли сельскохозяйственных угодий в общей площади земель, полужирным курсивом – минимальное значение.

Из табл. 5.2 видно, что эта доля по районам РМЭ изменяется от 9,51 до 85,97%. Причем минимум приходится на самый крупный Килемарский район, а максимум – на Новоторьяльский, десятый по величине из четырнадцати районов. На основе этого факта можно выдвинуть следующее предположение: *чем больше площадь административно-территориальной единицы, тем меньше доля аграрного сектора.*

По классификации уровней аграрности, приведенной в табл. 1.3, на территории РМЭ образуются следующие слои (страты) земель административных образований:

- сверхвысокоаграрные территории – Новоторьяльский и Сернурский сельские районы;
- высокоаграрные территории – Куженерский, Мари-Турекский, Оршанский, Параньгинский и Советский сельские районы;
- среднеаграрные территории – Республика Марий Эл в целом, Волжский, Горномарийский, Моркинский сельские районы, а также г. Йошкар-Ола и Козьмодемьянск;
- умеренно аграрные территории – Звениговский и Медведевский сельские районы, г. Волжск;
- низкоаграрные территории – Килемарский и Юринский сельские районы.

Значительный разброс любого показателя говорит о его высокой информативности. Однако группировка в табл. 5.2 была выполнена только по эвристическим соображениям. Для обоснования групп аграрного освоения территорий необходима специальная методика, основанная на принципах функциональной связности хозяйственно вовлеченных в сельскую жизнь участков земель.

На рис. 5.1 приведен рой всех точек по сельским районам и городам РМЭ.

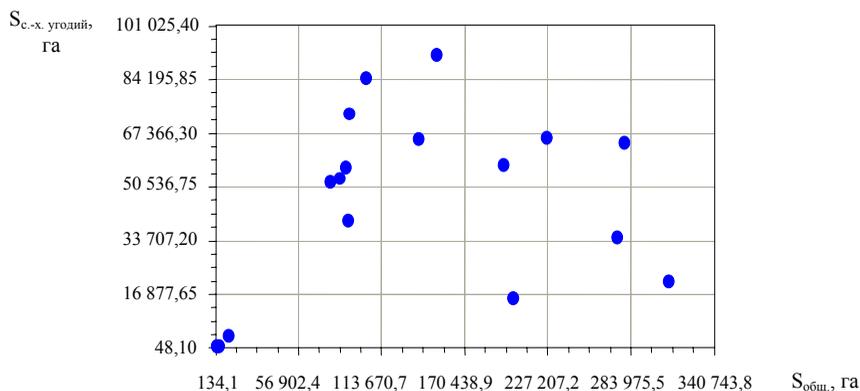


Рис. 5.1. Распределение площади земель сельскохозяйственного назначения относительно общей площади территорий районов и городов РМЭ

На рис. 5.1 четко заметна верхняя граница распределения точек, которую вполне можно выделить как отдельную статистическую выборку в программной среде CurveExpert-1.3 и провести идентификацию биотехническим законом проф. П. М. Мазуркина.

Для удобства вычислений был изменен масштаб данных – тысяча гектар. После идентификации биотехнического закона была найдена закономерность (рис. 5.2) взаимосвязи площадей на верхней границе вида

$$S_{с.-х.} = 0,032347S_{общ.}^{2,06038} \exp(-0,033343S_{общ.}^{0,85041}), \quad (5.2)$$

где  $S_{с.-х.}$  – вся площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га;  $S_{общ.}$  – общая площадь сельского района или города, тыс. га.

Коэффициент корреляции уравнения (5.2) равен 0,9987.

Максимальная относительная погрешность статистической формулы (5.2) равна 88,2% для г. Козьмодемьянска. По остальным точкам адекватность модели в виде биотехнического закона высокая.

Уравнение (5.2) является биотехническим законом в полной форме, т. е. имеет полную конструкцию математического выражения. Соответствие статистической закономерности биотехническому закону уже само по себе определяет группу административных образований с одной функциональной связностью.

В первую группу административных образований **чрезмерной аграрной освоенности** в виде сельских районов и городов РМЭ входят Мари-Турекский, Медведевский, Новоторьяльский, Сернурский сельские районы и г. Козьмодемьянск.

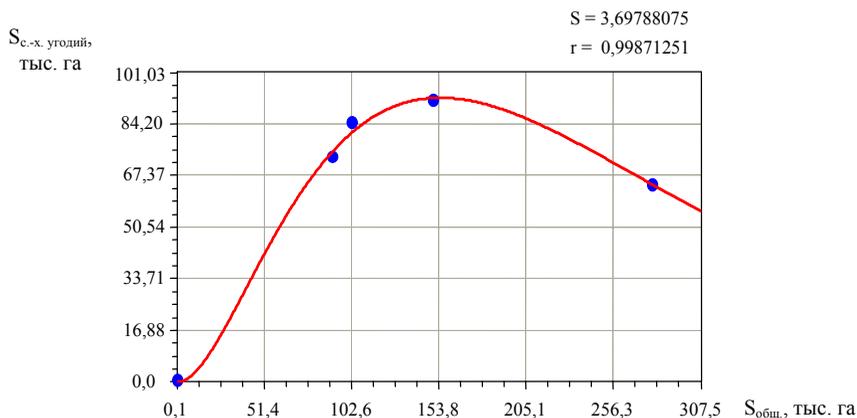


Рис. 5.2. Распределение площади земель сельскохозяйственного назначения относительно общей сельских районов и городов по первой группе

После элиминирования из оставшейся выборки во вторую группу **высокой аграрной освоенности** попадают семь административных образований, связанных вместе формулой (5.3) статистической закономерности (рис. 5.3)

$$S_{с.-х.} = 0,035126S_{общ.}^{1,91347} \exp(-0,021141S_{общ.}^{0,90563}). \quad (5.3)$$

Конструкция закона не изменилась, другими стали только значения параметров модели (5.3). Поэтому можно сделать методологический вывод о том, что совокупность административных образований является своеобразной популяцией, приспособляющейся к ландшафтам с помощью человека и его сельскохозяйственной деятельности.

Коэффициент корреляции уравнения (5.3) равен 0,9963. К сожалению, сельские районы создавались с точки зрения удобства управления людьми, а не ландшафтами. Только в горной местности ландшафты становятся определяющими в разделении территории на административные образования. При этом веками и тысячелетиями людские поселения возникали на местностях с самыми плодородными почвами. И теперь стихийный процесс урбанизации, прежде всего, поглощает наиболее плодородные сельскохозяйственные угодья. Тем самым человечество подрывает основу сельского хозяйства, сокращая плодородные участки земель в городах, поселениях и т. д.

Максимальная относительная погрешность формулы (5.3) для г. Волжска равна 59,9%, для Йошкар-Олы – 41,9%. По остальным точкам адекватность модели в виде биотехнического закона высокая. Значимые остатки для городов указывают на то, что процесс урбанизации можно учесть дополнительной объясняющей переменной, которую нужно выявить дополнительными статистическими исследованиями динамики урбанизации.

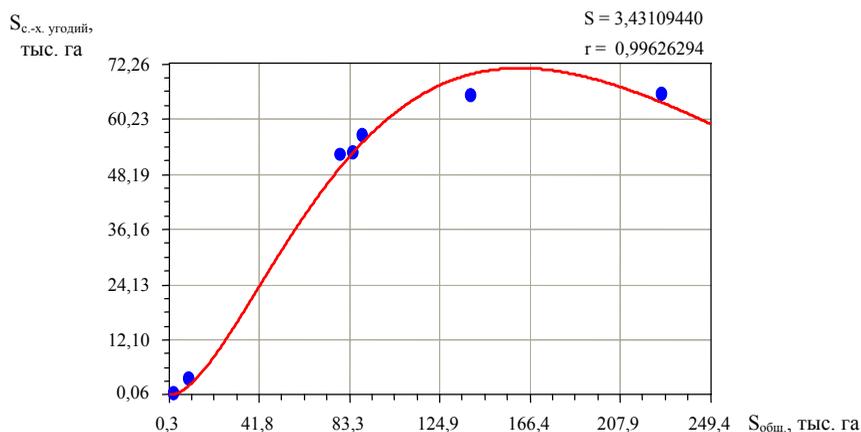


Рис. 5.3. Распределение площади земель сельскохозяйственного назначения относительно общей сельских районов и городов по второй группе

Во вторую группу входят сельские районы Куженерский, Моркинский, Оршанский, Параньгинский, Советский сельские районы, а также г. Йошкар-Ола и Волжск.

Третья группа **средней аграрной освоенности** содержит четыре территории Волжского, Горномарийского, Звениговского и Килемарского сельских районов и характеризуется (рис. 5.4) уравнением

$$S_{с.-х.} = 0,00041390S_{общ.}^{2,77161} \exp(-0,0031685S_{общ.}^{1,28352}). \quad (5.4)$$

Коэффициент корреляции уравнения (5.4) равен 1,0000, поэтому формула становится функциональной зависимостью между указанными сельскими районами, подтверждая известный с XIX в. закон убывающей доходности, впервые предложенный Гуттенбергом [91].

Максимальная относительная погрешность статистической формулы (5.4) равна всего 7,55% для Килемарского района.

Юринский район единственный, который образует четвертую группу **малой аграрной освоенности** сельских территорий с аномально низким уровнем сельскохозяйственных угодий для данной площади. Поэтому превращение в рекреационную зону здесь вполне возможно.

Таким образом, классификация на основе статистического моделирования по идентификации доли земель сельскохозяйственного назначения сокращает число групп с пяти до четырех:

1. **Чрезмерной аграрной освоенности** – Мари-Турекский, Медведевский, Новоторъяльский и Сернурский районы и г. Козьмодемьянск;

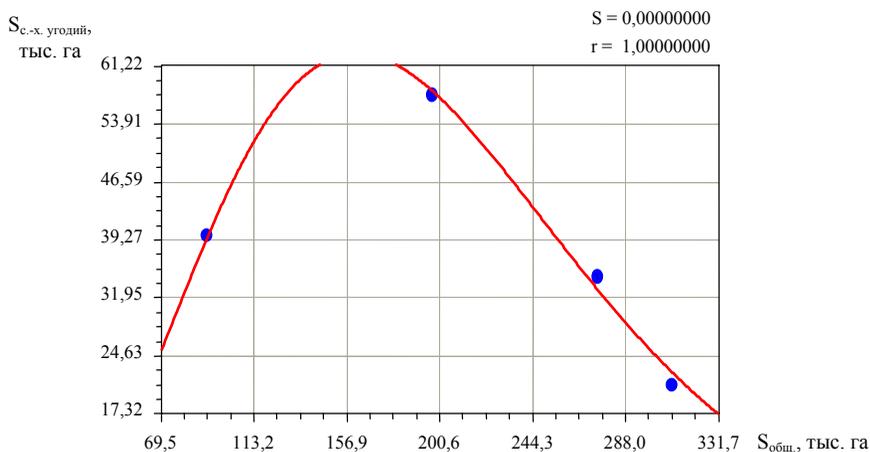


Рис. 5.4. Распределение площади земель сельскохозяйственного назначения относительно общей сельских районов и городов по третьей группе

2. **Высокой аграрной освоенности** – Куженерский, Моркинский, Оршанский, Параньгинский, Советский, г. Йошкар-Ола и г. Волжск;
3. **Средней аграрной освоенности** – территории Волжского, Горномарийского, Звениговского и Килемарского сельских районов;
4. **Малой аграрной освоенности** – Юринский сельский район.

### 5.3. Экологическая активность чрезмерно освоенных земель

Вышеприведенные два критерия (коэффициент относительной активности и коэффициент лесоаграрности) позволяют оценить в первом приближении по площади земель статическое состояние территории, а также некое генотипическое расстояние от золотой пропорции. Затем нужно вычислить показатели экологического качества территории по компонентному равновесию, кроме того исследовать и обосновать нормативную активность. Однако в первом приближении можно воспользоваться рекомендациями Н. Ф. Реймерса [154, с. 430].

По земельным кадастрам в разрезе всех административных районов РМЭ, по данным на 01.01.2007 г. с уточнениями от марта 2007 г., были определены параметры активности имеющегося растительного покрова.

В группе чрезмерно освоенных сельским хозяйством территорий (равнинных ландшафтов РМЭ, а для горных ландшафтов необходимо еще учесть и падение притоков малых рек по [131]) рассмотрены только сельские районы, так как из-за малой точности моделирования города требуют учета дополнительных факторов урбанизации. В частности, главным фактором урбанизации становится не площадь земельных участков, а их многоярусная структура по растительному покрову (как в Токио) и по плотности людского населения на единицу проективной площади городской территории.

**Мари-Турекский район.** Данные по этой территории представлены в табл. 5.3. Район не имеет залежей, и сельское хозяйство пока функционирует без образования земельных отходов. По данным табл. 5.3 имеется 69 796 га растительного покрова при относительной его активности  $\mu = 69\,796 / 151\,386 = 0,461 \ll 0,618$ .

Значение коэффициента активности значительно ниже золотой пропорции. Поэтому для территории Мари-Турекского района РМЭ нужна республиканская программа восстановительных мер – природоприближенное обустройство территории.

По коэффициенту лесоаграрности было получено значение активности растительного покрова  $k = 52\,314 / 75\,978 = 0,689$ . Лесистость Мари-Турекского района  $\xi = 52\,314 / 151\,386 = 0,3456$ , распаханность земель  $\zeta = 75\,978 / 151\,386 = 0,5019$ .

**Медведевский район** окружает столицу РМЭ г. Йошкар-Олу. Данные по территории – в табл. 5.4.

Таблица 5.3

Данные земельного кадастра по Мари-Турекскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	99 720	88 070	72 815	0	74	6 299	8 882	7 391	1 275	34
2	5 331	3 613	3 121	0	76	416	0	138	181	1
3	559	0	0	0	0	0	0	0	69	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	45 776	202	42	0	0	160	0	44 785	0	15
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>151 386</b>	<b>91 885</b>	<b>75 978</b>	<b>0</b>	<b>150</b>	<b>6 875</b>	<b>8 882</b>	<b>52 314</b>	<b>1 525</b>	<b>50</b>

---

*Примечание.* Здесь и далее расшифровка категорий земель приведена под табл. 5.1.

Таблица 5.4

Данные земельного кадастра по Медведевскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	70 080	58 057	36 895	0	3 369	7 325	10 468	6 059	868	223
2	6 779	4 596	3 682	0	111	177	626	97	36	0
3	15 093	398	46	0	0	237	115	10 957	242	0
4	15 057	112	0	0	0	112	0	14 503	0	29
5	171 876	897	31	0	0	728	138	159 637	0	2 827
6	181	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	640	226	156	0	0	32	38	5	0	1
<b>Итого</b>	<b>279 706</b>	<b>64 286</b>	<b>40 810</b>	<b>0</b>	<b>3 480</b>	<b>8 611</b>	<b>11 385</b>	<b>191 258</b>	<b>1 151</b>	<b>3 080</b>

Территория этого района также не имеет залежей, и в сельском хозяйстве пока нет земельных отходов. По табл. 5.4 имеется 220 965 га растительного покрова при относительной его активности  $\mu = 220\,965 / 279\,706 = 0,790 \gg 0,618$ .

Значение коэффициента активности значительно выше золотой пропорции. Такой растительный покров успешно выполняет функции легких столицы марийского края.

По коэффициенту лесоаграрности было получено значение активности растительного покрова  $k = 191\,258 / 40\,810 = 4,687$ . Лесистость Медведовского района  $\xi = 191\,258 / 279\,706 = 0,6838$ , распаханность земель  $\varsigma = 40\,810 / 279\,706 = 0,1459$ .

**Новоторьяльский район.** Данные по району приведены в табл. 5.5.

Территория имеет значительную площадь залежных земель, в том числе и на землях поселений. По данным табл. 5.5 на территории Новоторьяльского района находится 25 178 га растительного покрова при относительной его активности без учета залежных земель  $\mu = 25\,178 / 92\,009 = 0,274 \lll 0,618$ .

Значение коэффициента активности очень малое по сравнению с золотой пропорцией. Преобразование залежей пашни в растительный покров в виде сенокосов и лесных насаждений даст увеличение более чем в два раза и территория достигнет уровня активности растительного покрова  $\mu = (25\,178 + 27\,406) / 92\,009 = 0,571 \approx 0,618$ . Таким образом, срочно нужна программа реанимации природных объектов на основе преобразования залежей земель сельскохозяйственного назначения.

По коэффициенту лесоаграрности были вычислены следующие значения активности растительного покрова:

- $k = 11\,949 / 34\,864 = 0,343$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 11\,949 / (34\,864 + 27\,406) = 0,192$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (11\,949 + 27\,406) / 34\,864 = 1,129$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи для этой территории очень важно не возвращать обратно в пашни вследствие низкого значения коэффициента лесоаграрности. Поэтому лучше всего из залежных земель создавать зеленые рекреационные зоны и как можно больше естественных лугов, реанимируя травяной покров на поймах малых рек и речушек, сажая деревья в водозащитных полосах и водоохраных зонах, формируя прибрежную сеть лесных массивов.

Лесистость Новоторьяльского района  $\xi = 11\,949 / 92\,009 = 0,1299$ , распаханность земель  $\varsigma = 34\,864 / 92\,009 = 0,3789$ .

**Сернурский район.** Данные по району представлены в табл. 5.6.

Территория имеет значительную площадь залежных земель, в том числе немало брошенных участков земель и на землях поселений.

Таблица 5.5

Данные земельного кадастра по Новоторьяльскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	78 859	70 061	33 708	27 312	1	1 771	7 269	4 724	1 507	115
2	4 646	3 312	1 153	94	144	731	1 190	0	331	0
3	779	0	0	0	0	0	0	0	123	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	7 725	46	3	0	0	41	2	7 225	0	2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>92 009</b>	<b>73 419</b>	<b>34 864</b>	<b>27 406</b>	<b>145</b>	<b>2 543</b>	<b>8 461</b>	<b>11 949</b>	<b>1 961</b>	<b>117</b>

Таблица 5.6

Данные земельного кадастра по Сернурскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	85 638	79 111	51 949	18 515	5	2 126	6 516	1 949	1 802	48
2	6 641	5 239	1 069	26	298	880	2 966	64	236	2
3	701	0	0	0	0	0	0	0	116	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10 209	115	11	0	3	86	13	9 774	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>103 208</b>	<b>84 465</b>	<b>53 031</b>	<b>18 541</b>	<b>306</b>	<b>3 092</b>	<b>9 495</b>	<b>11 787</b>	<b>2 254</b>	<b>50</b>

По данным табл. 5.6 на территории Сернурского района находится 26 984 га растительного покрова при относительной его активности (без учета залежей сельскохозяйственного назначения)  $\mu = 26\,984 / 103\,208 = 0,261 \lll 0,618$ .

Значение коэффициента активности весьма малое по сравнению с золотой пропорцией. Преобразование залежей пашни в растительный покров в виде сенокосов и лесных насаждений даст увеличение коэффициента активности. Территория достигнет уровня активности растительного покрова  $\mu = (26\,984 + 18\,541) / 103\,208 = 0,441 \ll 0,618$ . Однако и этого будет недостаточно. Поэтому нужна программа реанимации природных объектов на территории Сернурского района, бывшей в первой половине XX в. зерновой житницы всей республики.

По коэффициенту лесоаграрности были вычислены следующие значения активности растительного покрова:

- $k = 11\,787 / 53\,031 = 0,222$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 11\,787 / (53\,031 + 18\,541) = 0,165$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (11\,787 + 18\,541) / 53\,031 = 0,572$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи для данной территории незначительно меняют коэффициент лесоаграрности. Поэтому нужны кардинальные меры по природоохранному обустройству территории.

Лесистость Сернурского района  $\xi = 11\,787 / 103\,208 = 0,1142$ , распаханность земель  $\zeta = 53\,031 / 103\,208 = 0,5138$ .

#### 5.4. Экологическая активность высокоосвоенных территорий

Из этой группы выделены г. Йошкар-Ола и Волжск, которые будут рассмотрены в дальнейшем отдельно.

**Куженерский район.** Данные по этой территории приведены в табл. 5.7.

По данным табл. 5.7 в сельском районе имеется 35 778 га растительного покрова при относительной его активности (без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения)  $\mu = 35\,778 / 85\,283 = 0,420 \ll 0,618$ .

Значение коэффициента активности значительно ниже золотой пропорции. Преобразование залежей пашни в растительный покров можно осуществлять в виде будущих сенокосов и лесных насаждений, что увеличит активность до  $\mu = (35\,778 + 5412) / 85\,283 = 0,483 \ll 0,618$ . Однако этого будет недостаточно. Поэтому для территории Куженерского района РМЭ нужна республиканская программа восстановительных мер – природоприближенное обустройство территории.

По коэффициенту лесоаграрности были получены три значения активности растительного покрова:

Таблица 5.7

Данные земельного кадастра по Куженерскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	57 066	50 388	37 838	4 964	5	1 245	6 336	4 207	536	36
2	3 027	2 169	1 828	73	149	119	0	0	183	3
3	672	37	20	0	0	7	10	0	84	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	24 143	131	12	0	0	86	33	22 722	0	17
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	375	375	0	375	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>85 283</b>	<b>53 100</b>	<b>39 698</b>	<b>5 412</b>	<b>154</b>	<b>1 457</b>	<b>6 379</b>	<b>2 6929</b>	<b>803</b>	<b>56</b>

- $k = 26\,929 / 39\,698 = 0,678$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 26\,929 / (39\,698 + 5412) = 0,593$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (26\,929 + 5412) / 39\,698 = 0,815$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи нельзя обратно возвращать в пашни. Нужно создавать как можно больше лугов и лесов, реанимируя малые речки и речушки, сажая деревья и формируя лесные массивы.

Лесистость Куженерского района  $\zeta = 26\,929 / 85\,283 = 0,3158$ , распаханность земель  $\varsigma = 39\,698 / 85\,283 = 0,4655$ .

**Моркинский район.** Данные по району представлены в табл. 5.8.

Территория имеет значительные залежи, а в сельском хозяйстве образуются земельные отходы. По данным табл. 5.8 здесь имеется 174 498 га растительного покрова при относительной его активности без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения  $\mu = 174\,498 / 227\,008 = 0,769 \gg 0,618$ .

Значение коэффициента активности значительно выше золотой пропорции. Преобразование залежей пашни в растительный покров возможно в виде сенокосов и лесных насаждений, что повышает активность до  $\mu = (174\,498 + 15\,730) / 227\,008 = 0,838$ . Однако можно увеличить и площадь пашни. Поэтому долгосрочная программа природопользования получает множество вариантов по системам мероприятий.

По коэффициенту лесоаграрности были вычислены три значения активности растительного покрова:

- $k = 148\,752 / 26\,403 = 5,634$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 148\,752 / (26\,403 + 15\,730) = 3,531$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (148\,752 + 15\,730) / 26\,403 = 6,230$ , если что залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи можно обратно возвращать в пашни вследствие высокого значения коэффициента лесоаграрности. Однако лучше всего из залежных земель создавать рекреационные зоны и как можно больше лугов, реанимируя малые речки и речушки, сажая деревья и формируя лесные массивы и сады.

Лесистость Моркинского района  $\zeta = 148\,752 / 227\,008 = 0,6553$ , распаханность земель  $\varsigma = 26\,403 / 227\,008 = 0,1163$ .

**Оршанский район.** Данные по территории приведены в табл. 5.9.

Отличительной чертой этого сельского района является отсутствие болот на землях лесного фонда.

Территория имеет значительную площадь залежей земель, в том числе много брошенных земельных участков и на землях поселений. По исходным данным табл. 5.9 на территории Оршанского района находится 39 159 га

Таблица 5.8

Данные земельного кадастра по Моркинскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	75 125	58 435	26 270	15 730	214	4 472	11 749	12 575	1 239	116
2	6 775	4 697	73	0	0	576	4 048	61	156	21
3	4 150	0	0	0	0	0	0	3 255	40	0
4	6 021	0	0	0	0	0	0	5 778	0	12
5	134 915	2 617	60	0	6	1 650	901	125 083	0	546
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>227 008</b>	<b>65 749</b>	<b>26 403</b>	<b>15 730</b>	<b>220</b>	<b>6 698</b>	<b>16 698</b>	<b>148 752</b>	<b>1 435</b>	<b>695</b>

Таблица 5.9

Данные земельного кадастра по Оршанскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	62 800	53 765	36 868	6 505	110	4 650	5 632	5 620	1 145	185
2	4 116	2 814	1 422	397	141	226	628	97	157	18
3	522	19	2	0	0	8	9	3	62	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	22 198	181	14	0	0	167	0	20 300	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого	89 649	56 779	38 306	<b>6 902</b>	<b>251</b>	<b>5 051</b>	<b>6 269</b>	<b>26 020</b>	<b>1 364</b>	<b>204</b>

растительного покрова, при относительной его активности без учета залежей земель  $\mu = 39\ 159 / 89\ 649 = 0,437 \ll 0,618$ .

Значение коэффициента активности малое по сравнению с золотой пропорцией, но преобразование залежей пашни в растительный покров в виде сенокосов, садов и лесных насаждений даст его некоторое его увеличение. Территория достигнет уровня активности растительного покрова  $\mu = (39\ 159 + 6902) / 89\ 649 = 0,514 < 0,618$ . Таким образом, нужна программа реанимации природных объектов на территории сельского района, расположенного около г. Йошкар-Ола.

По коэффициенту лесоаграрности были вычислены следующие значения активности растительного покрова:

- $k = 26\ 020 / 38\ 306 = 0,679$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 26\ 020 / (38\ 306 + 6902) = 0,576$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (26\ 020 + 6902) / 38\ 306 = 0,859$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи для территории незначительно меняют коэффициент лесоаграрности. Поэтому нужны кардинальные меры по природоприближенному обустройству территории.

Лесистость Оршанского района  $\zeta = 26\ 020 / 89\ 649 = 0,2902$ , распаханность земель  $\varsigma = 38\ 306 / 89\ 649 = 0,4273$ .

**Параньгинский район** не имеет залежей земель (табл. 5.10), и в сельском хозяйстве пока не образуются земельные отходы.

По данным табл. 5.10 в районе находится 37 333 га растительного покрова при относительной его активности  $\mu = 37\ 333 / 79\ 166 = 0,472 \ll 0,618$ .

Значение коэффициента активности значительно ниже золотой пропорции. Такой растительный покров недостаточно выполняет функции легких населенных пунктов указанного административного района.

По коэффициенту лесоаграрности было получено значение активности растительного покрова  $k = 22\ 323 / 38\ 319 = 0,583$ .

Лесистость Параньгинского сельского района на 01.01.2007 г. составляет  $\zeta = 22\ 323 / 79\ 166 = 0,2820$ , т. е. 28,20%, а распаханность почти в два раза выше, т. е. 48,40% при соотношении  $\varsigma = 38\ 319 / 79\ 166 = 0,4840$ .

**Советский район.** Данные по этой территории приведены в табл. 5.11.

Территория имеет значительную площадь залежей земель, в том числе много брошенных участков на землях поселений. По данным табл. 5.11 на территории Советского района находится 75 515 га растительного покрова при относительной его активности без учета залежей земель  $\mu = 75\ 515 / 139\ 245 = 0,542 < 0,618$ .

Значение коэффициента активности меньше золотой пропорции. Преобразование залежей пашни в растительный покров в виде сенокосов и лесных насаждений даст существенное увеличение коэффициента активности до уровня  $\mu = (75\ 515 + 13\ 822) / 139\ 245 = 0,642 \approx 0,618$ . Таких преобразований залежных земель будет достаточно.

Таблица 5.10

Данные земельного кадастра по Параньгинскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	57 109	50 355	36 962	0	36	742	12 615	4 334	783	24
2	2 851	1 902	1 357	0	134	21	390	0	82	0
3	437	0	0	0	0	0	0	0	121	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	18 769	61	0	0	0	41	20	17 989	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>79 166</b>	<b>52 318</b>	<b>38 319</b>	<b>0</b>	<b>170</b>	<b>804</b>	<b>13 025</b>	<b>22 323</b>	<b>986</b>	<b>25</b>

Т а б л и ц а 5.11

Данные земельного кадастра по Советскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	68 925	62 222	40 561	13 612	124	2 679	5 246	4 392	304	43
2	4 629	2 883	2 257	210	181	160	75	179	157	0
3	26 684	23	1	0	0	10	12	24 843	22	5
4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
5	38 899	302	17	0	0	245	40	36 752	0	5
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	107	77	66	0	0	7	4	28	1	0
<b>Итого</b>	<b>139 245</b>	<b>65 508</b>	<b>42 902</b>	<b>13 822</b>	<b>305</b>	<b>3 101</b>	<b>5 378</b>	<b>6 6194</b>	<b>484</b>	<b>53</b>

По коэффициенту лесоаграрности были вычислены следующие значения активности растительного покрова:

- $k = 66\,194 / 42\,902 = 1,543$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 66\,194 / (42\,902 + 13\,822) = 1,167$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (66\,194 + 13\,822) / 42\,902 = 1,865$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи для данной сельской территории значительно меняют коэффициент лесоаграрности, если вовремя проводить экологические мероприятия по природоохранному обустройству территории административного района.

Лесистость Советского района  $\zeta = 66\,194 / 139\,245 = 0,4754$ , распаханность земель  $\varsigma = 42\,902 / 139\,245 = 0,3081$ .

## 5.5. Экологическая активность среднеосвоенных территорий

В этой группе территориальных образований нет городов, но вполне очевидно, что многие поселки городского типа попадут в нее.

**Волжский район.** Данные по району представлены в табл. 5.12, из которой получаем значение абсолютной активности равное 50 899 га и показатель относительной активности растительного покрова Волжского района (без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения)  $\mu = (364 + 3272 + 5610 + 39\,274 + 1636 + 743) / 91\,386 = 0,557 < 0,618$ .

Значение коэффициента активности ниже золотой пропорции. Поэтому нужно превратить залежи в растительный покров, при этом активность возрастет до значения  $\mu = (50\,899 + 3965) / 91\,386 = 0,600$ . Таким образом, на территории Волжского района РМЭ природоохранными мерами можно добиться экологического равновесия через 12–15 лет.

По коэффициенту лесоаграрности получаем три значения активности растительного покрова:

- $k = 39\,274 / 26\,652 = 1,474$  при стихийном поведении залежей земель;
- $k = 39\,274 / (26\,652 + 3965) = 1,283$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (39\,274 + 3965) / 26\,652 = 1,622$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Лесистость Волжского района  $\zeta = 39\,274 / 91\,386 = 0,4298$ , т. е. 42,98%, распаханность  $\varsigma = 26\,652 / 91\,386 = 0,2916$ .

**Горномарийский район** – территория, расположенная на правом берегу реки Волги. Данные представлены в табл. 5.13.

По данным табл. 5.13 имеется 112 381 га растительного покрова при относительной его активности без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения  $\mu = 112\,381 / 197\,146 = 0,570 < 0,618$ .

Т а б л и ц а 5.12

Данные земельного кадастра по Волжскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	46 373	36 803	24 233	3 965	348	2 880	5 467	5 562	1 549	385
2	3 286	2 292	2 101	0	16	75	100	76	35	11
3	1 106	56	34	0	0	20	2	0	0	0
4	17 541	106	0	0	0	104	2	16 199	0	159
5	20 150	218	7	0	0	184	27	17 437	0	188
6	2 578	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	352	298	277	0	0	9	12	0	52	0
<b>Итого</b>	<b>91 386</b>	<b>39 863</b>	<b>26 652</b>	<b>3 965</b>	<b>364</b>	<b>3 272</b>	<b>5 610</b>	<b>39 274</b>	<b>1 636</b>	<b>743</b>

Т а б л и ц а 5.13

Данные земельного кадастра по Горномарийскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	65 012	51 702	38 658	0	387	1 315	11 342	9 461	1 057	140
2	5 520	4 423	2 542	0	408	1 015	458	76	0	0
3	1 702	33	32	0	0	0	1	46	36	0
4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	89 489	1 100	19	0	27	944	110	80 955	0	4 540
6	35 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	310	306	0	243	0	63	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>197 146</b>	<b>57 564</b>	<b>41 251</b>	<b>243</b>	<b>822</b>	<b>3 337</b>	<b>11 911</b>	<b>90 538</b>	<b>1 093</b>	<b>4 680</b>

Значение коэффициента активности ниже золотой пропорции. Однако преобразование залежей пашни в растительный покров дает небольшое увеличение до значения  $\mu = (112\,381 + 243) / 197\,146 = 0,571 < 0,618$ .

Для территории Горномарийского района РМЭ нужна республиканская программа природоохранных мер совместно с Чувашией. Только тогда можно будет добиться достижения территориального экологического равновесия.

По коэффициенту лесоаграрности были получены три значения активности растительного покрова:

- $k = 90\,538 / 41\,251 = 2,195$  при стихийном поведении залежей земель;
- $k = 90\,538 / (41\,251 + 243) = 2,182$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (90\,538 + 243) / 41\,251 = 2,201$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи по площади малозначимы, при этом они находятся в землях запаса, а не в категории земель сельскохозяйственного назначения.

Лесистость Горномарийского района достаточно высока –  $\xi = 90\,538 / 197\,146 = 0,4592$ , т. е. 42,98%, а распаханность сельского района  $\varsigma = 41\,251 / 197\,146 = 0,2092$ .

**Звениговский район** – территория, расположенная на левом берегу реки Волги. Данные представлены в табл. 5.14.

По данным табл. 5.14 имеется 227 056 га растительного покрова при относительной его активности без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения  $\mu = 227\,056 / 274\,878 = 0,826 \gg 0,618$ .

Значение коэффициента активности значительно выше золотой пропорции. Залежей пашни и земель запаса нет, что указывает на хорошую работу в сельском хозяйстве и качественную разработку земельного кадастра.

По коэффициенту лесоаграрности было получено значение активности растительного покрова  $k = 207\,765 / 24\,629 = 8,436$ .

Лесистость территории Звениговского района РМЭ  $\xi = 207\,765 / 274\,878 = 0,7558$ , распаханность земель  $\varsigma = 24\,629 / 274\,878 = 0,0896$ . Территория этого района имеет достаточное устойчивое на далекое будущее экологическое равновесие по площади. Далее нужно оценить ее экологическое качество для проживания людей, животных и растений.

**Килемарский район.** Эта наиболее крупная из всех 14 административных районов субъекта Федерации территория, расположенная на северо-западе РМЭ. Данные представлены в табл. 5.15.

Этот сельский район имеет еще не самые крупные по площади брошенные земли сельскохозяйственного назначения. То есть сельские отходы находятся непосредственно в первой фазе сельского производства.

По данным табл. 5.15 имеется 272 104 га растительного покрова при относительной его активности без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения  $\mu = 272\,104 / 309\,889 = 0,878 \gg 0,618$ .

Т а б л и ц а 5.14

Данные земельного кадастра по Звениговскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	41 796	29 719	22 072	0	632	3 101	3 914	7 523	1 787	323
2	5 451	2 967	2 344	0	178	218	227	558	14	15
3	17 377	107	27	0	0	50	30	15 456	0	71
4	13 408	265	26	0	0	226	13	11 782	0	55
5	191 707	1 623	160	0	0	1 159	304	172 433	0	6 922
6	5 106	7	0	0	0	7	0	0	30	0
7	33	8	0	0	0	8	0	13	0	7
<b>Итого</b>	<b>274 878</b>	<b>34 696</b>	<b>24 629</b>	<b>0</b>	<b>810</b>	<b>4 769</b>	<b>4 488</b>	<b>207 765</b>	<b>1 831</b>	<b>7 393</b>

Т а б л и ц а 5.15

Данные земельного кадастра по Килемарскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	29 455	15 922	3 402	9 324	60	1 615	1 521	10 765	1 449	138
2	4 313	2 522	1 555	0	12	866	89	1029	29	6
3	633	4	0	0	4	0	0	9	0	0
4	6 577	94	0	0	0	58	36	6 205	0	12
5	257 909	2 333	79	0	0	1 634	620	238 052	0	7 812
6	10 901	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	101	100	98	0	0	2	0	1	0	0
<b>Итого</b>	<b>309 889</b>	<b>20 975</b>	<b>5 134</b>	<b>9 324</b>	<b>76</b>	<b>4 175</b>	<b>2 266</b>	<b>256 141</b>	<b>1 478</b>	<b>7 968</b>

Значение коэффициента активности значительно выше золотой пропорции. Поэтому этот сельский район имеет прекрасное долгое будущее по устойчивости территориального экологического равновесия. Однако пока неясны перспективы по компонентному экологическому равновесию, в особенности в водосборном бассейне реки Ветлуга.

Преобразование залежей пашни в растительный покров возможно только в виде сенокосов и лесных насаждений. Это даст увеличение активности до  $\mu = (272\ 104 + 9324) / 309\ 889 = 0,908$ . Только 10% территории Килемарского района имеет антропогенным образом преобразованные земли. Однако с учетом подтопления от Чебоксарского водохранилища антропогенное влияние значительно больше. Поэтому экосистемы будут и дальше менять свой видовой состав растительности в течение последующих 150–200 лет по процессам сукцессии лесов.

Для территории Килемарского района нужна республиканская программа природоохранных мер, в особенности природозащитных мер от Чебоксарского водохранилища, и только тогда можно будет добиться достижения территориального и компонентного экологического качества территории для рекреационного освоения.

По коэффициенту лесоаграрности были получены три значения активности растительного покрова:

- $k = 256\ 141 / 5134 = 49,891$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;
- $k = 256\ 141 / (5134 + 9324) = 17,716$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;
- $k = (256\ 141 + 9324) / 5134 = 51,707$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи по площади высоко значимы; они находятся в категории земель сельскохозяйственного назначения.

Лесистость Килемарского района  $\zeta = 256\ 141 / 309\ 889 = 0,8266$ , распаханность  $\varsigma = 5134 / 309\ 889 = 0,0166$ .

## 5.6. Экологическая активность малоосвоенных земель

На территории РМЭ находится только один сельский район из данной классификационной группы<sup>10</sup>.

**Юринский район.** Данные по этой территории приведены в табл. 5.16.

Отличительной характеристикой сельского района являются три основных свойства земель:

а) площадь категории земель запаса внушительна, причем почти половину занимают брошенные в сельском хозяйстве земельные участки;

---

<sup>10</sup> Если бы рассматривали популяции административных образований субъектов Российской Федерации вокруг Чебоксарского водохранилища, то эта группа была бы значительной по составу и параметрам численности земельных участков.

Т а б л и ц а 5.16

Данные земельного кадастра по Юринскому району РМЭ на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	19 625	8 857	3 132	1 778	0	2 447	1 500	7 036	1 220	501
2	3 720	2 108	1 686	0	25	161	236	99	576	74
3	443	50	15	0	0	10	25	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	163 440	1 884	55	0	0	1 720	109	148 268	0	8 299
6	13 729	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3 058	2952	0	2 332	0	201	419	60	0	0
<b>Итого</b>	<b>204 015</b>	<b>15 851</b>	<b>4 888</b>	<b>4 110</b>	<b>25</b>	<b>4 539</b>	<b>2 289</b>	<b>155 463</b>	<b>1 796</b>	<b>8 874</b>

б) территория богата болотами, и это становится стратегическим экологическим резервом рационального природопользования и достижения компонентного равновесия животного и растительного мира;

в) площадь пойменных сенокосов и пастбищ значительна.

По данным табл. 5.16 на территории Юринского района находится 162 986 га растительного покрова. Тогда относительная его активность без учета залежей земель сельскохозяйственного назначения  $\mu = 162\,986 / 204\,015 = 0,799 \gg 0,618$ .

Значение коэффициента активности выше золотой пропорции, поэтому этот сельский район определен рекреационной зоной всего Среднего Поволжья неслучайно. Преобразование залежей пашни в растительный покров в виде дополнительных сенокосов и лесных насаждений даст увеличение коэффициента активности растительного покрова до уровня  $\mu = (162\,986 + 4110) / 204\,015 = 0,819 \gg 0,618$ . Таких преобразований залежных земель будет достаточно.

По коэффициенту лесоаграрности были вычислены следующие значения активности растительного покрова:

- $k = 155\,463 / 4888 = 31,805$  при стихийном поведении людей по сохранению залежей земель;

- $k = 155\,463 / (4888 + 4110) = 17,278$  с учетом в пашне будущего залежных земель сельскохозяйственного назначения;

- $k = (155\,463 + 4110) / 4888 = 32,646$ , если залежи будут преобразованы в элементы растительного покрова.

Из этих данных видно, что залежи для этой территории незначительно меняют коэффициент лесоаграрности, поэтому нужно только вовремя проводить мероприятия по природоохранному обустройству территории административного района. Из-за влияния Чебоксарского водохранилища почти вся площадь лесного фонда попадает под сукцессионную смену древесных пород в результате резкого повышения уровня грунтовых вод. Поэтому необходима долгосрочная (на 30–50 лет) республиканская программа сукцессионного роста и развития растительного покрова Юринского и Килемарского районов. Иначе придется ждать 100–150 лет, пока не произойдет отмирание существующих лесов и в последующем замена их на адаптивные к высокому уровню грунтовых вод древостой.

Лесистость Юринского района  $\xi = 155\,463 / 204\,015 = 0,7620$ , распаханность земель  $\varsigma = 4888 / 204\,015 = 0,0240$ .

## 5.7. Экологическая активность города

На территории РМЭ находятся три города: столица Йошкар-Ола, г. Волжск и Козьмодемьянск. Методика анализа экологического состояния по активности растительного покрова для этих городов применяется без изменения, т. е. так же, как и для сельских районов. Урбанизация как природно-

антропогенный процесс выявляется разницей между параметрами «срезов» времени.

**Йошкар-Ола.** Исходные данные земельного кадастра по состоянию на 01.01.2007 г. приведены в табл. 5.17.

Отличительной характеристикой всех городов является отсутствие залежей земель как сельскохозяйственных отходов. При этом г. Йошкар-Ола уникален следующими основными свойствами земель:

а) имеются болота, которые являются наиболее богатыми экосистемами. Их наличие показывает экологическую грамотность, причем как городского населения, так и городской администрации;

б) территория богата лесным фондом в черте города, и древостои становятся успешными очистителями воздуха и молчаливыми потребителями углекислого газа;

в) значительна площадь сенокосов и пастбищ, так как по городским окраинам люди держат крупный рогатый скот;

г) более четверти земель приходится на пашни, которые со временем следует превратить в растительный покров в виде садов и других многолетних насаждений.

К негативным факторам следует отнести бесшабашное увеличение в 2007 г. асфальтовых тротуаров за счет снижения растительного покрова.

По данным табл. 5.17 на территории г. Йошкар-Ола находится 2455 га растительного покрова при относительной его активности  $\mu = 2455 / 9451 = 0,260 \lll 0,618$ .

Нам представляется, что требование золотой пропорции площади растительного покрова сохранится и для урбанизированных территорий. Например, в Токио, где отсутствуют зеленые насаждения, давно придумали осваивать растительным покровом крыши домов. В городах Германии зеленый покров расширяют за счет озеленения мостов и тротуаров клумбами. Поэтому в зависимости от обустройства плоских крыш зданий, в особенности промышленного назначения, площадь растительного покрова вполне может достичь доли, равной золотой пропорции от территории города. Но требования к компонентному экологическому равновесию на городской территории резко возрастают, так как не всякий биологический вид растений может проживать спокойно, бок о бок, рядом с людьми.

Значение коэффициента активности растительного покрова Йошкар-Олы, хотя он и заслуженно до 2005 г. считался зеленым городом, все же значительно ниже золотой пропорции.

Преобразование пашни в растительный покров в виде дополнительных сенокосов, лесных насаждений, парков, плодовых и ягодных садов даст увеличение коэффициента активности растительного покрова до уровня  $\mu = (2455 + 2499) / 9451 = 0,524 < 0,618$ . Следующей мерой природоохранного обустройства города станет уменьшение ширины пешеходных тротуаров (экономический эффект от снижения расходов строительных материалов). Необходимо также всячески снижать площади под места парковки автомобилей, создавая их многоэтажными.

Т а б л и ц а 5.17

Данные земельного кадастра по г. Йошкар-Ола на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	2 712	2 381	2 030	0	0	105	246	0	89	0
2	5 821	1 392	468	0	625	286	13	685	70	8
3	571	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	347	11	1	0	0	10	0	317	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>9 451</b>	<b>3 784</b>	<b>2 499</b>	<b>0</b>	<b>625</b>	<b>401</b>	<b>259</b>	<b>1 002</b>	<b>159</b>	<b>9</b>

Эти меры необходимо выполнить с целью увеличения ширины придорожных древесных полос вдоль улиц и развития цветоводства на переносных и стационарных клумбах вместо асфальтовых пространств городских площадей и улиц. Таких преобразований снижением асфальтированных земель в Йошкар-Оле вполне будет достаточно. Чтобы добиться золотой пропорции, необходимо будет выделить дополнительно площадь под растительный покров  $0,618 \times 9451 - 2455 - 2499 = 887$  га из второй категории земельных участков, т. е. из земель поселений.

По коэффициенту лесоаграрности было получено значение активности растительного покрова  $k = 1002 / 2499 = 0,401$ . По этому параметру г. Йошкар-Ола выглядит даже лучше (экологически равновеснее) по сравнению с сельским Сернурским районом.

Лесистость Йошкар-Олы  $\xi = 1002 / 9451 = 0,1060$ , распаханность земель пока составляет  $\zeta = 2499 / 9451 = 0,2644$ . По сути, территориально этот город является аграрно-промышленным конгломератом.

**Волжск** расположен на левом берегу реки Волги. Кадастровые данные по площади земельных участков г. Волжска представлены в табл. 5.18.

Этот город советских времен стал бурно развиваться после строительства Марийского целлюлозно-бумажного комбината в 1938 г. Поэтому здесь сформировался в основном промышленный уклад жизни городского населения. Сельское хозяйство не смогло развиваться, прежде всего, из-за неплодородной почвы в виде песчаных отложений Волги по мере продвижения за тысячелетия ее берегов на юг.

По данным табл. 5.18 на территории г. Волжска находится 533 га растительного покрова с относительной его активностью  $\mu = 533 / 2899 = 0,184 \lll 0,618$ .

Здесь всего одна категория земель – земли населенных пунктов, поэтому активность растительного покрова можно повысить только за счет ликвидации пашни (по мере замены частных домов многоэтажными домами), а также озеленения тротуаров и домов, включая их крыши. За счет пашни активность растительного покрова увеличится до уровня  $\mu = (533 + 235) / 2899 = 0,265 \lll 0,618$ . Таким образом, необходима коренная реконструкция города в виде звездной системы с включением лесных насаждений и садов между микрорайонами, чтобы достичь золотой пропорции растительного покрова.

По коэффициенту лесоаграрности получена активность растительного покрова  $k = 43 / 235 = 0,183$ . По этому параметру г. Волжск близок к сельскому Сернурскому району. Урбанизация за прошедшие 70 лет здесь оказалась на низком уровне, как по территориальному, так и по компонентному экологическому равновесию.

Лесистость Волжска  $\xi = 43 / 2899 = 0,0148$ , распаханность городских земель  $\zeta = 235 / 2899 = 0,0811$ .

**Козьмодемьянск** – малый старинный город, расположенный на правом крутом берегу реки Волги. Кадастровые данные по площади земельных участков представлены в табл. 5.19.

Т а б л и ц а 5.18

Данные земельного кадастра по г. Вожску на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно- кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2 899	635	235	0	400	0	0	43	42	48
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>2 899</b>	<b>635</b>	<b>235</b>	<b>0</b>	<b>400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>48</b>

Таблица 5.19

Данные земельного кадастра по г. Козьмодемьянску на 01.01.2007 г., га

Категория земель	Общая площадь	Всего с.-х. угодий	В том числе					Земли, покрытые лесом	Древесно-кустарниковая растительность	Болота
			пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы	пастбища			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1 341	481	406	0	69	1	5	82	128	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>1 341</b>	<b>481</b>	<b>406</b>	<b>0</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>82</b>	<b>128</b>	<b>0</b>

Здесь сформировался многоукладный стиль жизни. Промышленность развилась, но она не столь заметна, как в Волжске. Сельское хозяйство патриархальное и ценится, прежде всего, из-за плодородной почвы овражистых размывающихся берегов Волги по мере ее продвижения на юг.

По данным табл. 5.19 на территории г. Козьмодемьянска имеется 285 га растительного покрова с относительной его активностью  $\mu = 285 / 1341 = 0,213 \lll 0,618$ .

Здесь также всего одна категория земель – земли населенных пунктов, поэтому активность растительного покрова можно повысить только за счет ликвидации пашни (по мере замены частных домов многоэтажными домами). Озеленение территории города достаточное. За счет пашни активность растительного покрова увеличится до уровня  $\mu = (285 + 406) / 1341 = 0,515 < 0,618$ .

Таким образом, коренной реконструкции города не потребуется и он вполне заслуженно станет одним из исторических центров республики. При расширении площади города следует предусматривать размещение новых лесных массивов, парков и садов.

По активности растительного покрова г. Козьмодемьянск близок к Йошкар-Оле.

Коэффициент лесоаграрности для Козьмодемьянска (как характеристика активности растительного покрова)  $k = 82 / 406 = 0,202$ . Значение его находится на уровне коэффициента лесоаграрности СERNурского района и выше, чем в г. Волжске. Урбанизация за прошедшие два века здесь активно не проявилась, что показывает хорошие свойства консерватизма у людей в природоохранном обустройстве мест своего проживания.

Лесистость г. Козьмодемьянска  $\zeta = 82 / 1341 = 0,0611$ , распаханность городских земель  $\varsigma = 406 / 1341 = 0,3028$ . Эти значения свидетельствуют о том, что активность растительного покрова города почти в 4 раза выше, чем в г. Волжске.

## 5.8. Ранговое распределение административных образований

Ранговое распределение сельских районов и городов РМЭ по четырем коэффициентам приведено в табл. 5.20.

При этом ранжирование выполняется всегда по ухудшению влияния изучаемого показателя или параметра. Один и тот же ранг присваивается значениям  $r_\mu$  и  $r_k$ , если разница между ними не превышает 0,001. По рангам других параметров системы этого не происходит.

**Активность растительного покрова.** В зависимости от установленного ранга коэффициент активности растительного покрова изменяется (рис. 5.5) по формуле

$$\mu = 0,87233 \exp(-0,030549 r_\mu^{1,42556}). \quad (5.5)$$

Т а б л и ц а 5.20

## Ранговые распределения административных образований РМЭ

Административное образование субъекта Федерации	Коэффициенты активности растительного покрова по							
	активности		лесоаграрности		лесистости		распаханности	
	$\mu$	$r_\mu$	$k$	$r_k$	$\zeta$	$r_\zeta$	$\varsigma$	$r_\varsigma$
Республика Марий Эл	0,659	–	2,632	–	0,5586	–	0,2122	–
Волжский р-н	0,557	6	1,474	7	0,4298	7	0,2916	8
Горномарийский р-н	0,570	5	2,195	5	0,4592	6	0,2092	6
Звениговский р-н	0,826	1	8,436	2	0,7558	2	0,0896	3
Килемарский р-н	0,878	0	49,891	0	0,8266	0	0,0166	0
Куженерский р-н	0,420	11	0,678	9	0,3158	9	0,4655	13
Мари-Турекский р-н	0,461	9	0,689	8	0,3456	8	0,8909	16
Медведевский р-н	0,790	3	4,687	4	0,6838	3	0,1459	5
Моркинский р-н	0,769	4	5,634	3	0,6553	4	0,1163	4
Новоторьяльский р-н	0,274	12	0,343	12	0,1299	12	0,3789	11
Оршанский р-н	0,437	10	0,679	9	0,2902	10	0,4273	12
Параньгинский р-н	0,472	7	0,583	10	0,2820	11	0,4840	14
Сернурский р-н	0,261	13	0,222	13	0,1142	13	0,5138	15
Советский р-н	0,542	7	1,543	6	0,4754	5	0,3081	10
Юринский р-н	0,799	2	31,805	1	0,7620	1	0,0240	1
г. Йошкар-Ола	0,260	13	0,401	11	0,1060	14	0,2644	7
г. Волжск	0,184	15	0,183	15	0,0148	16	0,0811	2
г. Козьмодемьянск	0,213	14	0,202	14	0,0611	15	0,3028	9

Примечание:  $r$  – ранг, расположенный по ухудшению показателя, причем  $r = 0, 1, 2, \dots$

Как и для любой популяции животных или растений, формула показывает ранговое распределение по структуре биологической системы.

На рис. 5.5 видны небольшие колебания параметра территории, но они малозначимы. Поэтому тренд (5.5) может быть принят за статистическую

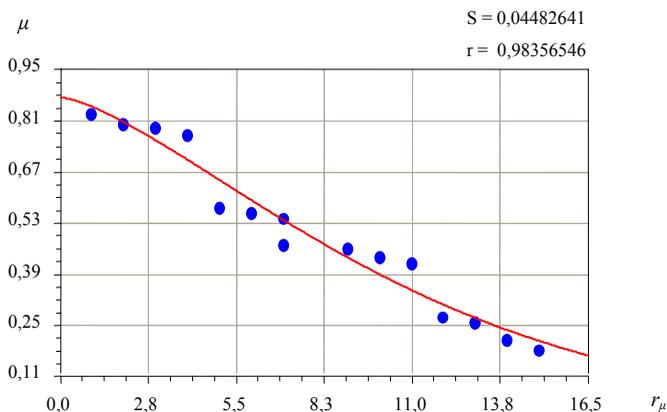


Рис. 5.5. Распределение коэффициента активности растительного покрова административных образований РМЭ по рангам

закономерность, показывающую распределение показателей особей в популяции животных и растений. Тогда за статистические выборки с глубоким экологическим содержанием мы условно принимаем не только экосистемные единицы, но и административные территории.

**Лесоаграрность территории.** Экологический показатель территории (рис. 5.6) имеет жесткие требования и характеризуется формулой

$$k = 50,3257 \exp(-0,51939 r_k^{1,45224}). \quad (5.6)$$

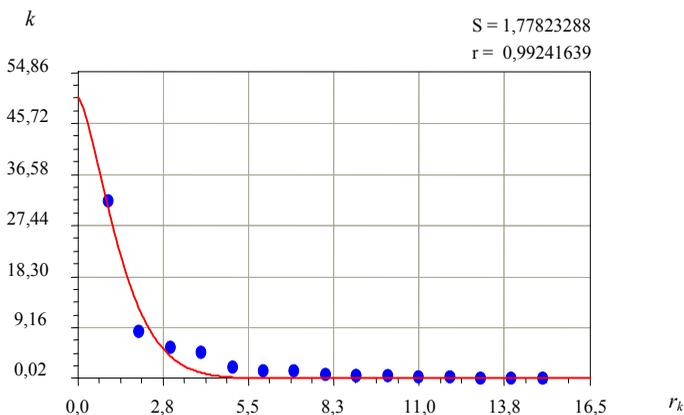


Рис. 5.6. Распределение коэффициента лесоаграрности территории административных образований РМЭ по рангам

На фоне всех резко выделяются первые пять рангов от 0 до 4-го. Сразу же заметим, что наиболее экологичным из 17 образований РМЭ является Килемарский район, имеющий по четырем параметрам нулевые ранги.

**Лесистость территории.** Людям надо научиться жить цивилизованно в лесных массивах. Этого достигли в передовых европейских и других странах, но в России, к сожалению, уничтожаются леса и распахиваются вместо них пашни. Менталитет здесь таков, что нужно еще по крайней мере 50–60 лет для достижения экологически ответственного поведения населения.

Из табл. 5.20 была получена закономерность (рис. 5.7) в виде формулы

$$\zeta = 0,80858 \exp(-0,028672 r_{\zeta}^{1,61510}). \quad (5.7)$$

Снова устойчивый закон гибели доминирует в распределении третьего показателя.

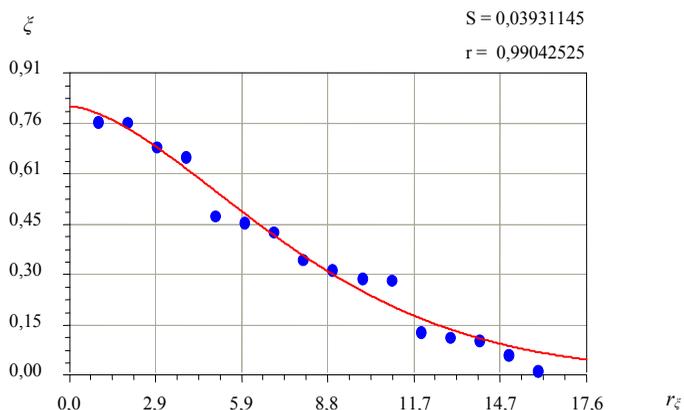


Рис. 5.7. Распределение коэффициента лесистости территории РМЭ по рангам

**Распаханность территории.** С возрастанием распаханности территории экологическое качество ее ухудшается. Поэтому ранги для этого параметра расставлены в обратном порядке в отличие от предыдущих, т. е. по возрастанию значений изучаемого показателя.

Рой точек статистической выборки приведен на рис. 5.8. Последняя точка резко поднимается вверх, отрываясь от общей группы. Это – чрезмерно распаханная территория Мари-Турекского сельского района. Ее распаханность почти в два раза выше распаханности Сернурского района. Поэтому крайнюю точку исключаем из группы.

Коэффициент распаханности территории изменяется по биотехническому закону (рис. 5.9) проф. П. М. Мазуркина в виде формулы

$$\zeta = 0,0166 + 0,018949 r_{\zeta}^{1,35872} \exp(-0,027981 r_{\zeta}^{0,98635}). \quad (5.8)$$

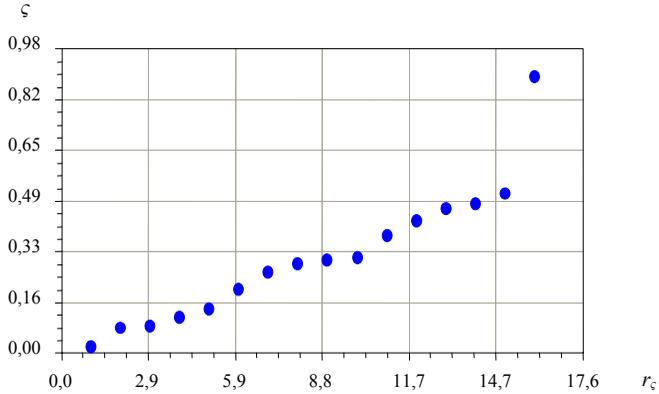


Рис. 5.8. Точечное распределение коэффициента распаханности территории РМЭ по рангам

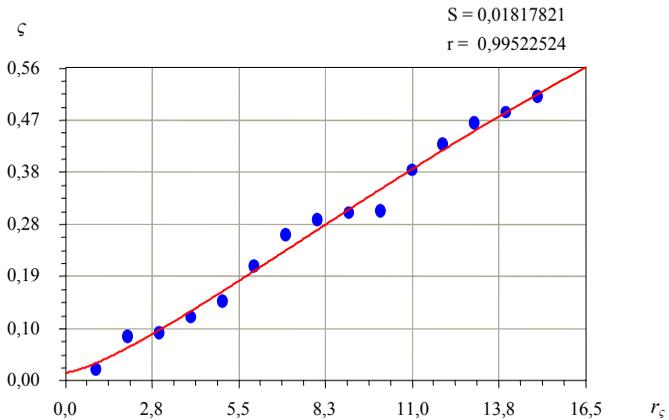


Рис. 5.9. Распределение коэффициента распаханности территории административных образований РМЭ по рангам

Первая составляющая является постоянным членом формулы (5.8), показывающим предысторию статистического ряда. Содержательный смысл числа 0,0166 по Килемарскому району состоит в том, что на территории, где постоянно проживают люди, распаханность не может быть ниже 1,66% от общей площади территории.

Вторая составляющая является биотехническим законом в полной конструктивной форме. По этой закономерности для территории РМЭ можно определить предельно возможное максимальное значение коэффициента распаханности  $\zeta_{\max} = 1,0000$  (т. е. 100% теоретически можно будет

достичь при значении объясняющей переменной  $r_{\zeta} = 52$ ). Однако фактически ранг распаханности по данным табл. 5.20 достигает только значения 16.

## 5.9. Экологичность территории

По совокупности принятых четырех параметров можно судить об экологичности, т. е. совокупности экологических свойств в целом, каждого административного образования. При этом напомним, что экологическая устойчивость территории РМЭ в целом достаточна высокая, так как волновая составляющая статистических закономерностей достаточно мала. Отношение волновых составляющих к первой составляющей в виде тренда нами определяется как *коэффициент приспособляемости*. Он показывает экологическую устойчивость территории. При этом сельские районы и города

Т а б л и ц а 5.21

Места административных образований по экологичности на территории РМЭ

Сельский район и город РМЭ	Ранги активности растительного покрова				Сумма рангов	Место по экологичности
	$r_{\mu}$	$r_k$	$r_{\xi}$	$r_{\zeta}$		
Волжский	6	7	7	8	28	6
Горномарийский	5	5	6	6	22	5
Звениговский	1	2	2	3	8	3
Килемарский	0	0	0	0	0	1
Куженерский	11	9	9	13	42	8
Мари-Турекский	9	8	8	16	41	7
Медведевский	3	4	3	5	15	4
Моркинский	4	3	4	4	15	4
Новоторъяльский	12	12	12	11	47	11
Оршанский	10	9	10	12	41	7
Параньгинский	7	10	11	14	42	8
Сернурский	13	13	13	15	52	<b>13</b>
Советский	7	6	5	10	28	6
Юринский	2	1	1	1	5	2
г. Йошкар-Ола	13	11	14	7	45	10
г. Волжск	15	15	16	2	48	12
г. Козьмодемьянск	14	14	7	9	44	9

по своим параметрам активности растительного покрова и распаханности территории находятся на разных условных расстояниях от территориального экологического равновесия, равного золотой пропорции.

Экологичность территории можно оценивать различными способами, однако простейшим из них является определение места  $I$  по сумме рангов  $r$  всех учтенных выше показателей  $\mu, k, \xi, \zeta$ .

Сводные данные по всем четырем рангам приведены в табл. 5.21.

По данным табл. 5.21 первое место по экологичности территории занимает Килемарский сельский район, а на последнем 13-м – находится Сернурский сельский район.

## 5.10. Выводы

Сельские районы и городские территории можно оценивать по активности растительного покрова и трем критериям – коэффициентам лесоаграрности, лесистости и распаханности территории. Ранговые распределения всех четырех критериев позволяют дать общую экологическую оценку и обосновать рейтинговые места по убыванию суммы рангов. Эти рейтинговые места определяют экологичность как городской, так и сельской территории. А необходимость достижения коэффициента лесоаграрности золотой пропорции 0,618 позволяет наметить основные положения территориальных программ природоохранного обустройства территорий у различных административных образований.

Группировку сельских районов и городов можно выполнить из их общего множества по статистическим закономерностям изменения площади земель сельскохозяйственного назначения в зависимости от общей площади административного образования. На примере РМЭ была показана методика группировки по аграрной освоенности территорий.

## 6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПО СЕЛЬСКИМ РАЙОНАМ

Закономерности рангового распределения территорий и земельных участков позволяют проводить тщательный анализ не только показателей активности растительного покрова, но и интенсивности.

В данной главе приведены три методики:

1) сравнение сельских районов по урожайности травяного покрова естественных сенокосов (по состоянию на 1975 г.);

2) сравнение распределения по сельским районам земель сельскохозяйственного назначения по годам (1975, 2004 и 2007 гг.);

3) анализ экологичности сельских территорий по двум подсистемам геотриады «ландшафт (территория) – население (люди и крупный рогатый скот) – хозяйство (сельское)» без взаимной их увязки.

### 6.1. Распределение земель по интенсивности травяного покрова

Из всего растительного покрова по интенсивности биологического продуцирования выделяется травяной покров, который имеет более высокую ежегодную продуктивность даже по сравнению с лесными земельными участками в средней зоне европейской части России.

Распределение, например административных районов РМЭ, выполняется по рангам  $r = 1, 2, 3, \dots$  по мере убывания значений по урожайности сена с естественных сенокосов.

Затем этот ранг становится объясняющей переменной, относительно которой реализуется идентификация биотехнического закона и его фрагментов, а также конструкций в виде вейвлет-функций проф. П. М. Мазуркина с волновыми компонентами.

К сожалению, из статистических сборников разных лет по РМЭ удалось найти выборку только за 1975 г. Этот факт указывает на то, что понимание у чиновников роли естественного травяного покрова оставляет желать лучшего.

Все 14 районов Республики Марий Эл имеют закономерность (рис. 6.1) по формуле распределения урожайности сена (данные в табл. 6.1) с естественных сенокосов:

$$q = 15,0394 \exp(-0,21802r^{0,69670}) - 6,2071 \cdot 10^{-9} r^{8,24823} \cos(\pi r / 5,28450 + 4,06118), \quad (6.1)$$

где  $q$  – урожайность сена с естественных сенокосов, ц/га;  $r$  – ранг при ряде (предпорядке предпочтения)  $r = 1, 2, 3, \dots$ , причем ранги присваиваются по убыванию урожайности сена.

S = 0,22626166

r = 0,99849655

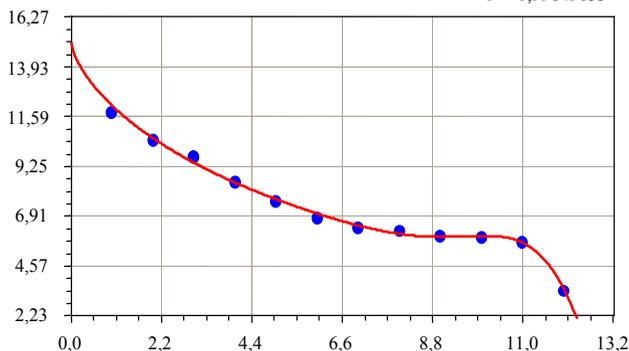


Рис. 6.1. Ранговое распределение урожайности сена (ц/га) с естественных сенокосов РМЭ

Первая составляющая уравнения (6.1) является естественной закономерностью в виде устойчивого экспоненциального закона гибели. Вторая показывает ранговое возмущение административных образований, т. е. условной популяции преобразованных человеком природных объектов. Поэтому эта часть модели характеризует антропогенное воздействие на естественные сенокосы через изменение показателя урожайности травяного покрова.

По амплитуде это волновое возмущение для травяного покрова является кризисным (отрицательный знак перед второй составляющей). Физически колебание показывает *нестабильность поведения* естественных сенокосов в различных сельских районах, причем как *кризисную структурную нестабильность*. Если бы знак перед второй составляющей был положительным, то поведение сенокосов в данный срез времени оценивалось бы как *адаптивная структурная нестабильность*.

Адекватность готовой статистической модели оценивается по методике, приведенной в разделах 3.3 и 3.4.

**Критерий неустойчивости**  $K_u$  травяного покрова оценивается коэффициентом приспособляемости травы к антропогенным нагрузкам и определяется как отношение второй составляющей формулы (6.1) к первой. Причем неустойчивость травы естественных сенокосов по сельским районам в 1975 г. была кризисной, а не адаптационной.

Таблица 6.1

## Фактические и расчетные значения урожайности сена

Сельский район РМЭ	Ранг $r$	Фактическое значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения			Составляющие		Неустойчивость $K_U$
			$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$ , ц/га	$q_2$ , ц/га	
Волжский	11	5,7	5,65	0,052	0,90	4,720	-0,928	-0,197
Горномарийский	7	6,4	6,48	-0,076	-1,19	6,455	-0,021	-0,003
Звениговский	10	5,9	6,00	-0,104	-1,75	5,085	-0,919	-0,181
Килемарский	0	15,1	15,04	0,061	0,40	<b>15,039</b>	0,000	0,000
Куженерский	8	6,1	6,09	0,013	0,21	5,944	-0,143	-0,024
Мари-Турекский	9	6,0	5,95	0,049	0,81	5,490	-0,461	-0,084
Медведевский	1	11,8	12,09	-0,293	-2,49	12,093	0,000	0,000
Моркинский	12	3,4	3,41	-0,010	-0,30	4,390	<b>0,980</b>	<b>0,223</b>
Новоторьяльский	6	6,8	7,03	-0,232	-3,41	7,036	0,004	0,001
Оршанский	2	10,5	10,56	-0,062	-0,60	10,562	0,000	0,000
Параньгинский	3	9,7	9,41	0,288	2,97	9,412	0,000	0,000
Сернурский	4	8,5	8,48	0,019	0,22	8,482	0,001	0,000
Советский	3	9,7	9,41	0,288	2,97	9,412	0,000	0,000
Юринский	5	7,6	7,70	-0,100	-1,32	7,703	0,003	0,000

Примечание: Здесь и далее в гл. 6.

$\hat{q}$  – фактические значения урожайности сена, ц/га;  $q$  – расчетные по готовой статистической модели (6.1) значения средней урожайности сена со всех сенокосов сельских районов РМЭ;  $\varepsilon$  – остатки, вычисляемые по формуле  $\varepsilon = \hat{q} - q$ , т. е. абсолютная погрешность как разница между фактическими и расчетными значениями изучаемого показателя;  $\Delta$  – относительная погрешность, вычисляемая из математического соотношения  $\Delta = 100\varepsilon / \hat{q}$ , %.

Результаты расчетов по составляющим формулы (6.1) и ее адекватности статистической выборке приведены в табл. 6.1. По этим данным максимальная относительная погрешность статистической модели равна по абсолютной величине 3,41%. Тогда доверие к формуле (6.1) будет не ниже 96,59%.

Максимально кризисно неустойчивым является Моркинский сельский район. У него коэффициент приспособляемости, т. е. коэффициент неустойчивости внутри популяции районов, равен 0,223. Этот кризис в 1975 г. случился по неизвестной нам причине. В результате при расчетном значении урожайности сена 4,39 ц/га произошло снижение на 0,98 ц/га, и поэтому по модели (6.1) урожайность сена с естественных сенокосов Моркинского района составила всего 3,41 ц/га. При этом относительная погрешность теоретического результата равна 0,30%.

В структуре 14 сельских районов РМЭ адаптивно неустойчивыми в 1975 г. были Волжский, Звениговский, Мари-Турекский сельские районы и относительно неустойчивым – Куженерский. Остальные районы были нейтральны.

## 6.2. Сравнение годичных распределений земель

Для изучения структурной динамики по сельским районам недостаточно статистических данных. Поэтому далее приведено сравнение по трем годам: 1975 (устойчивое советское время), 2004 (этап пересмотра земельного кадастра) и 2007 г. (уточнение земельного кадастра).

В табл. 6.2 представлено распределение земель сельскохозяйственного назначения для производства сельхозпродукции.

За 32 года по РМЭ произошло значительное уменьшение площадей сельскохозяйственных земель (на  $100 \times 96,2 / 844,659 = 11,39\%$ ) и всех сельскохозяйственных угодий (на 5,75%). Среднегодовые потери земель составили соответственно  $96\ 200 / 32 = 3006,3$  и  $1300,0$  га.

В табл. 6.3 приведены распределения земель пашни (сильно измененные человеком ландшафты), а также сенокосов и пастбищ (естественные ландшафты с травяным покровом с незначительным антропогенным изменением ландшафта).

До 2000 г. залежи и многолетние насаждения в структуре всех сельскохозяйственных угодий не выделялись. При этом многолетние насаждения в сельском хозяйстве РМЭ и ее сельских районов относительно малы. А их экологическое качество оставляет желать лучшего.

Поэтому коэффициент лесоаграрности как характеристику межкатегорийных отношений в земельном кадастре для общей площади земель сельскохозяйственного назначения следует заменить на аналогичный по смыслу показатель – *коэффициент лугоаграрности*.

Он будет равен отношению площади лугов и пастбищ к площади пашни на данной сельскохозяйственной территории.

Таблица 6.2

Распределение земель для производства сельхозпродукции по РМЭ, тыс. га

Сельский район и город РМЭ	Общая площадь сельскохозяйственных земель			$\Delta S_1$	Все сельскохозяйственные угодья			$\Delta S_2$
	1975	2004	2007		1975	2004	2007	
РМЭ в целом	940,9	884,61	844,659	-96,2	764,7	747,39	723,082	-41,6
Волжский	50,3	49,63	45,001	-5,3	37,7	39,89	37,033	-0,7
Горномарийский	104,3	69,91	67,330	-37,0	74,2	56,62	56,703	-17,5
Звениговский	43,1	43,97	43,985	0,9	28,9	32,66	32,686	3,8
Килемарский	21,0	32,20	31,119	10,1	11,9	19,27	17,917	6,0
Куженерский	60,1	56,80	58,890	-1,2	52,7	51,20	52,471	-0,2
Мари-Турекский	104,1	103,56	103,357	-0,7	91,8	91,71	91,904	0,1
Медведевский	72,6	71,21	62,809	-9,8	59,2	60,18	56,434	-2,8
Моркинский	79,7	79,32	78,636	-1,1	59,5	62,99	63,028	3,5
Новоторъяльский	84,2	80,38	67,116	-17,1	74,2	72,08	62,364	-11,8
Оршанский	66,3	61,14	56,559	-9,7	57,1	52,69	48,684	-8,4
Параньгинский	52,9	58,10	58,025	5,1	46,2	52,09	52,052	5,9
Сернурский	100,9	81,70	78,578	-22,3	91,8	77,44	76,305	-15,5
Советский	71,1	70,40	65,346	-5,8	61,8	63,89	60,089	-1,7
Юринский	30,3	21,80	21,828	-8,5	17,7	10,90	10,844	-6,9
г. Йошкар-Ола	–	–	4,206	–	–	–	3,773	–
г. Волжск	–	–	0,779	–	–	–	0,636	–
г. Козьмодемьянск	–	–	0,579	–	–	–	0,481	–

Таблица 6.3

Распределение измененных человеком и естественных земель по РМЭ, тыс. га

Сельский район и город РМЭ	Пашни			$\Delta S_3$	Сенокосы и пастбища			$\Delta S_4$
	1975	2004	2007		1975	2004	2007	
РМЭ в целом	629,7	559,773	486,288	-143,4	133,7	143,846	151,022	17,3
Волжский	30,2	27,684	24,057	-6,1	7,4	8,824	8,636	1,2
Горномарийский	48,2	41,620	41,195	-7,0	25,7	14,135	14,109	-11,6
Звениговский	22,3	24,434	24,416	2,1	6,4	7,445	7,460	1,1
Килемарский	9,3	10,847	4,284	-5,0	2,6	4,101	4,060	1,6
Куженерский	44,9	39,432	39,664	-5,2	7,7	7,520	7,700	0,0
Мари-Турекский	82,5	79,247	76,252	-6,2	9,3	12,313	15,597	6,3
Медведевский	47,4	42,666	37,046	-45,1	11,2	13,867	15,672	4,5
Моркинский	50,6	39,845	26,324	-24,3	8,9	20,741	20,760	11,9
Новоторъяльский	63,1	49,845	34,615	-28,5	11,1	10,944	8,867	-2,2
Оршанский	47,9	42,941	37,181	-10,7	9,2	7,323	8,561	-0,6
Параньгинский	40,9	39,754	38,319	-2,6	5,2	12,161	13,563	8,4
Сернурский	78,8	57,157	52,435	-26,4	13,0	11,888	11,958	-1,0
Советский	54,8	56,028	42,818	-12,0	7,1	7,576	8,077	1,0
Юринский	8,8	5,761	4,685	-4,1	8,9	4,358	4,350	-4,5
г. Йошкар-Ола	–	–	2,498	–	–	–	0,650	–
г. Волжск	–	–	0,235	–	–	–	0,000	–
г. Козьмодемьянск	–	–	0,406	–	–	–	0,481	–

Из данных табл. 6.3 видно, что пашни за 32 года сократились по республике на 29,49%, а площадь под сенокосами и пастбищами, наоборот, возросла на 11,46%.

Этот факт еще раз подтверждает общеизвестную закономерность того, что социально-экономический кризис улучшает показатель экологичности территории из-за меньшего антропогенного воздействия на природные ресурсы. Поэтому экологический и экономический кризисы взаимно противоположны до тех пор, пока люди не начнут подробно изучать долговременные природные процессы и процессы своей деятельности.

На основе этого изучения люди должны научиться рационализировать хозяйства всех отраслей природопользования, включая сельское хозяйство, и управлять собственным технологическим поведением при полном априорном соблюдении выявленных для данной территории экологических законов и закономерностей.

Разница в площадях по годам, т. е. прирост ( $\pm\Delta S$ ), вычисляется по выражению  $\Delta S = S_{2007} - S_{1975}$ . Из динамики параметра площади по годам можно выявить следующие показатели:

а) **средний прирост** площади земель за весь период учета в научном исследовании и предпроектном обосновании мероприятий природоохранного обустройства территорий;

б) **среднепериодический прирост** (прибавка или спад) площади, например, по пятилеткам или десятилеткам;

в) **текущий прирост** за каждый год, т. е. за каждый вегетационный цикл сельскохозяйственных растений;

г) **относительный средний прирост**, который вычисляется отношением среднего прироста к значению показателя за последний год учетного промежутка времени;

д) **относительный текущий прирост**, вычисляемый делением текущего прироста на значение показателя в данном году и др.

Все четыре показателя сведены в табл. 6.4. Здесь же приведены относительные приросты (спады и прибавки) значений площади.

Общая направленность показателей следующая:

- первые три показателя относительного прироста должны изменяться по закону гибели и лучше всего по критерию экологичности, а также отрицательных приростов (спадов) общей площади земель первой категории земельного кадастра, всех сельскохозяйственных угодий и в особенности пашни;

- четвертый показатель относительного прироста должен иметь закон экспоненциального роста и характеризоваться возрастающим ранжированием, так как прибавка сенокосов и пастбищ по площади является экологичным мероприятием.

В табл. 6.5 приведены результаты ранжирования.

Каждый ранг можно принять за объясняющую переменную. Тогда по сумме рангов  $\Sigma r$  оценивается место, занимаемое сельским районом, по

Т а б л и ц а 6.4

## Распределение приростов площади земель для сельского хозяйства по РМЭ

Сельский район РМЭ	Абсолютный прирост, тыс. га				Относительный прирост, %			
	$\Delta S_1$	$\Delta S_2$	$\Delta S_3$	$\Delta S_4$	$\Delta s_1$	$\Delta s_2$	$\Delta s_3$	$\Delta s_4$
РМЭ в целом	-96,2	-41,6	-143,4	17,3	-11,39	-5,75	-29,49	11,46
Волжский	-5,3	-0,7	-6,1	1,2	-11,78	-1,89	-25,36	13,90
Горномарийский	-37,0	-17,5	-7,0	-11,6	-54,95	-30,86	-16,99	-82,22
Звениговский	0,9	3,8	2,1	1,1	2,05	11,63	8,60	14,75
Килемарский	10,1	6,0	-5,0	1,6	32,46	33,49	-116,71	39,41
Куженерский	-1,2	-0,2	-5,2	0,0	-2,04	-0,38	-13,11	0,00
Мари-Турекский	-0,7	0,1	-6,2	6,3	-0,68	0,11	-8,13	40,39
Медведевский	-9,8	-2,8	-45,1	4,5	-15,60	-4,96	-121,74	28,71
Моркинский	-1,1	3,5	-24,3	11,9	-1,40	5,55	-92,31	57,32
Новоторъяльский	-17,1	-11,8	-28,5	-2,2	-25,48	-18,92	-82,33	-24,81
Оршанский	-9,7	-8,4	-10,7	-0,6	-17,15	-17,25	-28,78	-7,01
Параньгинский	5,1	5,9	-2,6	8,4	8,79	11,33	-6,79	61,93
Сернурский	-22,3	-15,5	-26,4	-1,0	-28,38	-20,31	-50,35	-8,36
Советский	-5,8	-1,7	-12,0	1,0	-8,88	-2,83	-28,03	12,38
Юринский	-8,5	-6,9	-4,1	-4,5	-38,94	-63,63	-87,51	-103,45

Т а б л и ц а 6.5

Ранжирование относительных приростов земель по площади, %

Сельский район РМЭ	Общая площадь		Все с.-х. угодия		Пашни		Сенокосы и пастбища		Экологичность	
	$\Delta s_1$	$r_1$	$\Delta s_2$	$r_2$	$\Delta s_3$	$r_3$	$\Delta s_4$	$r_4$	$\Sigma r$	Место
РМЭ в целом	-11,39	–	-5,75	–	-29,49	–	11,46	–	–	–
Волжский	-11,78	6	-1,89	7	-25,36	8	13,90	6	27	7
Горномарийский	<b>-54,95</b>	0	-30,86	1	-16,99	9	-82,22	12	22	5
Звениговский	2,05	11	11,63	12	8,60	13	14,75	5	41	12
Килемарский	32,46	13	33,49	13	-116,71	1	39,41	3	30	8
Куженерский	-2,04	8	-0,38	8	-13,11	10	0,00	8	34	10
Мари-Турекский	-0,68	10	0,11	9	-8,13	11	40,39	2	32	9
Медведевский	-15,60	5	-4,96	5	<b>-121,74</b>	0	28,71	4	14	1
Моркинский	-1,40	9	5,55	10	-92,31	2	57,32	1	22	5
Новоторъяльский	-25,48	3	-18,92	3	-82,33	4	-24,81	11	21	4
Оршанский	-17,15	4	-17,25	4	-28,78	6	-7,01	9	23	6
Параньгинский	8,79	12	11,33	11	-6,79	12	<b>61,93</b>	0	35	11
Сернурский	-28,38	2	-20,31	2	-50,35	5	-8,36	10	19	3
Советский	-8,88	7	-2,83	6	-28,03	7	12,38	7	27	7
Юринский	-38,94	1	<b>-63,63</b>	0	-87,51	3	-103,45	13	17	2

экологичности происшедших за 32 года изменений в площади различных видов земель. По критерию экологичности изменений в значениях площади земель сельскохозяйственного назначения первые три места занимают Медведевский, Юринский и Сернурский районы. На последних места по экологичности преобразований находятся Звениговский, Параньгинский и Куженерский сельские районы.

Относительные приросты общей площади земель сельскохозяйственного назначения по рангам экологичности сельских районов РМЭ (рис. 6.2) распределяются по формуле

$$\Delta s_1 = -54,8986 \exp(-0,34105r_1^{0,85150}) + 2,3310 \cdot 10^{-7} r_1^{7,29397}. \quad (6.2)$$

Все 14 сельских районов разделены на две части: первая часть ведет себя по убывающему отрицательному приросту, а вторая старается не только сохранить стиль землепользования советских времен, но и пытается по второй статистической закономерности показательного роста нарастить территорию под сельское хозяйство. Для вторых субъектов РМЭ необходима разъяснительная работа о природоохранном обустройстве территорий.

Как видно из графика на рис. 6.2, имеется некая средняя часть из всего множества сельских районов, которая просто выживает, находясь по относительному приросту около нулевой линии.

По показателю площади всех сельскохозяйственных угодий (рис. 6.3) наблюдается аналогичная картина по формуле

$$\Delta s_2 = -63,4076 \exp(-0,67381r_2^{0,67763}) + 2,4880 \cdot 10^{-5} r_2^{5,47334}. \quad (6.3)$$

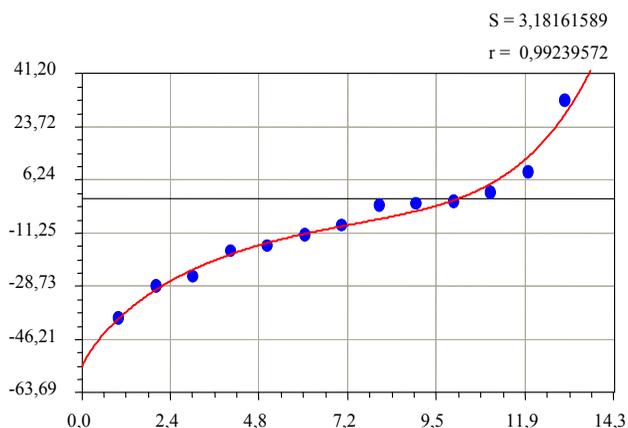


Рис. 6.2. Ранговое распределение относительного прироста (%) общей площади земель сельскохозяйственного назначения по сельским районам РМЭ

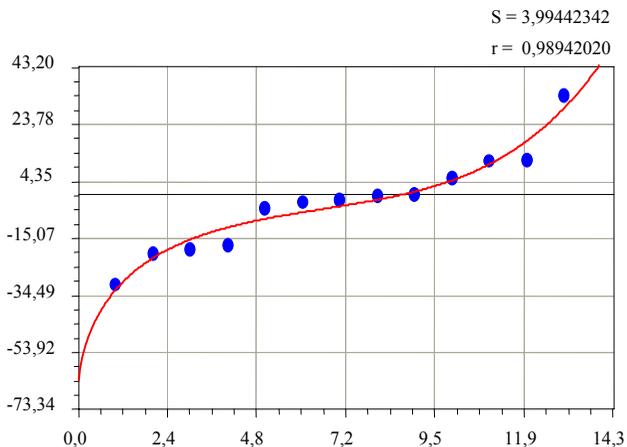


Рис. 6.3. Ранговое распределение относительного прироста (%) площади всех сельскохозяйственных угодий по сельским районам РМЭ

При постоянной конструкции статистической модели изменяется только характер поведения у некоторых субъектов РМЭ, т. е. они меняются рангами. Этот факт показывает, что люди, особенно специалисты сельского хозяйства, неодинаково относятся к тому или иному показателю площади. В особенности это заметно по отношению к пашне, а поведение сельских районов здесь очень значительное.

На рис. 6.4 приведен график рангового распределения относительных приростов по площади пашни в соответствии с формулой

$$\Delta s_3 = -122,3884 \exp(-0,069392 r_3^{1,53236}) + 4,9263 \cdot 10^{-6} r_3^{5,49766}. \quad (6.4)$$

Здесь только в Звениговском районе, имеющем малую распаханность территории, наблюдался положительный прирост площади пашни в сельском хозяйстве. Во всех остальных районах отмечалось снижение прироста.

Прирост площади сенокосов и пастбищ большинства районов (рис. 6.5) в экологическом направлении соответствует статистической закономерности

$$\Delta s_4 = 63,8957 \exp(-0,18597 r_4^{1,06919}) - 8,5031 \cdot 10^{-5} r_4^{5,48683}. \quad (6.5)$$

Знаки перед составляющими здесь поменялись, хотя конструкция модели та же. Первая составляющая показывает теперь закон гибели устремлений районов в повышении площади травяного покрова. До этого отрицательный знак означал кризис сельского хозяйства и спад долга у человека перед ландшафтами. Вторая составляющая формулы (6.5) указывает на

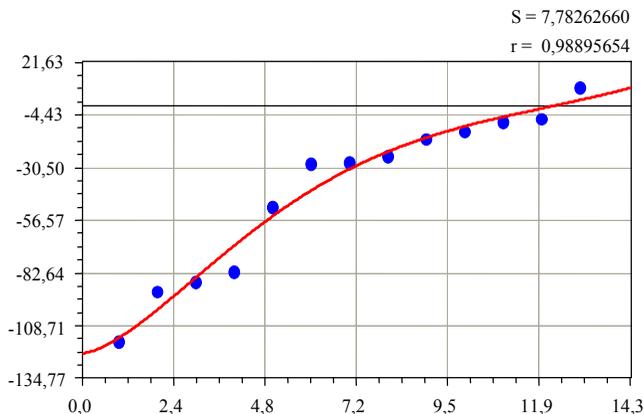


Рис. 6.4. Ранговое распределение относительного прироста (%) площади пашни по сельским районам РМЭ

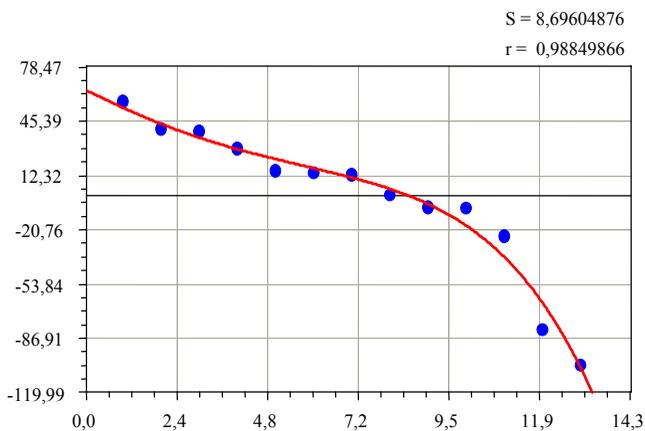


Рис. 6.5. Ранговое распределение относительного прироста (%) площади сенокосов и пастбищ по сельским районам РМЭ

кризис в поведении сельских районов, т. е. активное торможение роста площади травяного покрова.

Те районы, у которых вторая составляющая<sup>11</sup> значительна, придерживаются консервативных представлений о рациональном землепользовании. Таких сельских районов на территории РМЭ пять.

<sup>11</sup> Анализ по составляющим и коэффициенту приспособляемости в данном обзоре не рассматриваем.

### 6.3. Экологичность сельских территорий

Показатели, характеризующие наличие земель, находящихся у землепользователей, занимающихся производством сельхозпродукции, по состоянию на 01.01.2004 г., а также параметры населения по сельским районам РМЭ приведены в табл. 6.6. Полный анализ экологичности геотриады «ландшафт + население + хозяйство» требует также учета распределения видов хозяйств на территории.

Однако из-за отсутствия такого подробного земельного кадастра пока методика анализа экологичности показана на первых двух подсистемах геотриады.

В табл. 6.6 приведены две группы данных:

а) территория как упрощенное представление ландшафта, характеризуемая семью параметрами, условные обозначения которых приведены в нижней строке;

б) население (в широком смысле слова), характеризуемое тремя параметрами, из которых первый показывает численность населения (в узком понимании как численность людей), второй – численность крупного рогатого скота (КРС), а третий – численность мест популяционного проживания людей и КРС.

Каждый из 10 показателей был ранжирован по следующим направлениям изменений своих значений:

1) при убывании значений общей площади качество территории сельского района будет хуже не только по экологическим характеристикам. Поэтому принцип владения территорией, хорошо развитый в ходе долгой эволюции у всех животных и растений, а также у людей, – чем больше площадь сельского района, тем лучше;

2) общая площадь сельскохозяйственных земель (первая категория по земельному кадастру) с экологических позиций должна сокращаться, поэтому увеличение абсолютного значения площади сельхозугодий, а также пашни и залежей приводит к ухудшению экологических свойств территории из-за снижения активности растительного покрова;

3) повышение площади многолетних насаждений, а также площади травяного покрова в виде сенокосов и пастбищ значительно улучшает экологические свойства территории. А увеличение численности людей, КРС и сельских населенных пунктов (СНП) ухудшает их.

Таким образом, улучшение экологичности территории достигается при направленности ( $\uparrow$  – рост,  $\downarrow$  – спад) факторов  $S_{общ}$   $\uparrow$ ,  $S_{схв}$   $\downarrow$ ,  $S_{схв}$   $\downarrow$ ,  $S_{II}$   $\downarrow$ ,  $S_S$   $\downarrow$ ,  $S_{мл}$   $\uparrow$ ,  $S_{сн}$   $\uparrow$ ,  $N$   $\downarrow$ ,  $N_{крс}$   $\downarrow$ ,  $n_{снп}$   $\downarrow$ . Исходя из таких направленностей всех десяти векторов было выполнено присвоение мест районам от первого до четырнадцатого. При совпадении значений показателей двух и более сельских районов им дается один и тот же ранг (место).

В табл. 6.7 приведены ранги соответствующих показателей.

Таблица 6.6

Показатели земель, находящихся у землепользователей, по состоянию на 01.01.2004 г., тыс. га

Сельский район РМЭ	Ландшафт (территория)							Население		
	общая площадь	с.-х. земли	с.-х. угодья	в том числе				люди, тыс. чел.	КРС, тыс. гол.	сельские населенные пункты, шт
				пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы и пастбища			
РМЭ в целом	2 320	884,5	747,4	559,8	35,3	8,47	143,5	721,9	165,7	1 611
Волжский	90	49,6	39,9	27,7	2,6	0,76	8,8	23,8	8,9	74
Горномарийский	170	69,9	56,6	41,6	0,0	0,87	14,1	28,8	16,1	242
Звениговский	270	44,0	32,7	24,4	0,0	0,78	7,4	45,7	12,6	76
Килемарский	320	32,1	19,3	10,8	4,3	0,07	4,1	13,9	2,4	78
Куженерский	80	56,8	51,2	39,4	4,1	0,15	7,5	16,2	10,4	90
Мари-Турекский	150	103,6	91,7	79,2	0,0	0,15	12,3	24,9	15,7	119
Медведевский	280	71,2	60,2	42,7	0,0	3,64	13,9	53,8	18,7	138
Моркинский	230	79,3	62,9	39,8	2,1	0,25	20,7	34,9	15,9	150
Новоторъяльский	90	80,4	72,1	49,8	11,1	0,17	10,9	18,1	12,0	155
Оршанский	90	61,1	52,7	42,9	2,2	0,22	7,3	15,8	8,3	72
Параньгинский	80	58,1	52,1	39,8	0,0	0,17	12,2	17,6	11,1	51
Сернурский	100	81,7	77,4	57,2	8,1	0,28	11,9	25,1	13,9	152
Советский	140	70,4	63,9	56,0	0,0	0,29	7,6	30,8	17,1	139
Юринский	220	21,8	10,9	5,8	0,7	0,03	4,4	11,1	1,2	42
Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметр	$S_{\text{общ}}$	$S_{\text{СХЗ}}$	$S_{\text{СХУ}}$	$S_{\text{П}}$	$S_{\text{З}}$	$S_{\text{МН}}$	$S_{\text{СП}}$	$N$	$N_{\text{КРС}}$	$n_{\text{СПП}}$

Таблица 6.7

Ранги наличия земель, находящихся у землепользователей, по состоянию на 01.01.2004 г.

Сельский район РМЭ	Ландшафт (территория)							Население		
	общая площадь	с.-х. земли	с.-х. угодья	в том числе				люди, тыс. чел.	КРС, тыс. гол.	сельские населенные пункты, шт
				пашни	залежи	многолетние насаждения	сенокосы и пастбища			
Волжский	10	4	4	4	4	4	8	7	4	4
Горномарийский	6	8	8	8	0*	2	3	10	12	13
Звениговский	3	3	3	3	0	3	11	13	8	5
Килемарский	1	2	2	2	6	10	14	2	2	6
Куженерский	11	5	5	5	5	9	10	4	5	7
Мари-Турекский	7	14	14	14	0	9	4	8	10	8
Медведевский	2	10	9	9	0	1	2	14	14	9
Моркинский	4	11	10	7	2	6	1	12	11	10
Новоторьяльский	10	12	12	11	8	8	7	6	7	12
Оршанский	10	7	7	10	3	7	12	3	3	3
Параньгинский	11	6	6	6	0	8	5	5	6	2
Сернурский	9	13	13	13	7	5	6	9	9	11
Советский	8	9	11	12	0	5	9	11	13	9
Юринский	5	1	1	1	1	11	13	1	1	1
Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметр	$S_{общ.}$	$S_{СХЗ}$	$S_{СХУ}$	$S_{П}$	$S_{З}$	$S_{МН}$	$S_{СП}$	$N$	$N_{КРС}$	$n_{СПП}$

Примечание: \* из-за нулевых значений показателя ранг присваивается от нуля и выше.

При этом принимается условие, что суммарное значение показателя по всем членам популяции будет равно нулевому рангу [93]. Это позволяет проверить распределение по принципу «от целого к частям».

Однако такие функциональные связи отдельных субъектов с их общностью в данном обзоре не рассматриваются. Это требует специальных исследований различных территориальных сочетаний субъектов Российской Федерации.

## 6.4. Показатели сельских территорий

Структурная динамика сельских территорий может быть изучена по отдельным годам, если по каждому из них выполнить статистическое моделирование так, как это будет показано далее.

**Общая площадь территории сельских районов.** Для тех территорий, у которых экологические свойства улучшаются с ростом значений изучаемого показателя ( $S_{общ.}$ , тыс. км<sup>2</sup>), как правило, соблюдается устойчивый закон гибели (рис. 6.6) в виде экспоненциального уравнения

$$S_{общ.} = 3,30587 \exp(-0,046790r_1^{1,43792}). \quad (6.6)$$

Максимальная относительная погрешность равна 5,08%, поэтому доверие к тренду (6.6) составляет не менее 94,92%. На рис. 6.6 заметна небольшая волна по второй составляющей. Но она малозначима и поэтому ранговое распределение значений площади сельских районов РМЭ является рациональным.

**Общая площадь сельскохозяйственных земель.** По первой категории земельного кадастра РМЭ сельские районы распределяются (рис. 6.7)

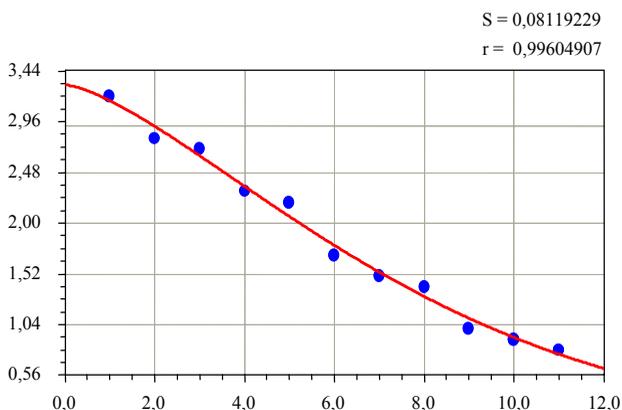


Рис. 6.6. Ранговое распределение общей площади территории сельских районов РМЭ

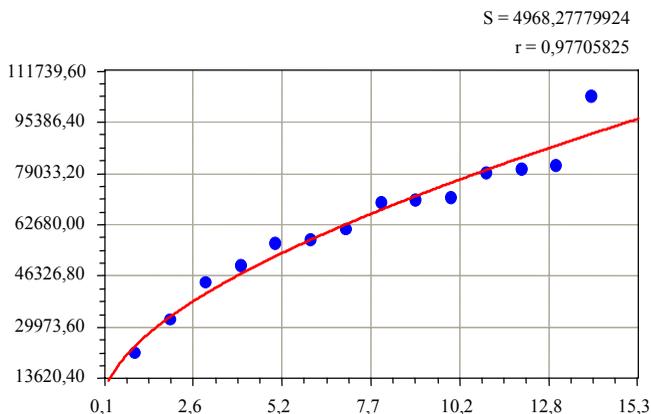


Рис. 6.7. Ранговое распределение общей площади сельскохозяйственных земель РМЭ

в соответствии с формулой экспоненциального роста ( $S_{CXZ}$ , га) по мере увеличения ранга, который был расставлен по ухудшению экологичности территории сельского района РМЭ

$$S_{CXZ} = 138,0693 \exp(5,17797r_2^{0,086118}). \quad (6.7)$$

Максимальная относительная погрешность (6.7) равна 12,32%. Это объясняется резким всплеском значения показателя для последнего по рангу Мари-Турекского сельского района.

**Площадь сельскохозяйственных угодий.** Этот показатель ( $S_{CXV}$ , га) изменяется (рис. 6.8) также по закону экспоненциального роста

$$S_{CXV} = 5,7368 \cdot 10^{-13} \exp(37,8387r_3^{0,016383}). \quad (6.8)$$

Сравнение двух формул (6.7) и (6.8) показывает, что при нулевом ранге общая площадь земель сельскохозяйственного назначения может быть для условного сельского района всего 138 га. Однако площадь сельскохозяйственных угодий при этом должна стремиться к нулю по модели (6.8). Тогда, по сравнению с первой категорией земельного кадастра, волновое возмущение распределения угодий по сельским районам значимее. Максимальная относительная погрешность достигает 42,73%.

**Площадь пашен.** Экспоненциальный закон роста (рис. 6.9) для показателя ( $S_{II}$ ,га) соблюдается по уравнению

$$S_{II} = 576,7211 \exp(0,33587r_4) + 4924,254r_4^{2,27033} \exp(-0,34960r_4). \quad (6.9)$$

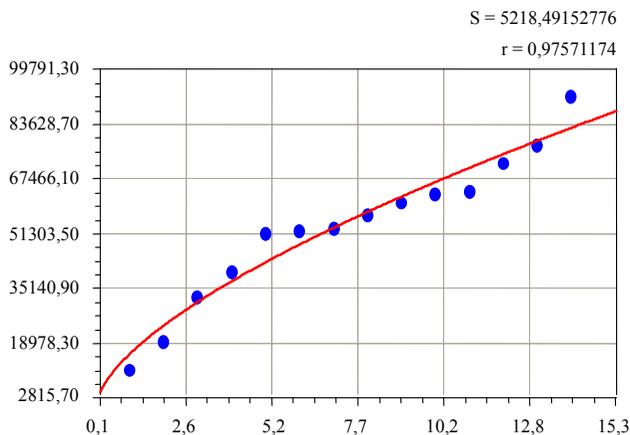


Рис. 6.8. Ранговое распределение площади сельскохозяйственных угодий

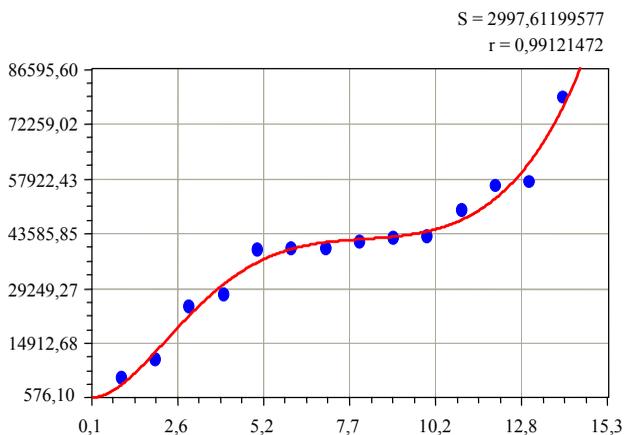


Рис. 6.9. Ранговое распределение площади пашни по сельским районам РМЭ

Формула (6.9) показывает, что кроме естественного роста по экспоненциальному закону, пашни получают стрессовое возбуждение по биотехническому закону. В этом видно стихийное поведение людей, старающихся максимизировать экстенсивное увеличение пашни.

Стрессовое возбуждение в 2004 г. было характерно для районов с рангами от 3 до 10-го (Советский, Новоторъяльский, Медведевский, Горномарийский, Куженерский, Волжский, Звениговский, Килемарский сельские районы).

**Площадь залежей.** Залежь является агрономическим термином. Залежь – это поле, которое после снятия урожая с него остается без обработки определенное число лет. В конце XIX в. было известно, что с залежью приходится иметь дело в переложной системе хозяйства в степях.

По определению В. И. Даля слово «залежь» понимается очень широко. «Залежь – что залегает, пласт горной породы, торфа. Завал, лежалый, залежалый, залёжный товар – все, что долго пролежало на месте или от лежалости попортилось. Что залегло, заглохло: выпашь, залог, перелог, поле, покинутое по истощении почвы» [36, с. 260].

Из-за экономического кризиса пашни не удобрялись, не хватало пропашных технических средств и топлива, поэтому многие хозяйства просто бросили пашни из-за истощения почвы и немощности имеющихся в хозяйствах техники и технологии земледелия.

Таким образом, залежи полей – это отходы сельского хозяйства. Наличие их указывает на бесхозяйственность в сельском районе и отдельно в каждом сельскохозяйственном производстве. В связи с этим рост площади залежей показывает ухудшение экологичности. Однако это все же лучше, чем пахота, из-за того, что природа со временем превратит залежь в качественный растительный покров. Поэтому нужно как можно быстрее проводить мероприятия по обустройству залежей с целью превращения их в сенокосы и пастбища, многолетние насаждения или же передавать в категорию земель лесного фонда.

После идентификации закона показательного роста (рис. 6.10) была получена формула тренда

$$S_3 = 160,6493r_5^{2,00963} . \quad (6.10)$$

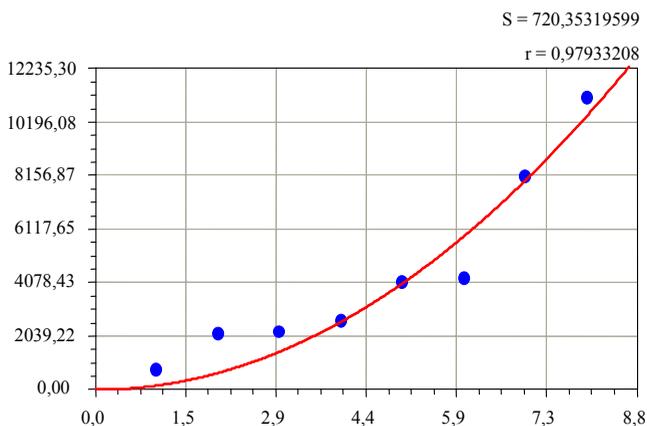


Рис. 6.10. Ранговое распределение площади залежей пашни по сельским районам РМЭ

Остатки позволили получить вторую составляющую волнового возмущения сельских районов по поводу выделения площади пашни под залежи (рис. 6.11) по закономерности

$$S_3 = 858,5818r_5^{0,93502} + A \cos(\pi r_5 / p_{0,5} + 3,15720), \quad (6.11)$$

$$A = 1,5216 \cdot 10^{-9} r_5^{22,75163} \exp(-2,46375r_5^{0,95704}),$$

$$p_{0,5} = 2,67770 - 0,010928r_5^{1,47158}.$$

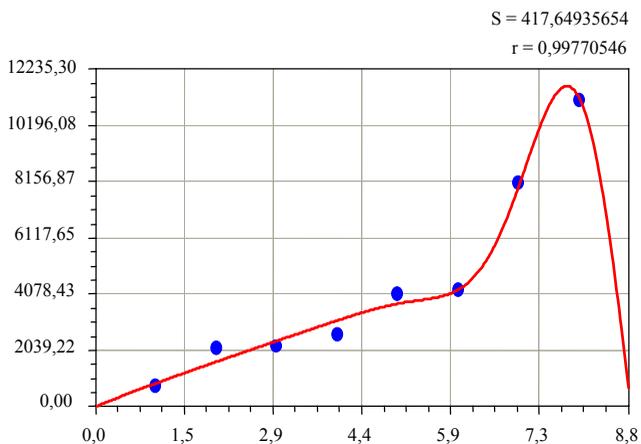


Рис. 6.11. Ранговое распределение площади залежей пашни по сельским районам РМЭ с волновым адаптивным возмущением и учащающейся частотой душевного неравновесия

Максимальная относительная погрешность (6.11) равна 23,54%.

Из графика на рис. 6.11 видно, что на последующих теоретических рангах площадь пашни под залежи резко снижается. Это указывает на то, что люди не способны долго выдерживать душевное неравновесие в виде учащающегося по частоте, но снижающегося по амплитуде колебательного поведения. Именно стремление к душевному равновесию всего населения (причем не только людей) дает уверенность в том, что территориальное экологическое равновесие также будет достигнуто. Но для этого нужно понимать закономерности, выявленные по статистическим данным.

**Многолетние насаждения.** Их стали выделять относительно недавно. Очевидно, что рост площади земель под многолетние насаждения благоприятно скажется на экологичности территории, в особенности в населенных пунктах и между полями. Сюда относятся и полевые защитные полосы, которых должно быть больше.

По данным за 2004 г. была получена закономерность (рис. 6.12) в виде

$$S_{MH} = 5,1927 \cdot 10^9 \exp(-14,19173r_6^{0,10072}), \quad (6.12)$$

в которой при нулевом ранге намечается колоссальная теоретическая площадь в 51 927 тыс. км<sup>2</sup>, что в 51 927 / 23,4 = 2219 раз больше всей территории РМЭ.

Этот факт указывает на явную недостаточность многолетних насаждений на территории сельских районов РМЭ, начиная со второго ранга.

С полной газификацией России к 2010 г. острая нужда в дровах отпадает. Это позволит наращивать площади под зеленые насаждения, в сельском хозяйстве появятся собственные древостои, в том числе и лесные деревья.

**Сенокосы и пастбища.** Пока на сельских территориях травяной покров является основной частью всего растительного покрова.

Даже в благополучной, в среднем, доле растительного покрова на территории РМЭ по отдельным сельским районам наблюдается острый дефицит лесов, и их экологическое воздействие в полной мере могут заменить многолетние насаждения и луга под сенокосы и пастбища. Однако на уровне распределений площади территорий субъектов Российской Федерации лесам нет замены. Поэтому многолетние насаждения и травяной покров внутри сельского хозяйства – это вынужденный ответ на отраслевую монополию. Ситуация коренным образом изменится, в том числе и в жизни людей, когда сельское и лесное хозяйства объединятся внутри одного министерства.

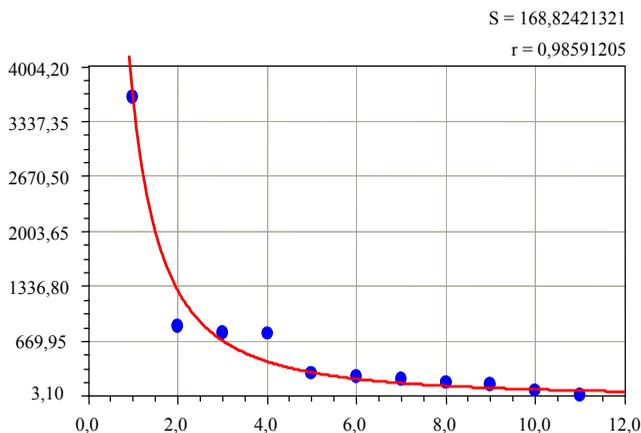


Рис. 6.12. Ранговое распределение площади многолетних насаждений по сельским районам РМЭ

Распределение площади под сенокосы и пастбища изменяется по закономерности (рис. 6.13) в виде формулы

$$S_{СП} = 25013,1 \exp(-0,26317r_7^{0,66555}). \quad (6.13)$$

Начальное значение в формуле (6.13) не намного выше площади первого ранга (Моркинский район). Это указывает на то, что сенокосам и пастбищам люди уделяют достаточное внимание. Однако значительный тремор точек по графику на рис. 6.13 указывает на душевное неравновесие тех сельских районов, которые имеют более высокие ранги снижения площади сенокосов и пастбищ.

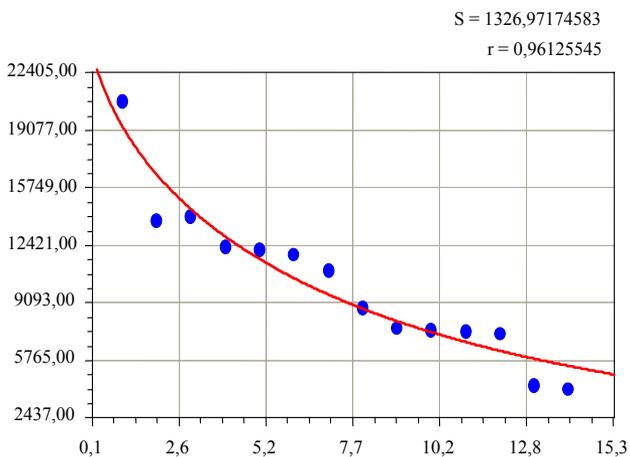


Рис. 6.13. Ранговое распределение площади сенокосов и пастбищ по сельским районам РМЭ

## 6.5. Показатели населения

К населению ландшафта относятся все живые существа: микроорганизмы, растения, животные и люди, как наиболее всеядные и высоко адаптивные к окружающей природной среде животные, научившиеся развивать свой разум, память и тем самым прогнозировать свое поведение на далекое будущее. Но в последнем виде деятельности у людей не все получается. Во многих странах еще не научились прогнозировать экологические последствия от своей хозяйственной деятельности. Поэтому фактически люди не умеют толком хозяйствовать, история человечества изобилует многими примерами гибели цивилизаций не от войн, а от экологических катастроф, связанных с неразумным ведением сельского хозяйства.

**Людское население.** Этим видом населения занимаются демография, этнография и другие науки об обществе и человеке.

По данным табл. 6.6 была получена модель (рис. 6.14) в виде формулы ( $N$ , тыс. чел.)

$$N = 13,6498 \exp(0,013434r_g^{1,74615}). \quad (6.14)$$

Максимальная относительная погрешность для первого ранга, т. е. Юринского района, равна 24,63%. Поэтому в дальнейшем можно получить и вторую составляющую к тренду в виде колебательного движения по рангам с убывающей амплитудой.

**Численность КРС.** Места обитания нужны не только человеку, но и домашним животным. Однако они учитываются только по крупному рогатому скоту, а территории необходимы и для других видов домашних животных.

Известно, что в мире насчитывается 14 основных видов одомашненных несколько тысяч лет назад наземных животных и птиц. Многие ученые считают, что развитие цивилизаций в Азии и Европе во многом определилось приручением десяти видов животных (на остальных материках – четырех).

Немало площади для мест обитания, а также для путей миграции требуется и диким животным, которые пока в статистике России вообще не учитываются. Поэтому во многом учет территорий обитания и путей миграции животных похож на структуру дорог и мест парковок автомобилей. Не зря в Китае последние также относят к популяциям технических средств, требующих значительных площадей земель.

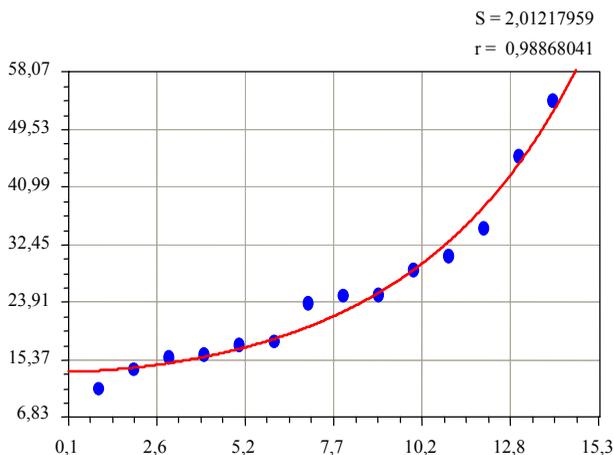


Рис. 6.14. Ранговое распределение численности жителей по сельским районам РМЭ

Для организации пространства проживания диких животных нужны «зеленые пути» между лесными массивами, т. е. ландшафты должны быть территориально увязаны между собой растительным покровом, образуя так называемый биокаркас территории.

Для учета диких животных существуют охотничьи хозяйства. Они должны быть тесно увязаны между собой в природоохранном обустройстве территорий. В особенности такая увязка необходима при формировании статистических данных о сельском и лесном хозяйствах.

Численность КРС (тыс. голов) определяется (рис. 6.15) формулой

$$N_{КРС} = 2,36447r_9^{1,02718} \exp(-0,049693r_9). \quad (6.15)$$

Биотехнический закон (6.15) показывает, что при нулевом ранге теоретически может существовать сельский район, в котором отсутствуют домашние животные типа КРС. Максимум численности КРС еще не достигнут, ее увеличение зависит от кормопроизводства, а также наличия сенокосов и пастбищ.

**Число сельских населенных пунктов.** В таких населенных пунктах проживают люди и крупный рогатый скот.

Распределение населенных пунктов (рис. 6.16) по сельским районам РМЭ в 2004 г. шло по закономерности

$$n_{СНП} = 45,6381 \exp(0,082125r_{10}^{1,14792}). \quad (6.16)$$

Максимальная относительная погрешность равна 17,96%. Для повышения точности моделирования можно дополнить модель (6.16) второй составляющей колебательного возмущения популяции сельских населенных пунктов.

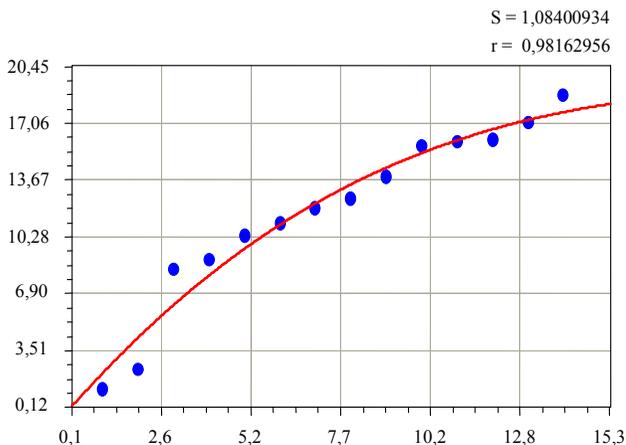


Рис. 6.15. Ранговое распределение численности КРС по сельским районам РМЭ

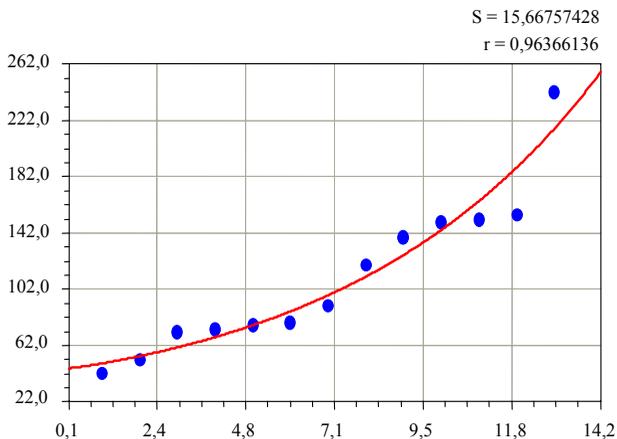


Рис. 6.16. Ранговое распределение сельских населенных пунктов по районам РМЭ

## 6.6. Коэффициенты экологичности аграрного ландшафта

Из приведенных в табл. 6.6 территориальных показателей распределения земель можно составить семь относительных параметров землепользования, которые разделяются на три группы коэффициентов:

а) антропогенных изменений по Н. Ф. Реймерсу:

$K_{общ.}^{CXЗ}$  – *доля земель сельскохозяйственного назначения* по первой категории земельного кадастра в общей площади земель административного образования или ландшафта;

$K_{CXЗ}^{CXV}$  – *доля сельхозугодий* в землях сельскохозяйственного назначения, т. е. отношение более измененной человеком части земель первой категории ко всей площади земель сельскохозяйственного назначения (коэффициент полезного действия земель первой категории);

б) аграрного ландшафта – состояния структуры сельхозугодий:

$K_{CXV}^{\Pi}$  – *коэффициент сильных антропогенных изменений аграрного ландшафта* как отношение площади пашни ко всей площади сельхозугодий;

$K_{CXV}^{RP}$  – *активности растительного покрова аграрного ландшафта* как отношение суммарной площади многолетних насаждений, сенокосов и пастбищ к площади сельхозугодий;

$K_{CXV}^{RP+3}$  – *активности проектируемого растительного покрова аграрного ландшафта* с учетом вовлечения в имеющийся растительный покров территории отходов сельхозугодий по площади земельных залежей;

в) лесоаграрности в пределах аграрного ландшафта:

$K_{II}^{PP}$  – *экологический коэффициент аграрного ландшафта*, показывающий отношение площади растительного покрова в виде многолетних насаждений, сенокосов и пастбищ к площади пашни;

$K_{II}^{PP+3}$  – *экологический коэффициент проектируемого аграрного ландшафта*, показывающий отношение площади проектируемого растительного покрова к площади пашни.

Направленность по экологическому ухудшению значений показателей следующая:

- спад ↓ лучше по показателям  $K_{обц}^{CXЗ}$  и  $K_{CXV}^{II}$  ;
- рост ↑ лучше по показателям  $K_{CXЗ}^{CXV}$ ,  $K_{CXV}^{PP}$ ,  $K_{CXV}^{PP+3}$ ,  $K_{II}^{PP}$ ,  $K_{II}^{PP+3}$ .

Исходя из такой направленности, ранги от 1 до 14-го были расставлены по значениям показателей (табл. 6.8) и приведены в табл. 6.9.

Вовлечение залежей в растительный покров значительно улучшает экологическую характеристику территории и приближает сельский район к экологическому равновесию.

## 6.7. Распределение параметров экологичностиагрландшафта

По каждому из семи относительных параметров аграрного ландшафта были получены статистические зависимости. Причем эта вторая группа параметров относится к производным показателям. В дальнейшем будут приведены производные показатели третьей группы, в частности, так называемые удельные показатели аграрного ландшафта.

Вне зависимости от уровня производительности, главными останутся параметры первой группы по значениям площади территории. В нашем примере их 7. Поэтому при любом способе факторного анализа следует учесть методическое правило, что в любой системе показателей должны присутствовать первичные показатели.

**Доля земель сельскохозяйственного назначения.** Этот коэффициент изменяется (рис. 6.17) по формуле

$$K_{обц}^{CXЗ} = 1,0943 \cdot 10^{-6} \exp(11,24701r_{11}^{0,072407}) . \quad (6.17)$$

Экологическое ухудшение происходит по экспоненциальному росту.

При первом ранге максимальная относительная погрешность равна 15,34%, поэтому в дальнейшем можно дополнить модель (6.17) второй составляющей волнового возмущения сельских районов по доле земель первой категории земельного кадастра.

Таблица 6.8

## Коэффициенты экологичности территории сельских районов РМЭ

Сельский район РМЭ	Доля с.-х. земель		Аграрный ландшафт			Лесоаграрность	
	$K_{\text{общ.}}^{\text{СХЗ}}$	$K_{\text{СХЗ}}^{\text{СХУ}}$	$K_{\text{СХУ}}^{\text{П}}$	$K_{\text{СХУ}}^{\text{ПП}}$	$K_{\text{СХУ}}^{\text{ПП+3}}$	$K_{\text{П}}^{\text{ПП}}$	$K_{\text{П}}^{\text{ПП+3}}$
РМЭ в целом	0,3813	0,8449	0,7490	0,2038	0,2510	0,2721	0,3352
Волжский	0,5515	0,8029	0,6940	0,2403	0,3060	0,3463	0,4410
Горномарийский	0,4112	0,8099	0,7350	0,2650	0,2650	0,3605	0,3605
Звениговский	0,1629	0,7428	0,7481	0,2519	0,2519	0,3368	0,3368
Килемарский	0,1006	0,5985	0,5629	0,2166	0,4371	0,3847	0,7765
Куженерский	0,7100	0,9014	0,7702	0,1498	0,2298	0,1945	0,2984
Мари-Турекский	0,6904	0,8855	0,8641	0,1359	0,1359	0,1573	0,1573
Медведевский	0,2543	0,8450	0,7090	0,2910	0,2910	0,4104	0,4104
Моркинский	0,3449	0,7941	0,6326	0,3333	0,3674	0,5269	0,5808
Новоторъяльский	0,8931	0,8968	0,6915	0,1542	0,3085	0,2230	0,4462
Оршанский	0,6794	0,8618	0,8149	0,1432	0,1851	0,1758	0,2271
Параньгинский	0,7262	0,8965	0,7633	0,2367	0,2367	0,3102	0,3102
Сернурский	0,8170	0,9478	0,7381	0,1572	0,2619	0,2129	0,3548
Советский	0,5025	0,9076	0,8769	0,1190	0,1190	0,1404	0,1404
Юринский	0,0991	0,4999	0,5287	0,4028	0,4713	0,7618	0,8915
Номер	11	12	13	14	15	16	17

Таблица 6.9

## Ранжирование сельских районов РМЭ по коэффициентам экологичности

Сельский район РМЭ	Доля с.-х. земель		Аграрный ландшафт			Лесоаграрность	
	$r_{11}$	$r_{12}$	$r_{13}$	$r_{14}$	$r_{15}$	$r_{16}$	$r_{17}$
Волжский	8	8	4	6	4	6	4
Горномарийский	6	9	6	4	6	5	6
Звениговский	3	1	7	5	7	7	8
Килемарский	2	12	2	8	2	4	2
Куженерский	11	3	9	11	9	11	10
Мари-Турекский	10	5	11	13	11	13	12
Медведевский	4	7	5	3	5	3	5
Моркинский	5	10	3	2	3	2	3
Новоторъяльский	14	4	4	10	4	9	4
Оршанский	9	6	10	12	10	12	11
Параньгинский	12	4	8	7	8	8	9
Сернурский	13	1	6	9	6	10	7
Советский	7	2	12	14	12	14	13
Юринский	1	13	1	1	1	1	1
Номер	11	12	13	14	15	16	17

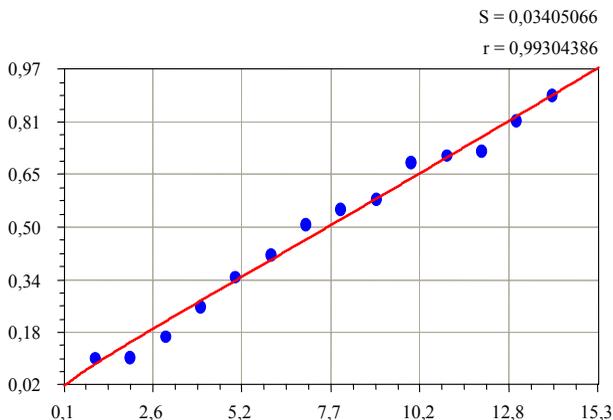


Рис. 6.17. Ранговое распределение доли сельскохозяйственных земель по районам РМЭ

**Доля сельхозугодий в землях сельскохозяйственного назначения.** Коэффициент полезного действия земель первой категории изменяется (рис. 6.18) по формуле

$$\begin{aligned}
 K_{СХЗ}^{СХУ} = & \exp(-0,045609r_{12}^{0,70188}) + \\
 & + 4,1443 \cdot 10^{-11} r_{12}^{8,89841} \cos(\pi r_{12} / 4,03602) .
 \end{aligned}
 \tag{6.18}$$

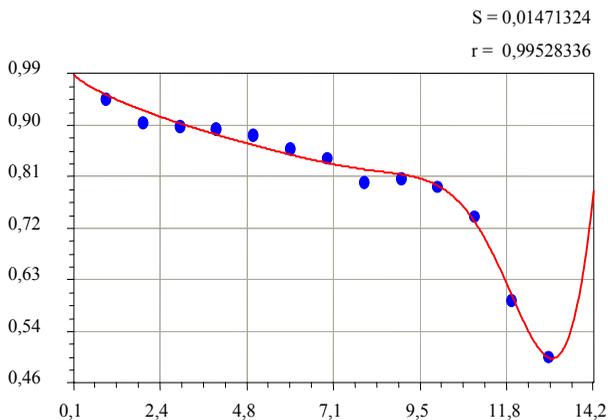


Рис. 6.18. Ранговое распределение доли сельхозугодий в сельскохозяйственных землях

Первая составляющая формулы (6.18) показывает спад коэффициента полезного действия людей с единицы (полное превращение земель первой категории в сельхозгодия) до некоторого значения. В итоге качество земледользования в сельском хозяйстве на уровне сельского района или сельскохозяйственного предприятия, фермерского или иного хозяйства по земледользованию в производстве сельскохозяйственной продукции вполне можно оценивать этим экологическим коэффициентом.

Вторая составляющая является адаптационным колебательным процессом, показывающим усиливающиеся с постоянной частотой по амплитуде колебания попытки между членами популяции сельских районов приспособиться к внешней среде. Здесь половина периода равна четырем рангам, т. е. в четырнадцати сельских районах РМЭ наблюдаются две группы возмущающихся разным характером членов популяции.

Как видно из графика на рис. 6.18, три последних сельских района просто «растерялись» и имеют резко понижающиеся значения коэффициента полезного действия сельскохозяйственных земель.

Доверие к формуле (6.18) высокое, не ниже 99,72%.

**Коэффициент сильных антропогенных изменений аграрного ландшафта** изменяется по закономерности (рис. 6.19) в соответствии с формулой

$$K_{СХУ}^{II} = 1 - \exp(-0,67444r_{13}^{0,39143}). \quad (6.19)$$

Закон (6.19) показывает стремление земледользователей дойти до предела роста, равного единице. В России (во времена СССР) всегда старались распашать все доступные тракторам с плугами земли.

На рис. 6.19 из точечного распределения видно, что последние два сельских района (Мари-Турекский и Советский) оказались намного выше среднестатистической линии РМЭ.

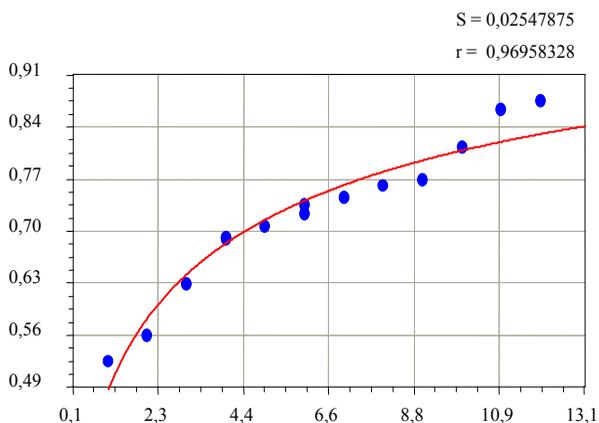


Рис. 6.19. Ранговое распределение доли пашни в сельскохозяйственных землях

По отклонениям точек от графика формулы (6.19) видно, что можно найти вторую составляющую в виде волнового возмущения с нарастающей амплитудой.

**Коэффициент активности растительного покрова аграрного ландшафта** имеет закономерность (рис. 6.20) и выражается формулой вида

$$K_{СХV}^{PI} = \exp(-0,87371r_{14}^{0,30904}) . \quad (6.20)$$

Из точечного распределения видны две группы сельских районов с различным уровнем понимания роли растительного покрова.

Консервативный подход к растительному покрову сельского хозяйства начинается с Килемарского района (8-й ранг), где много лесных массивов. Далее для шести сельских районов (Сернурский, Новоторъяльский, Куженерский, Оршанский, Мари-Турекский и Советский), по рангам от 9 до 14-го, коэффициент активности растительного покрова почти в 2 раза ниже предельно возможного минимального уровня  $K_{СХV}^{PI} = 0,23$ .

**Коэффициент активности проектируемого растительного покрова аграрного ландшафта.** С учетом вовлечения в имеющийся растительный покров территории отходов сельхозугодий по площади земельных залежей получена модель (рис. 6.21) для проектного обоснования мероприятий по природоохранному обустройству территорий вида

$$K_{СХV}^{PI+3} = \exp(-0,67353r_{15}^{0,39417}) . \quad (6.21)$$

Заметно значительное колебательное возмущение активности субъектов РМЭ по данному показателю.

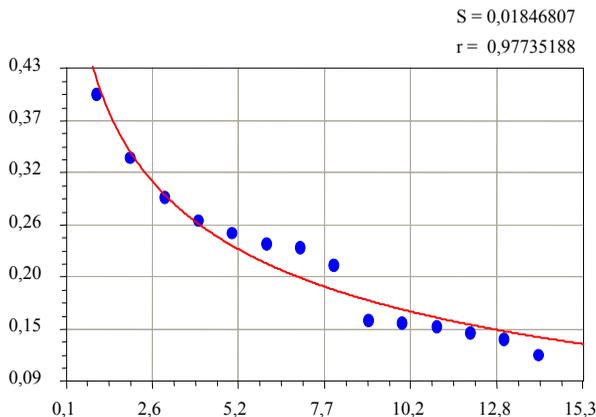


Рис. 6.20. Ранговое распределение коэффициента активности растительного покрова в сельскохозяйственных землях

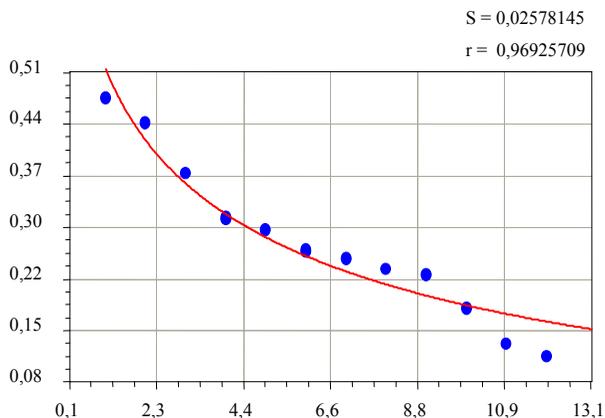


Рис. 6.21. Ранговое распределение активности растительного покрова аграрных ландшафтов сельских районов РМЭ

Возможна вторая составляющая у модели (6.21). При проектировании природоохранных мер нужно учесть это дополнительное колебание. При этом видно, что вовлечение залежей в растительный покров из списка второй группы по предыдущему показателю обеспечили только три сельских района с рангами 10, 11 и 12 (Оршанский, Мари-Турекский и Советский).

**Экологический коэффициент аграрного ландшафта** изменяется (рис. 6.22) по формуле

$$K_{II}^{PII} = 2,75395 \exp(-1,31256r_{16}^{0,28455}). \quad (6.22)$$

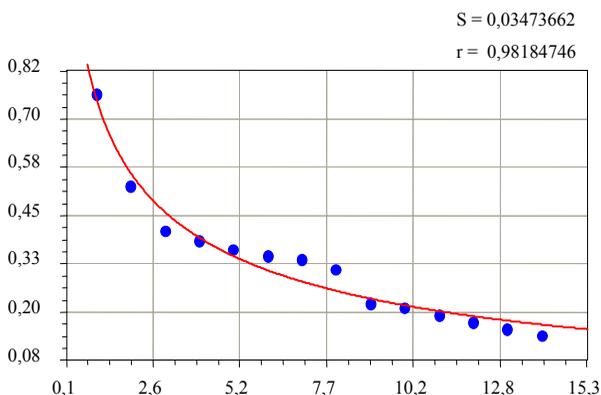


Рис. 6.22. Ранговое распределение экологического коэффициента аграрного ландшафта по сельским районам РМЭ

Этот показатель является более экологически требовательным, поэтому последние шесть сельских районов РМЭ имеют уровень растительного покрова почти в 3 раза меньше, чем у Звениговского района.

Экологический коэффициент проектируемого аграрного ландшафта изменяется (рис. 6.23) по формуле

$$K_{II}^{PI+3} = 1,70740 \exp(-0,62876r_{17}^{0,49147}). \quad (6.23)$$

Вовлечение брошенной пашни позволяет увеличить экологическое качество сельских районов.

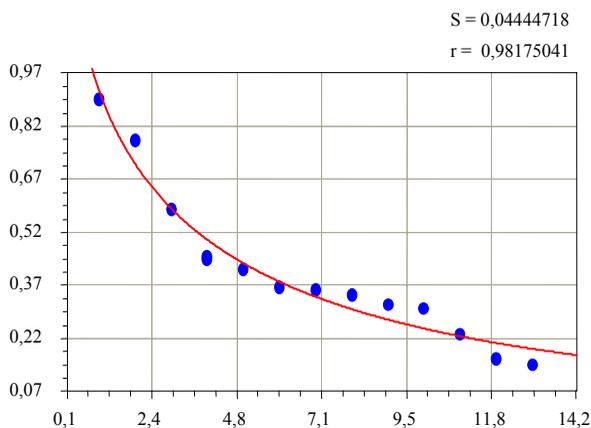


Рис. 6.23. Ранговое распределение экологического коэффициента проектируемого за счет залежей аграрного ландшафта по сельским районам РМЭ

## 6.8. Распределение удельных показателей ландшафта

В геотриаде «ландшафт – население – хозяйство» по первым двум подсистемам отношений между показателями ландшафта (территории) и населения (в нашем примере люди и КРС) дают восемь новых удельных показателей (табл. 6.10). Их можно разделить на три группы:

а) параметры людского населения:

$\rho$  – **плотность** населения как отношение численности людского населения сельских районов к площади их территории, чел./км<sup>2</sup>;

$\vartheta_{сз}$  – **землеобеспеченность** населения, т. е. отношение общей площади сельскохозяйственных земель (первой категории земельного кадастра) к численности людей, проживающих на территории сельских районов, га/чел.;

$\vartheta_{п}$  – **пашнеобеспеченность** населения сельских районов, га/чел.;

Таблица 6.10

## Удельные показатели земель и населения сельских районов РМЭ

Сельский район РМЭ	Люди		КРС			СНП		
	$\rho$ , чел./км <sup>2</sup>	$\vartheta_{схз}$ , га/чел.	$\vartheta_{лв}$ , га/чел.	$\lambda_{крс}$ , голов/чел.	$\lambda_{лв}$ , голов/шт.	$\vartheta_{схз}$ , га/голов	$N_{снп}$ , чел./шт.	$\vartheta_{снп}$ , га/шт.
РМЭ в целом	31,12	2,454	1,553	0,460	102,9	0,868	228,5	549,1
Волжский	26,44	2,085	1,163	0,374	120,3	0,991	321,6	670,7
Горномарийский	16,94	2,427	1,445	0,559	66,5	0,878	119,0	288,9
Звениговский	16,93	0,962	0,535	0,276	165,8	0,591	601,3	578,6
Килемарский	4,34	2,316	0,780	0,173	30,8	1,709	178,2	412,8
Куженерский	20,25	3,506	2,434	0,642	115,6	0,723	180,0	631,1
Мари-Турекский	16,60	4,159	3,183	0,631	131,9	0,784	209,2	870,3
Медведевский	19,21	1,324	0,793	0,348	135,5	0,742	389,9	516,0
Моркинский	15,17	2,273	1,142	0,456	106,0	1,304	232,7	528,8
Новоторъяльский	20,11	4,441	2,754	0,663	177,4	0,912	116,8	518,5
Оршанский	17,56	3,870	2,718	0,525	115,3	0,882	219,4	849,2
Параньгинский	22,00	3,730	2,259	0,631	217,6	1,096	345,1	1 139,1
Сернурский	25,10	3,255	2,277	0,554	91,4	0,855	165,1	537,5
Советский	22,00	2,286	1,819	0,555	123,0	0,443	221,6	506,5
Юринский	5,05	1,964	0,519	0,108	28,6	3,632	264,3	519,0
Номер	18	19	20	21	22	23	24	25

б) показатели, относящиеся к КРС:

$\lambda_{крс}$  – **удельная численность** КРС как отношение популяций КРС и людей, голов/чел.;

$\lambda_n$  – **численность** КРС на один СНП, голов/шт.;

$\vartheta_{крс}$  – **землеобеспеченность** КРС как отношение площади сенокосов и пастбищ к численности КРС, га/голов;

в) множество сельских населенных пунктов для совместного проживания людей и домашних животных типа КРС:

$N_{снп}$  – **число жителей** СНП, чел./шт.;

$\vartheta_{снп}$  – **землеобеспеченность** СНП, га/шт.

Возможны и другие удельные показатели, например плотность КРС. При максимально полном анализе факторов аграрных ландшафтов количество учитываемых параметров и их удельных показателей может быть значительным.

Направленность по экологическому ухудшению значений показателей следующая:

- спад ↓ лучше по показателям  $\rho$ ,  $\lambda_{крс}$ ,  $\lambda_n$  и  $N_{снп}$ ;
- рост ↑ лучше по показателям  $\vartheta_{схз}$ ,  $\vartheta_n$ ,  $\vartheta_{крс}$  и  $\vartheta_{снп}$ .

Исходя из такой направленности, ранги от 1 до 14-го расставлены по значениям показателей (табл. 6.10) и приведены в табл. 6.11. Таким образом, общее число переменных составляет 25, по сумме рангов которых можно установить место сельских районов по экологичности территории.

Вначале определим закономерности распределения удельных показателей по сельским районам РМЭ.

## 6.9. Закономерности распределения удельных показателей

Территория и население взаимно обусловлены. Поэтому они всегда совместны и активно влияют на достижение экологического равновесия.

**Плотность населения.** По данным табл. 6.10 и 6.11 была идентифицирована закономерность плотности населения (рис. 6.24) по формуле

$$\rho = 1,2135 \cdot 10^{-12} \exp(29,2441r_{18}^{0,020114}). \quad (6.24)$$

Вторая составляющая будет по затухающей волновой зависимости. С увеличением плотности населения амплитуда снижается.

**Землеобеспеченность населения.** В Китае обеспеченность жителей сельских районов сельскохозяйственными землями составляет в среднем всего 0,12 га на человека. На территории РМЭ этот показатель в 20 раз выше. Люди должны беречь землю и научиться правильно распоряжаться этим природным богатством.

На рис. 6.25 приведен график землеобеспеченности по формуле

$$\vartheta_{схз} = 4,59082 \exp(-0,041050r_{19}^{1,29451}). \quad (6.25)$$

Таблица 6.11

## Удельные показатели земель и населения сельских районов РМЭ

Сельский район РМЭ	Люди			КРС			СНП	
	$r_{18}$	$r_{19}$	$r_{20}$	$r_{21}$	$r_{22}$	$r_{23}$	$r_{24}$	$r_{25}$
Волжский	11	11	9	5	8	5	11	4
Горномарийский	5	7	8	8	3	8	2	14
Звениговский	5	14	13	3	12	13	14	7
Килемарский	1	8	12	2	2	2	4	13
Куженерский	8	4	4	10	7	12	5	5
Мари-Турекский	4	2	1	9	10	10	6	2
Медведевский	7	13	11	4	11	11	13	11
Моркинский	3	10	10	6	6	3	9	9
Новоторъяльский	8	1	2	11	4	6	1	10
Оршанский	6	3	3	7	7	7	7	3
Параньгинский	9	5	6	9	13	4	12	1
Сернурский	10	6	5	8	5	9	3	8
Советский	9	9	7	8	9	14	8	12
Юринский	2	12	14	1	1	1	10	10
Номер	18	19	20	21	22	23	24	25

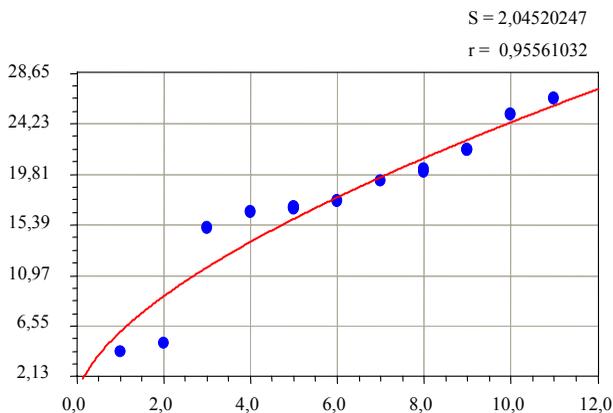


Рис. 6.24. Ранговое распределение плотности населения людей (чел./км<sup>2</sup>) по сельским районам РМЭ

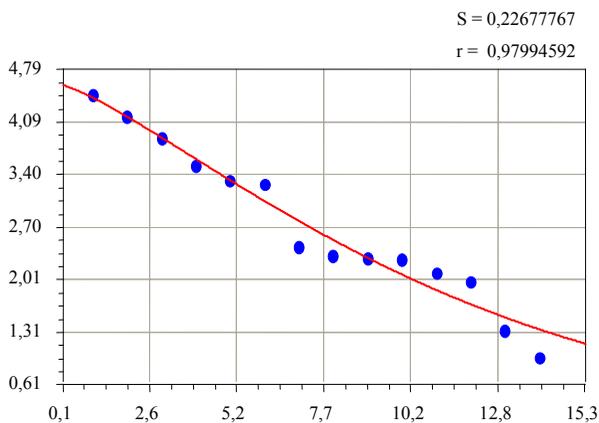


Рис. 6.25. Ранговое распределение землеобеспеченности населения людей (га/чел.) по сельским районам РМЭ

Здесь также намечается вторая волновая составляющая, не рассматриваемая в обзоре. Вполне очевидно, что она относительно малозначима.

**Пашнеобеспеченность населения.** Сама по себе обеспеченность пашней доказывает лишь наличие земель, так как давно уже продукцию колхозов и совхозов население использует мало. Поэтому приведение в порядок сельского хозяйства означает не только управление пашнями, но и управление сельскохозяйственной продукцией. Прежде всего должны быть сведены к минимуму потери этой продукции.

Обеспеченность людей пашней (рис. 6.26) изменяется по формуле

$$\vartheta_{II} = 3,09845 \exp(-0,017647r_{20}^{1,77692}). \quad (6.26)$$

Максимальная относительная погрешность равна 12,45%. Поэтому волновой составляющей можно пренебречь, так как люди внимательно следят за изменением территории под пашни.

Удельная численность КРС изменяется (рис. 6.27) по формуле

$$\lambda_{KPC} = 2,1883 \cdot 10^{-5} \exp(8,68322r_{21}^{0,074548}). \quad (6.27)$$

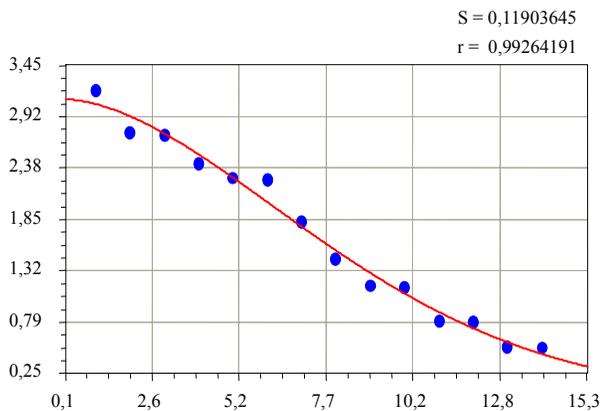


Рис. 6.26. Ранговое распределение обеспеченности населения людей (га/чел.) пашней по сельским районам РМЭ

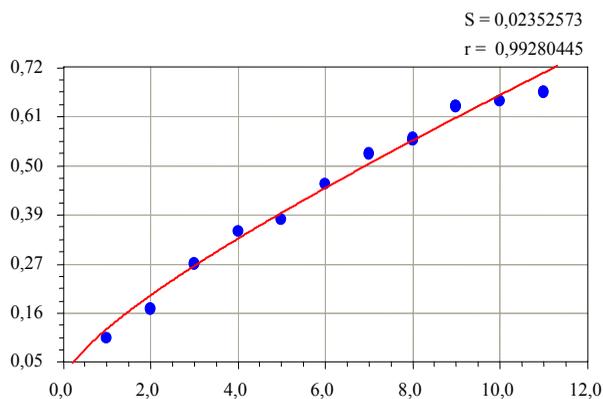


Рис. 6.27. Ранговое распределение удельной численности КРС по отношению к населению людей (голов/чел.) по сельским районам РМЭ

По закону экспоненциального роста начальное значение почти равно нулю. Это указывает на то, что люди могут жить и без КРС, в особенности в городах. Волновое изменение показателя при этом незначительное.

**Численность КРС на один сельский населенный пункт** в сельском районе изменяется (рис. 6.28) по формуле

$$\lambda_n = 7,02484 \exp(1,53697r_{22}^{0,29601}) . \quad (6.28)$$

Теоретически минимальное число КРС в одном сельском населенном пункте может быть всего семь голов. При этом с увеличением популяций волновое возмущение усиливается по амплитуде.

**Землеобеспеченность КРС** распределяется по сельским районам РМЭ по устойчивой закономерности (рис. 6.29) по формуле

$$\vartheta_{KPC} = 1,3893 \cdot 10^9 \exp(-19,8326r_{23}^{0,035343}) . \quad (6.29)$$

Из-за более чем двухкратного превышения удельной площади сенокосов и пастбищ на одну корову в Юринском районе, по сравнению со вторым по рангу Килемарским районом, стартовое значение закона гибели чрезмерно высокое. Последние два сельских района (Звениговский и Советский) характеризуются кризисным спадом по закону показательного роста кризисного значения показателя.

После введения второй составляющей (рис. 6.30) получена формула

$$\vartheta_{KPC} = 1,1206 \cdot 10^9 \exp(-20,0183r_{23}^{0,023557}) + 1,00127r_{23}^{-3,44934} \exp(+0,53185r_{23}) \cos(\pi r_{23} / 4,88921) . \quad (6.30)$$

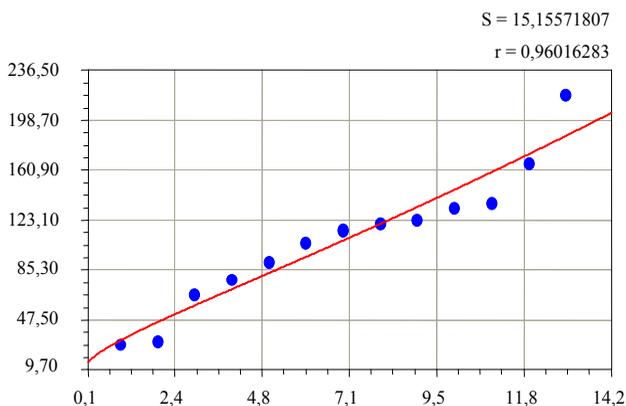


Рис. 6.28. Ранговое распределение удельной численности КРС в сельских населенных пунктах (голов/шт.) по сельским районам РМЭ

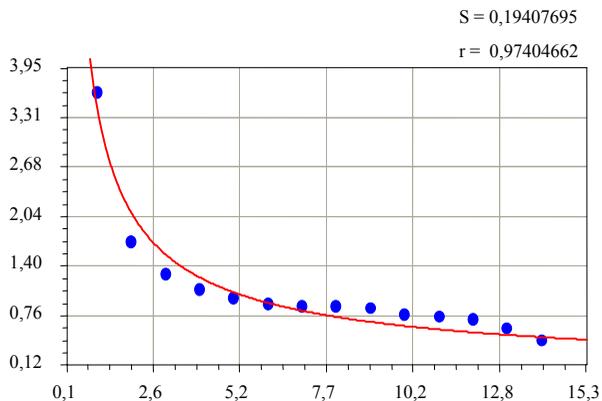


Рис. 6.29. Ранговое распределение обеспеченности КРС (га/голов) сенокосами и пастбищами по сельским районам РМЭ

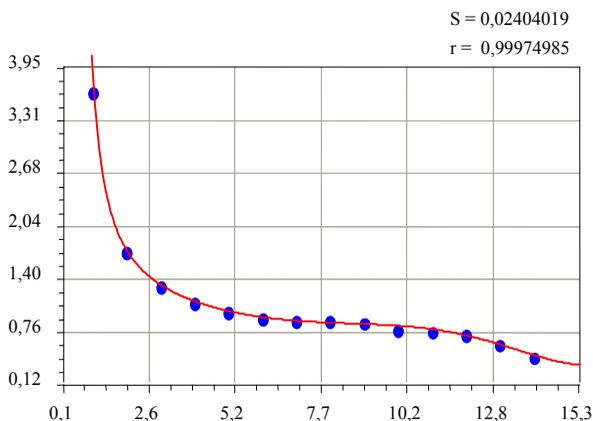


Рис. 6.30. Ранговое распределение обеспеченности КРС (га/голов) сенокосами и пастбищами по сельским районам РМЭ с дополнительной волновой составляющей в модели (6.30)

Амплитуда в формуле (6.30) изменяется по так названному нами аномальному биотехническому закону, когда рост происходит по экспоненциальному закону, а гибель значений показателя – по показательному.

**Число жителей** сельских населенных пунктов оценивается по распределению (6.31) закономерностью

$$N_{СНП} = 156,2251 \exp(0,0010842r_{24}^{2,68153}). \quad (6.31)$$

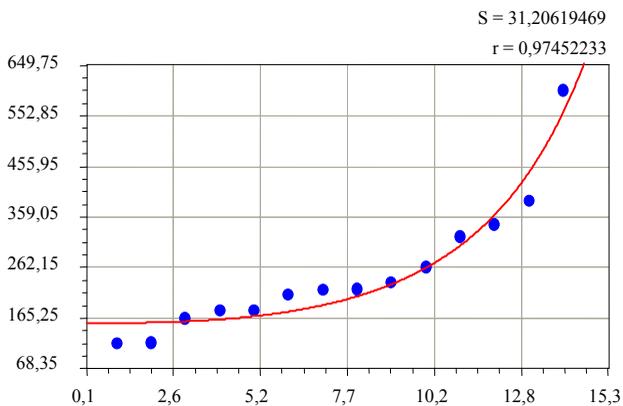


Рис. 6.31. Ранговое распределение численности жителей (чел./шт.) сельских населенных пунктов по сельским районам РМЭ

По сути, формула закона экспоненциального роста (6.31) является характеристикой процесса урбанизации на территории РМЭ. При этом минимальная численность населения СНП равна 156 человек.

Процесс урбанизации происходит стихийно, и это доказывается наличием волновой составляющей, которая вполне заметна на рис. 6.31.

**Землеобеспеченность сельских населенных пунктов** определяется статистической закономерностью (рис. 6.32) по формуле

$$\vartheta_{СНП} = 3919,85 \exp(-1,24926r_{25}^{0,22203}). \quad (6.32)$$

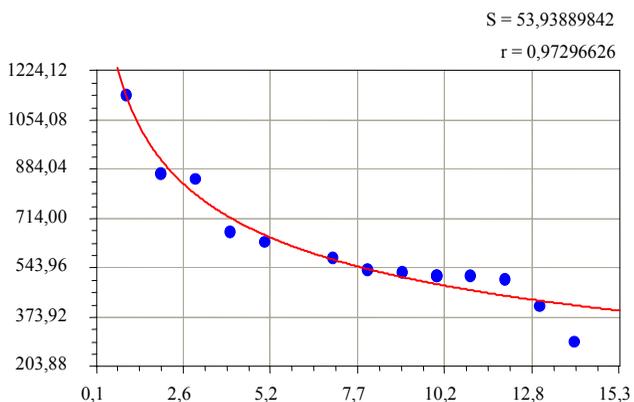


Рис. 6.32. Ранговое распределение обеспеченности (га/шт) сельских населенных пунктов земель сельскохозяйственного назначения по сельским районам РМЭ

Обеспеченность земель мест обитания людей и КРС резко снижается, при этом увеличивается амплитуда колебательного возмущения. Наименьшие площади земель вокруг населенных пунктов имеют Килемарский и Горномарийский районы.

Квадратный корень из площади земель населенного пункта является средним расстоянием доставки к населенному пункту заготовленного на полях урожая сельскохозяйственных культур.

Тогда получаем формулу среднего расстояния

$$\bar{L} = 100\sqrt{\vartheta_{снп}}, \quad (6.33)$$

где  $\bar{L}$  – среднее расстояние для оценки стоимости земель, м;  $\vartheta_{снп}$  – землеобеспеченность сельского населенного пункта, га/шт.

Удаленность СНП друг от друга в каждом сельском районе в среднем будет равно  $L_{снп} = 2\bar{L}$ , т. е. удвоенному среднему расстоянию (для оценки кадастровой стоимости сельскохозяйственных земель).

Наибольшая удаленность СНП по РМЭ наблюдается на территории Параньгинского района при  $L_{снп} = 6,75$  км, а минимальное расстояние – на территории Горномарийского района при  $L_{снп} = 3,40$  км.

Через статистическое моделирование динамики урожайности сельскохозяйственных культур за период, не менее чем в полтора раза больший периода солнечной активности (эффект А. Л. Чижевского), т. е.  $1,5 \times 11 = 16$  лет, можно оценивать прогнозы среднестатистической стоимости будущих урожаев.

Для технологической оценки земель сельскохозяйственного назначения необходимо исследовать статистические данные (динамические ряды) по множеству хозяйств, т. е. земледельцев. Кадастровая стоимость земель получит свои закономерности.

## 6.10. Сумма рангов сельских районов

Ранги всех 25 показателей можно просуммировать, а затем по увеличению суммы рангов расставить рейтинговые места, занимаемые каждым сельским районом по критерию экологичности территории. При этом для некоторых территорий возможно ввести весовые коэффициенты рангов того или иного показателя. Например, для аридных территорий можно повысить значимость растительного покрова, а для заповедников и национальных парков увеличить значимость естественных ландшафтов и др. В данном обзоре весомость показателей, а значит частей и элементов геотриады «ландшафт + население + хозяйство» не рассматривается.

В табл. 6.12 приведены суммы рангов по отдельным подгруппам показателей экологичности территории.

Таблица 6.12

Сумма рангов сельских районов и места, занимаемые ими по РМЭ

Сельский район РМЭ	Ландшафт (территория)		Насе- ление	Коэффициент экологичности			Удельный показатель			Итоги и места	
	земли	угодья		доля с.-х. земель	аграрный ландшафт	лесоаг- рарность	люди	КРС	СНП	$\Sigma r$	Место
Волжский	18	20	15	16	14	10	31	18	15	157	3
Горномарийский	22	13	35	15	16	11	20	19	16	165	4
Звениговский	9	17	26	4	19	15	32	38	21	187	8
Килемарский	5	32	10	14	12	6	21	6	17	124	2
Куженерский	21	20	16	14	29	21	16	29	10	182	7
Мари-Турекский	35	27	26	15	35	25	7	29	8	204	9
Медведевский	21	12	37	11	13	8	31	26	24	179	6
Моркинский	25	16	33	15	8	5	23	15	18	156	3
Новоторьяльский	34	34	25	18	18	13	11	21	11	170	5
Оршанский	24	32	9	15	32	23	12	21	10	170	5
Параньгинский	23	19	13	16	23	17	20	26	13	171	5
Сернурский	35	31	29	14	21	17	21	22	11	171	5
Советский	28	26	33	9	38	27	25	31	20	228	10
Юринский	7	26	3	14	3	2	28	3	20	114	1

Первое место в РМЭ по экологическим свойствам территории занимает Юринский сельский район, на втором – находится Килемарский район, а последнее, десятое место, принадлежит Советскому району. Четыре сельских района занимают одинаковое пятое место.

Сумма рангов изменяется по занимаемым местам экологичности территорий (рис. 6.33) по формуле

$$\sum r = 56,7211 \exp(0,71039 i_M^{0,27268}), \quad (6.34)$$

где  $i_M$  – место, занимаемое сельским районам по сумме рангов экологической оценки территории.

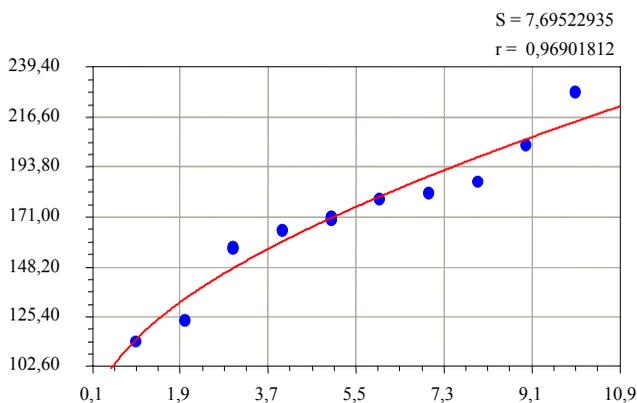


Рис. 6.33. Распределение мест, занимаемых сельскими районами РМЭ по экологическим свойствам территорий

Максимальная относительная погрешность формулы (6.34) равна 1,25%. При этом вторая составляющая колебательного возмущения, показывающая уровень стихийности поведения людей, принимающих решения в сельском хозяйстве, достаточно заметна.

Минимальный суммарный ранг экологичности на территории РМЭ по формуле (6.34) равен  $56,7211 \approx 57$ . По этому числу можно сравнивать РМЭ с другими субъектами Российской Федерации, например с соседними территориями.

## 6.11. Выводы

Из всего растительного покрова по интенсивности биологического продуцирования и ежегодного кругооборота фитомассы выделяется травяной покров, который имеет более высокую ежегодную продуктивность даже

по сравнению с лесными земельными участками в средней зоне европейской части России. Тогда по урожайности травы на различных сенокосах удастся выполнить ранговое распределение всех сельских районов, находящихся в одном субъекте Федерации, и расположить их по рейтинговым местам.

Для изучения структурной динамики по сельским районам статистических данных по РМЭ оказалось недостаточно. Поэтому было проведено сравнение по трем годам: 1975 г. (устойчивое советское время), 2004 (этап пересмотра земельного кадастра) и 2007 г. (уточнение земельного кадастра). При этом до 2000 г. залежи и многолетние насаждения в структуре всех сельскохозяйственных угодий не выделялись. Многолетние насаждения в сельском хозяйстве РМЭ относительно малы, а их экологическое качество оставляет желать лучшего.

Поэтому коэффициент лесоаграрности как характеристику межкатегорийных отношений в земельном кадастре для общей площади земель сельскохозяйственного назначения можно заменить при анализе сельских территорий с малой долей лесных массивов на аналогичный по биологическому смыслу показатель – *коэффициент лугоаграрности*.

Выяснилось, что люди, в особенности специалисты сельского хозяйства, неодинаково относятся к тому или иному показателю площади территории. Особенно это заметно по отношению к пашне, и поведение сельских районов по этой части сельхозугодий колебательное в значительных пределах изменения амплитуды возмущения.

Население (в широком смысле слова) характеризуется в основном тремя параметрами, из которых первый представляет численность населения (в узком понимании как численность людей), второй – численность крупного рогатого скота, а третий – численность мест проживания людей и КРС. Для всех этих групп населения нужны земельные участки. Поэтому наличие залежей сельхозугодий показывает низкую экологичность сельской территории.

Таким образом, залежи полей – это отходы сельского хозяйства. Наличие их указывает на бесхозяйственность в сельском районе и отдельно в каждом сельскохозяйственном производстве. В связи с этим рост площади залежей бывшей пашни показывает ухудшение экологичности. Однако это все же лучше, чем пахота, из-за того, что природа со временем сама превратит залежь в качественный растительный покров. Поэтому нужно как можно быстрее проводить мероприятия по обустройству залежей с целью превращения их в сенокосы и пастбища, многолетние насаждения или же передавать их в категорию земель лесного фонда.

Сама по себе обеспеченность пашней доказывает лишь наличие земель с добротной почвой, так как давно уже российское население, прежде всего городское, продукцией колхозов и совхозов пользуется мало. Поэтому приведение в порядок (нормализация) сельского хозяйства означает не только управление пашнями, но одновременно управление и сельскохо-

зяйственной продукцией. Прежде всего, должны быть сведены к минимуму потери этой продукции и устранены лишние звенья логистической цепи от полей к прилавкам магазинов.

Через статистическое моделирование динамики урожайности сельскохозяйственных культур за период, не менее чем в полтора раза больший периода солнечной активности (эффект А. Л. Чижевского), т. е.  $1,5 \times 11 = 16$  лет, можно оценивать прогнозы среднестатистической стоимости будущих урожаев.

По предлагаемой методике определения рейтинговых мест сельских районов ранги всех учтенных в данном разделе 25 показателей можно просуммировать, а затем по увеличению суммы рангов расставить рейтинговые места, занимаемые каждым сельским районом по критерию экологичности территории.

## 7. ЗЕМЕЛЬНЫЕ УГОДЬЯ

На территории России еще долго будет преобладать отраслевой подход к природопользованию, когда каждый специалист в узкой области будет считать себя правым делать все, что ему захочется.

В царское и советское времена мы безоглядно отдавали другим государствам огромные лесные земли для заготовки древесины, распахивали как можно больше травяного покрова под пашни. Чуть было с помощью атомных взрывов не повернули на юг течение северных рек, уничтожили под видом повышения народного благосостояния многие уникальные природные объекты и ландшафты.

Наиболее консервативной в достижении территориального экологического равновесия является отрасль сельского хозяйства. Развитие агропромышленного комплекса понимается только как отраслевое дело.

Поэтому необходимо развивать дальше подход проф. Н. Ф. Реймерса [154], когда учет ведется по антропогенным измененным частям территории административного образования или конкретного ландшафта.

### 7.1. Хозяйственное преобразование территории

Человек всегда ставил превыше значимости природных объектов собственное хозяйство, и прежде всего земельное. История показывает, что люди просто не понимали, что они творят с почвой на своих земельных угодьях, когда по их собственной вине погибали могущественные цивилизации из-за истощения почвы. Так погибла Древняя Греция, так сошли с исторической сцены многие цветущие цивилизации (майя, ацтеков и др.).

Поэтому методика расчета относительной суммарной экологической, социальной и экономической эффективности в зависимости от доли (по площади) растительного покрова, имеющегося на данной территории, явно еще не воспринята и многими россиянами. В связи с этим для специалистов сельского хозяйства нужна методика привычного понимания роста и развития измененных сельскохозяйственными технологиями ландшафтов. Они должны научиться на статистических данных собственных предприятий сельского хозяйства минимизировать отрицательное приращение относительного эффекта от хозяйственного освоения территорий административных районов.

Это позволит комплексно оценивать меры по рационализации землепользования в рамках сельского хозяйства. Однако кардинальные экологические изменения в сторону улучшения природной среды, окружающей агроландшафты и вкрапленной в них, возможны при анализе всех категорий земель по земельному кадастру, рассмотренных в предыдущих разделах.

Для выработки эффективных мер по защите окружающей природной среды за счет рационализации землепользования необходимы простые для практического применения критерии. Одним из них является доля сельскохозяйственных угодий от всей площади территории.

В бассейнах рек и их притоков постоянно должно соблюдаться экологическое равновесие между речной системой и лесными массивами, с одной стороны, а с другой – между биоценозами и участками территории, освоенными хозяйственной деятельностью населения и предприятий, в том числе и в земле-, водо- и лесопользовании.

Для статистического моделирования исходных данных, приведенных в таблицах земельного кадастра данной территории, была применена *относительная шкала*, которая во многих случаях принимается от нуля до единицы (иногда удобней шкала от нуля до 100%).

Известно по Н. Ф. Реймерсу [154], что целесообразное экологическое равновесие возникает по всей средней полосе России при соотношении 40% преобразованных человеком ландшафтов (включая и те земли, которые загрязнены, например, нефтепродуктами) и 60% естественных биогеоценозов, границами которых, как правило, являются водоразделы бассейнов рек и их притоков.

В первом приближении можно принять территории в границах отдельных стран СНГ, субъектов Российской Федерации, административных районов одного субъекта, а также землепользователей одного административного района и, наконец, разнородные участки земель как элементарные единицы у одного землепользователя. Проф. Н.Ф. Реймерс обосновал рационально допустимую долю преобразованных земель для различных природных зон России [154].

Для средней полосы европейской части России суммарный и относительный экологический, социальный и экономический эффект  $E$  на территории зависит<sup>12</sup> от активности  $v$  *экстенсивного преобразования ландшафтов человеком* (табл. 7.1) по формуле

$$E = 0,74548 \exp(-1,13358v^{16,63477}) + 17,28145v^{2,47064} \exp(-7,28945v^{1,43708}). \quad (7.1)$$

Эта модель (7.1) отличается от предыдущей (2.2), учитываемой по активности растительного покрова, тем, что первая составляющая принимает

---

<sup>12</sup> Идентификация биотехнического закона была выполнена по графику проф. Н. Ф. Реймерса.

Т а б л и ц а 7.1

Зависимость эколого-экономического эффекта от активности  
экстенсивного преобразования ландшафтов

Активность пользования $\nu$	Эффект $\hat{E}$	Расчетные значения (7.1)			Составляющие (7.1)	
		$E$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$	$E_1$	$E_2$
0,000	0,750	0,745	0,005	0,67	<b>0,745</b>	0,000
0,200	0,920	0,903	0,017	1,85	0,745	0,158
0,400	<b>1,000</b>	1,000	-0,000	-0,00	0,745	<b>0,255</b>
0,500	0,980	0,957	0,023	2,35	0,745	0,211
0,600	0,920	0,893	0,027	2,93	0,745	0,148
0,800	0,750	0,775	-0,025	-3,33	0,725	0,050
0,900	0,650	0,638	0,012	1,85	0,613	0,025
1,000	0,250	0,252	-0,002	-0,80	0,240	0,012

*Примечание:*  $\hat{E}$  – фактические значения изучаемого показателя;  $E$  – расчетные по модели (7.1) значения показателя, причем в этой модели по составляющим можем записать выражение  $E = E_1 + E_2$ ;  $\varepsilon$  – остатки, т. е. значения абсолютной погрешности наблюдения, вычисляемые по формуле  $\varepsilon = \hat{E} - E$ ;  $\Delta$  – относительная погрешность, определяемая по формуле  $\Delta = 100\varepsilon/\hat{E}$ ;  $E_1$  – первая составляющая статистической закономерности, показывающей естественное влияние переменной  $\nu$  и являющейся законом экспоненциальной гибели в общей форме, отличающейся от известных законов Ципфа (в биологии), Парето (в экономике) и Мандельброта (в физике) введением нами значений степени влияющей переменной, не равной единице (в скобках);  $E_2$  – вторая составляющая статистической модели, являющейся биотехническим законом [86–105], как правило, показывает антропогенное влияние объясняющей переменной  $\nu$  в виде стрессового возбуждения людей, причем через людей в нашем примере возбуждается какая-то условная экосистема (аграрный ландшафт с земельными угодьями).

не постоянное значение, а становится законом экспоненциальной гибели. Тогда получается, что естественной закономерностью изменения суммарного эффекта в зависимости от доли антропогенным образом измененного ландшафта является быстрый экспоненциальный спад. Фактически этот закон мы постоянно наблюдаем: на заброшенных земельных участках уже через несколько лет возникает травяной покров.

Поэтому реанимация природной среды осуществляется растительностью, прежде всего травяным покровом, а затем и лесным, за счет уничтожения окружающих техногенных участков, т. е. земельных угодий. Человеческие усилия, выражаемые через увеличение параметра  $\nu$ , оказываются со временем напрасными.

Доверие к модели определяется максимальной относительной погрешностью  $\Delta_{\max}$ , значение которой в табл. 7.1 выделено курсивом. При этом доверительная вероятность будет равна  $D = 100 - |\Delta_{\max}|$ . В нашем примере доверие к модели (7.1) не будет ниже  $100 - 3,33 = 96,67\%$ .

На рис. 7.1 приведен график относительной общей эффективности  $E$ , для которой показано оптимальное значение активности примерно при  $\nu = 0,4$  (для средней России).

По графику на рис. 7.1 экологическое равновесие достигается при 40% хозяйственного освоения территории (оптимальное значение относительного эффекта будет при активности преобразования  $\nu = 0,382$ , т. е. при квадрате золотой пропорции).

В модели (7.1) была получено смещение закона экспоненциальной гибели в общей форме (первая составляющая) с биотехническим законом в виде стрессового возмущения (вторая составляющая), положительно ориентированного в сторону роста синергетического эффекта (адаптационное возбуждение). Переменная  $\nu$  (активность пользования природными ресурсами человеком) меняется со временем на данной территории. Поэтому ее лучше всего измерять не в административных, а в естественных границах экосистем. Например, измерения вполне возможны в пределах площади водосборного бассейна реки или ее притока. Поэтому  $\nu$  изменяется от нуля до единицы.

Будем обозначать слева от вертикальной линии экологического равновесия (при условии  $\nu = 0,382$ ) зону **антропогенного изменения** ландшафтов [5, 6], а разница между единицей и относительным эффектом в этой зоне будет характеризовать **хозяйственный ущерб**. Площадь над графиком справа будет означать зону **экологического ущерба** из-за снижения доли растительного покрова, т. е. не измененной (или же незначительно измененной) человеком территории (природных и природно-техногенных ландшафтов).

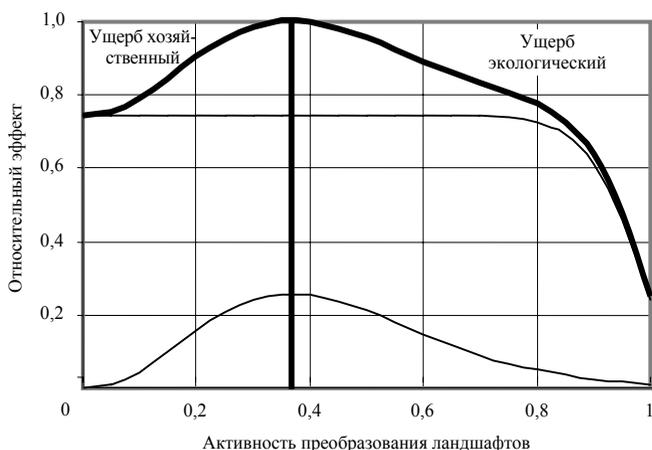


Рис. 7.1. Относительная эффективность землепользования (тонкими линиями показаны составляющие закономерности)

Функция (7.1) вырождается при превышении 100% активности природопользования. Первая составляющая при этом убывает в три раза. Поэтому из этой естественной закономерности следует, что для получения максимума суммарного эффекта лучше вообще не трогать естественные природные системы, если население и руководители предприятий и организаций не знают норм природопользования.

Этот вывод исходит из того, что стрессовое возбуждение по второй составляющей полностью зависит от воли и желания людей (точнее говоря, больше всего зависит от лиц, принимающих решения), и поэтому технократическое воздействие субъектов хозяйствования и населения чаще всего является кризисным или происходит с катастрофическим стрессом. Именно по второй составляющей максимум 0,276 достигается при активности пользования  $v^* = 0,37$  природными, прежде всего возобновляемыми, ресурсами в различных ресурсных циклах.

Из этого максимума стрессового возбуждения также следует, что активность экстенсивного воздействия на природные системы должна быть равна квадрату золотой пропорции, т. е.  $0,618^2 = 0,382$ . А значение общего экологического, социального и экономического эффекта  $E_2 = 0,276$  незначительно превышает число  $0,618^3 = 0,236$ , т. е. куба золотой пропорции.

С некоторым малым резервом (в сторону окружающей природной среды) вполне можно сделать такой вывод: природопользованием людское население должно охватить долю территории, равную квадрату золотой пропорции, при этом повышение синергетического эффекта до максимума обеспечивается на оптимальное значение, равное кубу золотой пропорции.

Если активность экстенсивной эксплуатации природных ландшафтов меньше 0,382, то страдает население (если оно плотно заселило территорию), но это благоприятствует в будущем сохранению окружающей природной среды для потомков. А если эксплуатация человеком природных ландшафтов превосходит долю 0,382 территории, то вероятность деградации экосистем повышается. Тогда при превышении активности природопользования уровня золотой пропорции 0,618 население начинает получать только экологический и экономический ущербы от чрезмерно активного природопользования.

Коэффициенты, характеризующие поведение отдельных составляющих эколого-экономического эффекта по модели (7.1), представлены в табл. 7.2 и изменяются по следующим формулам:

• **значимости естественной закономерности** по первой составляющей статистической закономерности (7.1)

$$\alpha_1 = 1 - 62,9961v^{2,76289} \exp(-7,74890v^{1,07471}); \quad (7.2)$$

• **значимости антропогенного стрессового возбуждения населения и предприятий** по закономерности (7.1)

$$\alpha_2 = 62,9961v^{2,76289} \exp(-7,74890v^{1,07471}); \quad (7.3)$$

Т а б л и ц а 7.2

Значимость и приспособляемость эколого-экономического эффекта от активности экстенсивного преобразования ландшафтов

Активность пользования	Модель (7.2)			Модель (7.3)			Модель (7.4)		
	$\hat{a}_1$	$a_1$	$\Delta, \%$	$\hat{a}_2$	$a_2$	$\Delta, \%$	$\hat{k}$	$k$	$\Delta, \%$
0,000	1,000	1,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00
0,200	0,813	0,813	-0,25	0,187	0,187	0,11	0,257	0,256	0,27
0,400	0,725	0,723	0,30	0,275	0,277	-0,80	0,365	0,370	-1,40
0,500	0,763	0,766	-0,34	0,237	0,234	1,10	0,311	0,303	2,64
0,600	0,822	0,825	-0,38	0,178	0,175	1,74	0,216	0,216	-0,00
0,800	0,936	0,923	1,34	0,064	0,077	-19,53	0,068	0,083	-22,65
0,900	0,953	0,953	-0,05	0,047	0,047	1,06	0,049	0,047	4,29
1,000	0,960	0,973	-1,33	0,040	0,027	32,00	0,042	0,025	40,24

• **приспособляемости населения и его хозяйства** к территории, т. е. к окружающим его природным ландшафтам

$$k = 57,9209v^{2,64769} \exp(-7,74590v^{1,18013}). \quad (7.4)$$

Экстремальные значения коэффициентов значимости 0,718 и 0,282 наблюдаются при оптимальном значении влияющей переменной  $v^* = 0,358$ . Максимальное значение коэффициента приспособляемости населения и его хозяйства к природным ландшафтам на условной территории будет при этом равно 0,382, т. е. квадрату золотой пропорции. Тогда активность освоения ландшафтов составит 0,35.

На рис. 7.2 показана условная территория с некоторой потерей экологического равновесия. При этом фактический экологический ущерб может значительно превышать вторую составляющую формулы (7.1), т. е. относительный эффект от антропогенного влияния доли преобразованных ландшафтов будет ниже по экологическому ущербу.

Стрелкой обозначен вектор направления экологических мероприятий, в том числе и по защите окружающей природной среды. Прежде всего необходимо повысить площадь растительного покрова, увеличивая участки земель за счет новых лесов, лугов и пастбищ. Во многих случаях придется снижать распаханность территории. Все это одновременно позволит снизить долю эродированных земель.

С общей статистической моделью можно сравнивать конкретные территории по водосборным бассейнам или же, с какой-то погрешностью, по административным районам, территориям субъектов Российской Федерации.

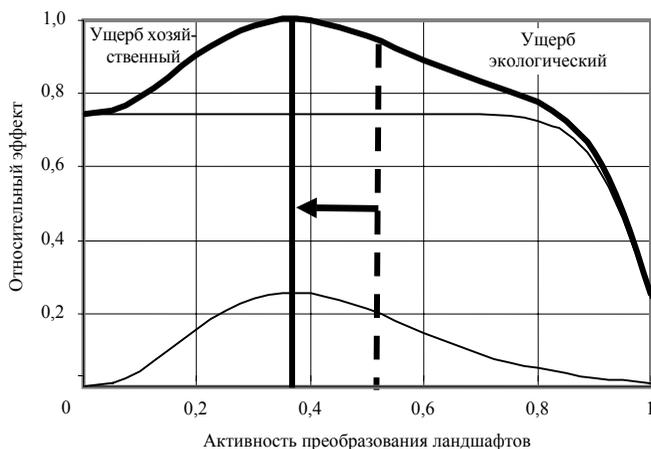


Рис. 7.2. Относительная эффективность землепользования (пунктирной линией показано фактическое значение активности преобразования)

После расчетов *активности природопользования* формула (7.1) позволяет оценивать теоретический уровень синергетического эффекта, а этот эффект, в свою очередь, можно будет сравнить с реально достигнутым на конкретной территории социальным, экологическим и экономическим эффектом. Формула также позволяет количественно оценивать активность и эффективность природопользования в рамках различных форм собственности – от частного хозяйства до отдельных государств и их союзов. Она дает возможность сравнивать даже отдельные страны, а также регионы мира и материки между собой и в целом с биосферой планеты Земля.

Будем считать уравнение (7.1) критериальной зависимостью, для которой следует определять значение параметра  $v$  активности пользования территорией.

По графикам на рис. 7.1 и 7.2 видно, что при значении активности больше 0,382 будет изначально намечаться экологический ущерб, определяемый по формуле

$$\Delta E = 1 - 0,74548 \exp(-1,13358v^{16,63447}) - 17,28145v^{2,47064} \exp(-7,28945v^{1,43708}), \quad (7.5)$$

где  $\Delta E$  – относительный ущерб от преобразования ландшафтов:

- при условии активности землепользования ( $v < 0,400$ ) это будет хозяйственный относительный ущерб;
- $v > 0,400$  – относительный экологический ущерб;
- $v \approx 0,400$  – на данной территории соблюдается территориальное экологическое равновесие.

## 7.2. Распределение эродированных земель

В инженерной экологии недостаточно изученными являются земли, подверженные эрозии. Выявление закономерностей распределения этих земель по значениям площади позволит управлять мероприятиями по повышению качества сельскохозяйственных угодий [98, 118–120].

На примере земель сельскохозяйственного назначения РМЭ показана общая закономерность изменения площади по степени водной эрозии. Статистика учитывает эродированные земли через каждые пять лет, поэтому используются фактические значения площади эродированных земель РМЭ за 1990, 1995 и 2000 гг. (к сожалению, в последующем инвентаризация земельных угодий не проводилась).

Исходные данные приведены в табл. 7.3.

Статистическое моделирование позволяет превратить табличные модели в так называемые устойчивые закономерности. В данном случае участки сельскохозяйственных угодий представляются в виде популяций живых существ. Исходя из этого, появляется возможность выявления распределений

Т а б л и ц а 7.3

## Сельскохозяйственные земли РМЭ, подверженные водной эрозии, га

Годы	Эрозионные опасные земли	Земли, подверженные водной эрозии			
		всего	из них по степени эрозии		
			слабо	средне	сильно
Сельскохозяйственные угодья					
1990	–	439,2	362,8	42,4	34,1
1995	632,0	329,5	257,0	41,2	31,3
2000	641,6	397,5	337,0	39,1	21,4
Пашни					
1990	–	393,6	350,7	39,9	3,0
1995	565,2	291,3	251,7	37,6	2,0
2000	560,0	346,0	306,3	37,7	2,0
Сенокосы					
1990	–	5,8	2,6	0,3	2,9
1995	–	3,5	0,8	0,2	2,5
2000	12,0	5,1	2,3	0,2	2,6
Пастбища					
1990	–	39,6	9,3	2,1	28,2
1995	27,5	21,5	3,9	0,8	16,8
2000	57,0	46,0	28,0	1,2	16,8

земель по категориям и отдельным качественным свойствам (кадастровой оценке).

Из табл. 7.3 видно, что динамика земель, подверженных различной степени водной эрозии, еще недостаточно проявляется, так как необходимы фактические данные за значительный промежуток времени (например, за 30–50 и более лет). Поэтому единственная возможность математического представления – это получение статистических моделей по общепринятой квалиметрической шкале степени эрозии почвы.

Новая шкала качественной оценки (ранг  $r$  степени водной эрозии) сельскохозяйственных земель имеет следующие коды:

- 0 – общая площадь земель, подверженных водной эрозии;
- 1 – слабая водная эрозия;
- 2 – средняя степень водной эрозии;
- 3 – сильная водная эрозия.

Такая шкала дает закономерности распределения земель по степени эрозии. Причем отклонения теоретических значений от данных табл. 7.3 оказались нулевыми, т. е. полученные формулы практически однозначно описывают изменения площади земель по степени водной эрозии (на это влияет также и малое количество значений в шкале).

После эвристико-статистической идентификации [93] формул, сконструированных на основе биотехнического закона, были получены следующие статистические модели (табл. 7.4):

- всего угодий в 1990 г., подверженных водной эрозии

$$S = 405,10 \exp(-0,20899r^{4,21740}) + 34,10; \quad (7.6)$$

- всего угодий в 1995 г., подверженных водной эрозии

$$S = 295,20 \exp(-0,27856r^{3,61170}) + 31,10; \quad (7.7)$$

- всего угодий в 2000 г., подверженных водной эрозии

$$S = 376,10 \exp(-0,17538r^{4,12303}) + 21,10. \quad (7.8)$$

Из формул (7.6)–(7.8) и данных табл. 7.4 видно, что статистическая закономерность состоит из двух составляющих типа  $S = S_1 + S_2$ .

При этом первая составляющая является законом гибели в общей форме, которую предложил проф. П. М. Мазуркин вместо общеизвестного закона Ципфа–Парето–Мандельброта. Отличие между ними заключается в степени, т. е. в интенсивности гибели, например, интенсивности 4,21740 в формуле (7.6) вместо единицы. Известный в биологии и экологии закон Ципфа имеет интенсивность равную единице.

Вторая составляющая является постоянной величиной и характеризует земли, подверженные сильной водной эрозии. Расчетные значения общей площади однозначно соответствуют статистическим данным табл. 7.3.

Т а б л и ц а 7.4

Сельскохозяйственные земли по РМЭ, подверженные водной эрозии, га

Ранг $r$	1990 г., модель (7.6)			1995 г., модель (7.7)			2000 г., модель (7.8)		
	$S$	$S_1$	$S_2$	$S$	$S_1$	$S_2$	$S$	$S_1$	$S_2$
0	439,2	405,1	34,1	329,5	298,2	31,3	397,5	376,1	21,4
1	362,8	328,7	34,1	257,0	225,7	31,3	337,0	315,6	21,4
2	42,4	8,3	34,1	41,2	9,9	31,3	39,1	17,7	21,4
3	34,1	0,0	34,1	31,3	0,0	31,3	21,4	0,0	21,4

По изменению водной эрозии пашен по РМЭ были получены статистические формулы (табл. 7.5):

- пашни в 1990 г., подверженные водной эрозии

$$S = 390,60\exp(-0,11634r^{4,34199}) + 3,00; \quad (7.9)$$

- пашни в 1995 г., подверженные водной эрозии

$$S = 289,31\exp(-0,14720r^{3,83098}) + 1,99; \quad (7.10)$$

- пашни в 2000 г., подверженные водной эрозии

$$S = 344,00\exp(-0,12263r^{4,20745}) + 2,00. \quad (7.11)$$

Из-за того, что модели (7.9)–(7.11) также включают в себя общий закон гибели (вместе с тем в универсальной, по сравнению с законом Ципфа, форме), то изменение площади пашен по РМЭ является устойчивым законом распределения.

При этом сравнение формул (7.9)–(7.11) с уравнениями (7.6)–(7.8) показывает, что интенсивность гибели эродированных пашен по рангу (4,34199; 3,83098 и 4,20745) выше интенсивности гибели всех угодий (соответственно 4,21749; 3,61170 и 4,12323). Это означает, что на сельскохозяйственных предприятиях на пашни обращают большее экологическое внимание по сравнению с другими категориями сельскохозяйственных земель.

По площади водной эрозии сенокосов по РМЭ были получены следующие статистические модели (табл. 7.6):

- сенокосы в 1990 г., подверженные водной эрозии

$$S = 5,80\exp(-0,80410r^{3,41550}) + 0,007000r^{6,71430}\exp(-0,44960r); \quad (7.12);$$

Т а б л и ц а 7.5

Пашни по РМЭ, подверженные водной эрозии, га

Ранг <i>r</i>	1990 г., модель (7.9)			1995 г., модель (7.10)			2000 г., модель (7.11)		
	<i>S</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>	<i>S</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>	<i>S</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>
0	393,6	390,6	3,0	291,3	289,3	2,0	346,0	344,0	2,0
1	350,7	347,7	3,0	251,7	249,7	2,0	306,3	304,3	2,0
2	39,9	36,9	3,0	37,6	35,6	2,0	37,7	35,7	2,0
3	3,0	0,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	2,0

Сенокосы по РМЭ, подверженные водной эрозии, га

Ранг $r$	1990 г., модель (7.12)			1995 г., модель (7.13)			2000 г., модель (7.14)		
	$S$	$S_1$	$S_2$	$S$	$S_1$	$S_2$	$S$	$S_1$	$S_2$
0	5,8	5,8	0,0	3,5	3,5	0,0	5,1	5,1	0,0
1	2,6	2,6	0,0	0,8	0,8	0,0	2,3	2,3	0,0
2	0,3	0,0	0,3	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0
3	2,9	0,0	2,9	2,5	0,0	2,5	2,6	0,0	2,6

- сенокосы в 1995 г., подверженные водной эрозии

$$S = 3,50 \exp(-1,47592 r^{1,01500}) + 7,5311 \cdot 10^{-6} \cdot r^{11,55740}; \quad (7.13)$$

- сенокосы в 2000 г., подверженные водной эрозии

$$S = 5,10 \exp(-0,79630 r^{2,03820}) + 2,1314 \cdot 10^{-7} \cdot r^{14,85120}. \quad (7.14)$$

Сенокосы получили более сложную конструкцию статистической закономерности. На этих угодьях происходит интенсификация водной эрозии по мере увеличения ранга.

В статистических моделях (7.12)–(7.14) вторая составляющая усложняется по структуре, превращаясь в биотехнический закон проф. П. М. Мазуркина в упрощенной форме. При этом в формулах (7.13) и (7.14) экспоненциальная зависимость устраняется, и биотехнический закон превращается в общеизвестный закон аллометрического роста. Последний показывает, что по РМЭ за 10 лет площади сенокосов, подверженные водной эрозии, резко нарастают.

Причина ускорения водной эрозии почвы общеизвестна – это влияние зоны подтопления Чебоксарского водохранилища.

По площади водной эрозии пастбищ по РМЭ были получены статистические модели (табл. 7.7):

- пастбища в 1990 г., подверженные водной эрозии

$$S = 39,60 \exp(-1,44881 r^{1,02510}) + 1,4252 \cdot 10^{-7} \cdot r^{17,37362}; \quad (7.15)$$

- пастбища в 1995 г., подверженные водной эрозии

$$S = 21,50 \exp(-1,70707 r^{0,95520}) + 8,7989 \cdot 10^{-8} \cdot r^{17,34700}; \quad (7.16)$$

Пастбища по РМЭ, подверженные водной эрозии, га

Ранг $r$	1990 г., модель (7.15)			1995 г., модель (7.16)			2000 г., модель (7.17)		
	$S$	$S_1$	$S_2$	$S$	$S_1$	$S_2$	$S$	$S_1$	$S_2$
0	39,6	39,6	0,0	21,5	21,5	0,0	46,0	46,0	0,0
1	9,3	9,3	0,0	3,9	3,9	0,0	28,0	28,0	0,0
2	2,1	2,1	0,0	0,8	0,8	0,0	1,2	0,3	0,9
3	28,2	0,5	27,7	16,8	0,2	16,6	16,8	0,0	16,8

- пастбища в 2000 г., подверженные водной эрозии

$$S = 46,00 \exp(-0,49666r^{3,37730}) + 0,0068797r^{7,31470} \exp(-0,078485r). \quad (7.17)$$

Из этих статистических законов распределения видно, что по второй составляющей приведенных формул резко нарастает тенденция деградации пастбищ по РМЭ. Это необходимо учитывать при принятии долгосрочных мероприятий по сельскому хозяйству на данной территории.

По остальным категориям сельскохозяйственных земель, прежде всего из-за отсутствия многолетних данных, аналогичные закономерности не получаются. В целом на основе вышеприведенных закономерностей распределения можно сделать вывод о том, что процесс водной эрозии сельскохозяйственных земель изменяется в зависимости от степени (ранга) эродированности по общему устойчивому закону

$$S = S_{\text{общ.}} \exp(-a_1 r^{a_2}) + a_3 r^{a_4} \exp(-a_1 r), \quad (7.18)$$

где  $S_{\text{общ.}}$  – вся площадь эродированных земель, га;  $r$  – ранг (степень) водной эрозии (0, 1, 2, 3);  $a_1 \dots a_5$  – параметры модели.

Формулу (7.18) следует проверить по статистическим данным других территорий субъектов Российской Федерации. Если ее структура не изменится, то можно будет утверждать, что статистическая модель (7.18) является устойчивым общим законом распределения земель, подверженных водной эрозии различной степени.

### 7.3. Лесистость и распаханность территории

Как уже отмечалось ранее, лесистость показывает сохранность на данной территории фрагмента биосферы Земли, а распаханность, являясь своеоб-

разным ожогом суши, – распространенность человека как экологической эпидемии. Причем общая площадь «ожогов» составляет ныне 48% от всей суши планеты.

На равнинных территориях вполне возможна взаимная связь между показателями лесистости и распаханности территории, т. е. между площадями пашни и леса. Для доказательства была взята Кировская область [96, 117], разделенная на 39 сельских районов, количество которых почти в три раза больше, чем в РМЭ.

После идентификации биотехнического закона была получена линейная модель (табл. 7.8) (частный случай биотехнического закона), которая имеет вид

$$\xi = 82,75 - 1,1045\zeta, \quad (7.19)$$

где  $\xi$  – лесистость территории, %;  $\zeta$  – распаханность земель территории, %.

Формула (7.19) получила высокую представительность (репрезентативность) из-за малого значения максимальной относительной погрешности, которая без волновой составляющей равна 35,48%.

Влияние доли лесов на распаханность территории также определяется линейной зависимостью (табл. 7.8) в виде

$$\zeta = 71,47 - 0,8355\xi.$$

Однако, как показывает сравнение по значениям относительной погрешности  $\Delta$ , намного точнее зависимость лесистости от распаханности территории, чем наоборот – распаханности от лесистости. Это означает, что техногенное влияние человека посредством сельскохозяйственной деятельности определяет существование лесных массивов на данной территории. Чтобы увеличить площадь лесов для образования биокаркаса территории, необходимо сокращать площади пашни.

#### 7.4. Уточнение влияния распаханности на лесистость

Линейные модели слишком просты и приводят к отрицательным значениям изучаемого показателя при больших значениях объясняющей переменной. Поэтому уточнение влияния распаханности на лесистость была выполнена в решающей среде CurveExpert-1.3.

По всем точкам (рис. 7.3) был получен тренд в виде закона экспоненциальной гибели

$$\xi = 89,423 \exp(-0,020159\zeta^{1,03112}). \quad (7.20)$$

Таблица 7.8

Взаимозависимости лесистости и распаханности земель Кировской области по административным сельским районам, %

Административные сельские районы	Зависимость лесистости территории от распаханности земель				Зависимость распаханности земель от лесистости территории			
	$\hat{\xi}$	$\zeta$	$\varepsilon$	$\Delta$	$\hat{\zeta}$	$\varsigma$	$\varepsilon$	$\Delta$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Арбажский	35,3	43,2	-8,24	-23,34	35,5	42,0	-6,48	-18,24
2. Афанасьевский	78,0	73,5	4,53	5,80	8,4	6,3	2,10	24,99
3. Белохолуницкий	79,4	74,2	5,15	6,49	7,7	5,1	2,57	23,36
4. Богородский	30,2	24,9	5,33	17,64	52,4	46,2	6,16	11,76
5. Верхнекамский	84,7	80,8	5,94	4,85	1,8	0,7	1,10	60,94
6. Верхошижемский	55,4	51,4	4,02	7,25	28,4	25,2	3,22	11,33
7. Вятскополянский	25,8	31,5	-5,70	22,10	46,4	49,9	-3,51	-7,57
8. Даровский	67,5	62,9	4,63	6,86	18,0	15,1	2,93	16,26
9. Зуевский	41,5	42,5	-1,05	-2,52	36,4	36,8	-0,40	-1,09
10. Кикнурский	32,4	33,5	-1,09	-3,36	44,6	44,4	0,20	0,45
11. Кильмезский	71,4	64,1	7,32	10,25	16,9	11,8	5,08	30,09
12. Кирово-Чепецкий	35,4	48,0	-12,56	-35,48	31,5	41,9	-10,39	-32,99
13. Котельничский	44,9	54,0	-9,13	-20,34	26,0	34,0	-7,96	-30,00
14. Куменский	34,1	31,1	3,04	8,92	46,8	43,0	3,82	8,16
15. Лебяжский	20,9	18,9	1,99	9,52	57,8	54,0	3,79	8,56
16. Лузский	83,7	78,2	5,48	6,55	4,1	1,5	2,56	62,47
17. Малмыжский	35,0	33,9	1,07	3,05	44,2	42,2	1,97	4,46

Окончание табл. 7.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18. Мурашинский	73,6	76,7	-3,08	-4,18	5,5	10,0	-4,48	-81,40
19. Нагорский	80,0	77,9	2,11	2,54	4,4	4,6	-0,23	-5,23
20. Немский	52,3	48,3	4,01	7,67	31,2	27,8	3,43	10,98
21. Нолинский	37,8	35,8	1,99	5,27	42,5	39,9	2,61	6,15
22. Омутнинский	84,3	79,7	4,64	5,51	2,8	1,0	1,76	62,95
23. Опаринский	87,7	80,9	6,83	7,79	1,7	-1,8	3,50	206,08
24. Оричевский	47,0	58,3	-11,34	-24,13	22,1	32,2	-10,10	-45,71
25. Орловский	47,5	56,6	-9,07	-19,10	23,7	31,8	-8,08	-34,11
26. Пижанский	7,9	7,1	0,81	10,23	68,5	64,9	3,63	5,30
27. Подосиновский	80,2	74,8	5,40	6,74	7,2	4,5	2,74	38,02
28. Санчурский	27,4	25,5	1,86	6,80	51,8	48,6	3,22	6,22
29. Свечинский	41,6	51,8	-10,22	-24,58	28,0	36,7	-8,74	-31,12
30. Слободской	55,4	63,9	-8,46	-15,28	17,1	25,2	-8,08	-47,27
31. Советский	38,1	33,0	5,05	13,26	45,0	39,6	5,36	11,92
32. Сунский	25,4	22,8	2,62	10,33	54,3	50,2	4,05	7,46
33. Тужинский	31,9	34,5	-2,58	-8,10	43,7	44,8	-1,12	-2,56
34. Унинский	42,1	36,8	5,30	12,58	41,6	36,3	5,30	12,75
35. Уржумский	37,2	36,0	1,17	3,15	42,3	40,4	1,91	4,52
36. Фаленский	38,1	33,5	4,61	12,10	44,6	39,6	4,96	11,13
37. Шабалинский	58,5	61,9	-3,37	-5,77	18,9	22,6	-3,69	-19,54
38. Юрьянский	50,7	62,8	-12,06	-23,78	18,1	29,1	-11,01	-60,83
39. Яранский	23,1	18,1	4,96	21,49	58,5	52,2	6,33	10,82

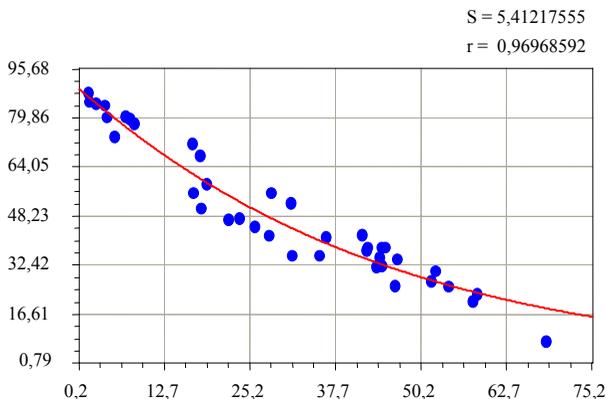


Рис. 7.3. Изменение лесистости в зависимости от распаханности территории сельских районов Кировской области

Если исключить Пижанский район, как значительно отклоняющуюся точку, то получим модель (рис. 7.4) в виде уточненного тренда

$$\xi = 91,033 \exp(-0,026951 \zeta^{0,95368}). \quad (7.21)$$

Сравнение показывает, что исключение даже одной точки существенно влияет на значения параметров модели.

На рис. 7.4 приведены остатки формулы (7.21), которые показывают, что можно искать волновую составляющую с амплитудой, изменяющейся по биотехническому закону, по выпуклой кривой.

После идентификации биотехнического закона была получена статистическая закономерность (рис. 7.5) в виде формулы

$$\xi = 88,0439 \exp(-0,014929 \zeta^{1,09376}) - A \cos(\pi \zeta / p_{0,5} + 3,72009), \quad (7.22)$$

$$A = 1,9276 \cdot 10^{-11} \zeta^{11,6793} \exp(-0,37912 \zeta^{1,03749}),$$

$$p_{0,5} = 0,98472 - 0,00025416 \zeta^{1,28653}.$$

Уравнение (7.22) имеет увеличивающуюся частоту колебательного возмущения с ростом распаханности территории.

Хотя амплитуда и снижается выше доли распаханности территории в 30%, тем не менее в половине периода снижается и волнение. Такое волнение приводит к потере душевного равновесия, как четвертого фактора экологического равновесия. Амплитуда тремора понижается только потому,

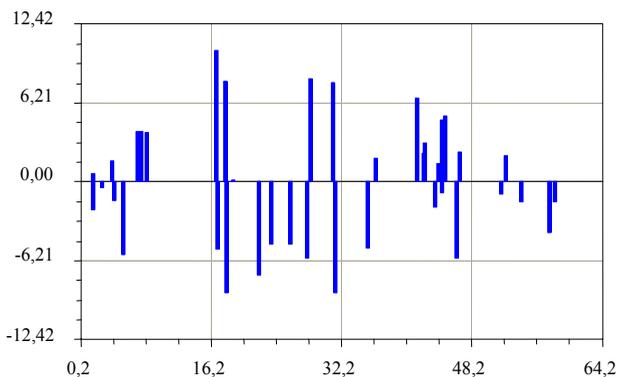


Рис. 7.4. Остатки тренда (7.21) изменения лесистости в зависимости от распаханности территории сельских районов Кировской области

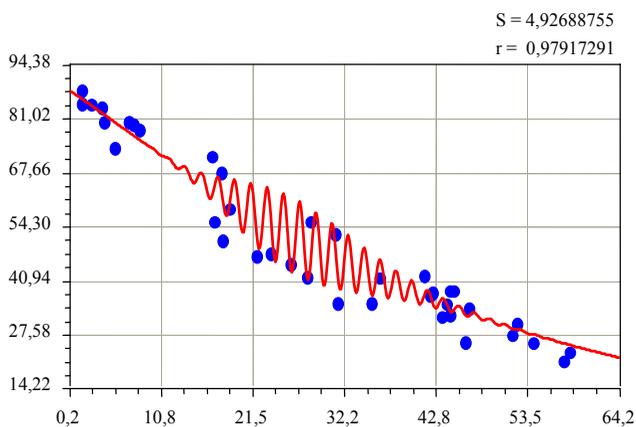


Рис. 7.5. Изменение лесистости в зависимости от распаханности территории сельских районов Кировской области с учетом волны тремора

что у местных жителей наступает апатия и безразличие к исконно своим землям и они полностью отрываются от сельских угодий. Такова реальная действительность на селе.

Остатки модели (7.22) приведены на рис. 7.6.

Здесь снова наблюдается возможность волнового возмущения. При этом амплитуда также должна изменяться по биотехническому закону.

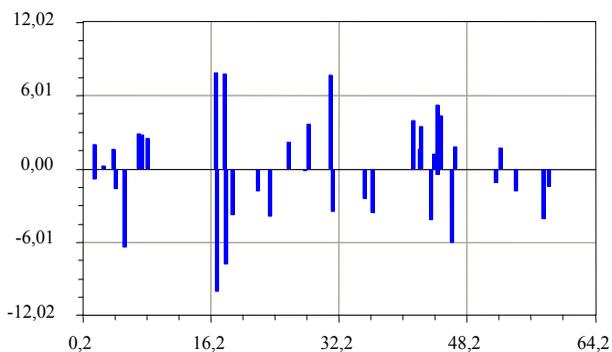


Рис. 7.6. Остатки модели (7.22) изменения лесистости в зависимости от распаханности территории сельских районов Кировской области

После дальнейшей идентификации вейвлет-функции проф. П. М. Мазуркина была получена зависимость (рис. 7.7) с двумя волнами в виде

$$\begin{aligned} \zeta = & 88,1519 \exp(-0,015018\zeta^{1,09609}) - \\ & - A_1 \cos(\pi\zeta / p_1 + 3,73625) - \\ & - A_2 \cos(\pi\zeta / p_2 - 2,93701), \end{aligned} \quad (7.23)$$

$$A_1 = 1,6271 \cdot 10^{-11} \zeta^{11,66004} \exp(-0,37494\zeta^{1,03215}),$$

$$p_1 = 0,98432 - 0,00022766\zeta^{1,29696},$$

$$A_2 = 1,9405 \cdot 10^{-6} \zeta^{4,86423} \exp(-0,073799\zeta^{1,06910}),$$

$$p_2 = 1,17786 + 2,5262 \cdot 10^{-5} \zeta^{1,36585}.$$

Оба колебательных возмущения имеют отрицательный знак, и это указывает на то, что возмущения кризисные. Снижение лесистости происходит в популяции из 39 сельских районов Кировской области с трудом, и еще 300 с лишним лет назад это был лесистый край.

Первое возмущение не изменилось, а второе колебательное изменение показывает рост успокоенности из-за снижения частоты колебания (увеличения половины периода тремора).

Таким образом, на рис. 7.7 четко видны три части субъектов Кировской области, имеющие различный стиль поведения. В первую часть входят сельские районы с распаханностью территории до 10%. Этим районам можно не волноваться, а влияние двух колебаний здесь незаметно (рис. 7.8).

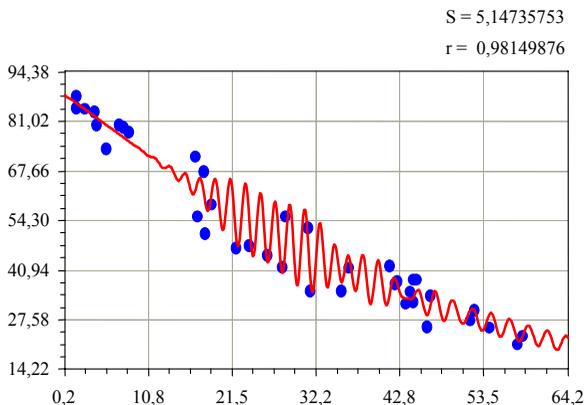


Рис. 7.7. Изменение лесистости в зависимости от распаханности территории сельских районов Кировской области с учетом двух волн тремора

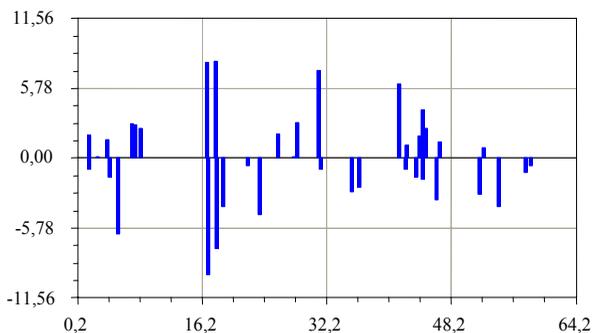


Рис. 7.8. Остатки модели (7.23) изменения лесистости в зависимости от распаханности территории сельских районов Кировской области с двумя кризисными волновыми возмущениями

Здесь, по остаткам на рис. 7.8, в одном месте наблюдается «всплеск» показателя и заметна еще третья волна возмущения. Однако программный комплекс не способен обрабатывать столь сложные формулы с числом параметров модели более 20.

Во вторую часть «средняков» входят сельские районы с распаханностью территории от 16 до 32% (см. рис. 7.8). Здесь имеется еще одно возмущение, приводящее к разнобою в лесистости территории. К третьей части относятся высокоаграрные сельские районы, на территории которых наблюдается лесистость менее 40%. Здесь душевные переживания середняков не замечаются, а дальнейший рост распаханности территории не вызывает бурных волнений.

## 7.5. Уточнение влияния лесистости на распаханность

Как лесистость территории влияет на процент распаханности? Имеется ли стремление людей к пашевому земледелию, когда выжигаются леса для получения золы в качестве удобрения.

Для анализа этих волновых составляющих изобразим рой точек после тренда так, как это показано на рис. 7.9, а сам тренд в виде формулы

$$\zeta = 71,0128 \exp(-0,00074784 \zeta^{1,84148}). \quad (7.24)$$

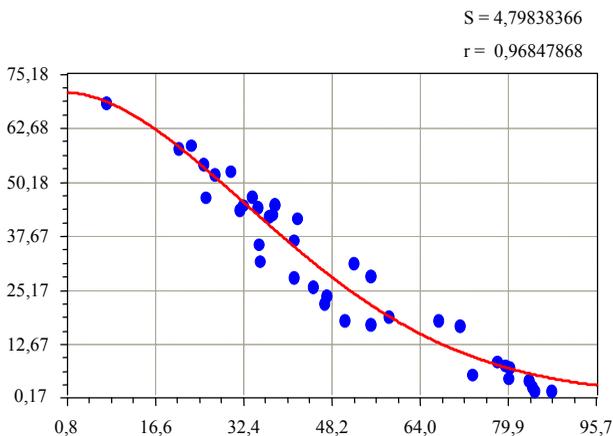


Рис. 7.9. Тренд изменения распаханности в зависимости от лесистости территорий сельских районов Кировской области

Преимуществом является то, что здесь не исключена верхняя точка, которая изменила поведение кривой по сравнению с графиком на рис. 7.3. Поэтому показатель тесноты связи  $\zeta = f(\xi)$  лучше, чем в структуре  $\xi = f(\zeta)$ . Таким образом, в основе взаимоотношений с землей все же сохранилась древняя традиция пашевого земледелия, которая ныне в самом разгаре роста и развития соблюдается на территории реки Амазонки. В Кировской области данную технологию к лесу не применяют. Но зато в советские годы на севере Кировской области были значительными объемы заготовки кругляка древесины.

После идентификации тренда в виде закона экспоненциальной гибели и двух вейвлет-функций кризисного колебательного возмущения сельских районов Кировской области была получена формула, которая аналогична по конструкции уравнению (7.23). Это статистическая закономерность (рис. 7.10) вида

$$\begin{aligned} \zeta = & 70,6987 \exp(-0,00069398 \zeta^{1,85728}) - \\ & - A_1 \cos(\pi \zeta / p_1 + 1,92141) - \\ & - A_2 \cos(\pi \zeta / p_2 - 3,46367), \end{aligned} \quad (7.25)$$

$$A_1 = 5,5756 \cdot 10^{-10} \zeta^{7,15573} \exp(-0,025332 \zeta^{1,35448}),$$

$$p_1 = 1,48498 + 0,0024279 \zeta^{0,70307},$$

$$A_2 = 1,8184 \cdot 10^{-5} \zeta^{4,22294} \exp(-0,077257 \zeta^{1,00723}),$$

$$p_2 = 1,91267 - 0,00029107 \zeta^{1,12624}.$$

$$S = 3,96752864$$

$$r = 0,98635562$$

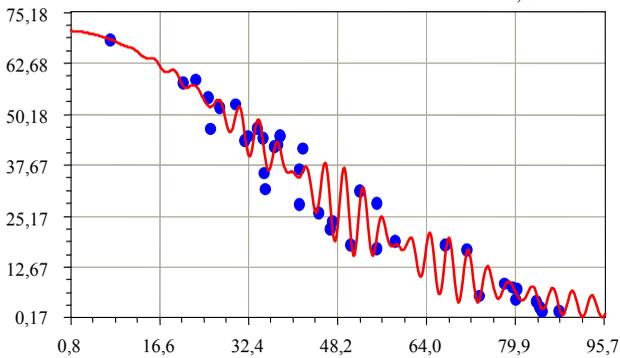


Рис. 7.10. Изменение распаханности в зависимости от лесистости территории сельских районов Кировской области с учетом двух волн кризисного тремора

Модель (7.25) при коэффициенте корреляции 0,9864 точнее модели (7.23) с этим же коэффициентом, равным 0,9815. Проведем дальнейшее моделирование остатков, показанных на рис. 7.11. Такой анализ остатков для функции  $\zeta = f(\zeta)$  не проводится.

Здесь можно высказать методологическое замечание о том, что простая линейная модель не является достоверным средством сопоставления различных статистических выборок. Ранее сделанный вывод о преимуществе влияния распаханности на лесистость был методологически неверным.

На рис. 7.11 остатки проявляются гораздо четче по сравнению с рис. 7.8.

Всего было найдено шесть вейвлет-функций, из которых четыре являются адаптационными возмущениями (положительный знак впереди составляющей), а две – кризисными колебаниями. Таким образом, общее количество кризисных возмущений также равно четырем, если учесть составляющие формулы (7.25).

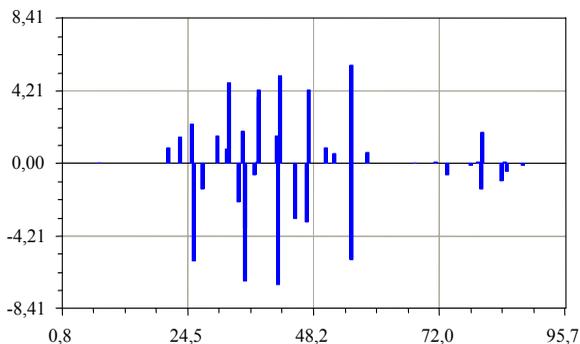


Рис. 7.11. Остатки модели (7.25) изменения распаханности в зависимости от лесистости территории сельских районов Кировской области с двумя кризисными волновыми возмущениями

Всего образуется девять составляющих. Их изучение показало, что в Кировской области параметр лесистости все еще влияет на изменение коэффициента распаханности территории.

## 7.6. Ранговое распределение лесистости территории

Вся история России – это стремление достичь естественных территориальных границ. Также и область, например Кировская [96, 120, 141], исторически определялась постепенным растеканием населения и занятием людьми природных объектов по бассейнам рек и их притокам. Удобство транспортных путей также определяло формирование административных районов. Поэтому совокупность 39 административных районов вполне можно считать за некую условную биологическую популяцию.

Ландшафты и их фрагменты на заданной территории имеют четкое орографическое распределение. Люди пытались приспособиться к рельефу местности и другим свойствам ландшафтов. Ныне технических средств достаточно, чтобы преобразовать любую систему ландшафтов и превратить ее в удобную для передвижения человека и его технических средств территорию. Однако нужно ли это делать и дальше, превращая природные ландшафты в промышленные пейзажи?

Ранговое распределение территорий в определенных границах позволяет ответить и на этот вопрос (табл. 7.9).

Процент лесистости территории административных районов определяется закономерностью рангового распределения (рис. 7.12) в виде

$$\xi = 86,91 \exp(-0,01820r_{\xi}^{1,2756}) + 2,7114 \exp(0,01658r_{\xi}) \sin(\pi r_{\xi} / 10,32). \quad (7.26)$$

Т а б л и ц а 7.9

Распределение лесистости по административным районам Кировской области, %

Административные сельские районы	Факт. значе- ние $\xi$	Ранг $r_{\xi}$	Расчетные значения			Составляющие (7.26)		
			$\xi$	$\varepsilon$	$\Delta$	$\xi_1$	$A$	$\xi_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Арбажский	35,3	22	35,6	-0,25	0,71	34,0	3,90	1,6
2. Афанасьевский	78,0	6	75,6	2,43	3,11	72,7	3,00	2,9
3. Белохолуницкий	79,4	5	78,4	1,04	1,30	75,4	2,95	2,9
4. Богородский	30,2	27	29,7	0,54	1,78	25,7	4,24	4,0
5. Верхнекамский	84,7	1	86,2	-1,47	-1,74	85,3	2,76	0,8
6. Верхошижемский	55,4	12	58,3	-2,92	-5,27	59,0	3,25	-0,7
7. Вятскополянский	25,8	29	25,4	0,44	1,72	22,9	4,39	2,5
8. Даровский	67,5	9	65,6	1,89	2,79	64,4	3,15	1,2
9. Зуевский	41,5	18	39,4	2,11	5,10	42,0	3,65	-2,6
10. Кикнурский	32,4	25	32,8	-0,37	-1,14	28,8	4,10	4,0
11. Кильмезский	71,4	8	69,1	2,26	3,16	67,1	3,10	2,0
12. Кирово-Чепецкий	35,4	22	35,6	-0,15	-0,43	34,0	3,90	1,6
13. Котельничский	44,9	16	43,0	1,88	4,19	46,5	3,54	-3,5
14. Куменский	34,1	24	33,9	0,21	0,63	30,5	4,04	3,4
15. Лебяжский	20,9	32	17,7	3,18	15,19	19,1	4,61	-1,4
16. Лузский	83,7	3	83,0	0,73	0,87	80,7	2,85	2,3
17. Малмыжский	35,0	23	34,8	0,21	0,61	32,2	3,97	2,6
18. Мурашинский	73,6	7	72,5	1,12	1,52	69,9	3,05	2,6
19. Нагорский	80,0	4	80,8	-0,84	-1,04	78,1	2,90	2,7
20. Немский	52,3	12	54,7	-2,45	-4,68	56,4	3,31	-1,6
21. Нолинский	37,8	20	37,1	0,09	1,83	37,9	3,78	-0,7
22. Омутнинский	84,3	2	84,8	-0,47	-0,55	83,2	2,80	1,6
23. Опаринский	87,7	0	86,9	0,79	0,90	86,9	2,71	0,0
24. Оричевский	47,0	15	45,4	1,57	3,35	28,8	3,48	-3,4
25. Орловский	47,5	14	48,2	-0,72	-1,52	51,3	3,42	-3,1
26. Пижанский	7,9	33	15,3	-7,41	-93,74	18,0	4,69	-2,7
27. Подосиновский	80,2	4	80,8	-0,64	-0,79	78,1	2,90	2,7
28. Санчурский	27,4	24	33,9	-6,49	-23,67	30,5	4,04	3,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
29. Свечинский	41,6	18	39,4	2,21	5,32	42,0	3,65	-2,6
30. Слободской	55,4	11	58,3	-2,92	-5,27	59,0	3,25	-0,7
31. Советский	38,1	19	38,1	-0,01	-0,02	39,9	3,72	-1,8
32. Сунский	25,4	30	22,9	2,53	9,95	21,6	4,46	1,3
35. Уржумский	37,2	21	36,3	0,91	2,45	35,9	3,84	0,4
36. Фаленский	38,1	19	38,1	-0,01	-0,02	39,9	3,72	-1,8
37. Шабалинский	58,5	10	62,0	-3,48	-5,94	61,7	3,20	0,3
38. Юрьянский	50,7	13	51,3	-0,65	-1,28	53,8	3,36	-2,4
39. Яранский	23,1	31	20,3	2,81	12,17	20,3	4,53	-0,0

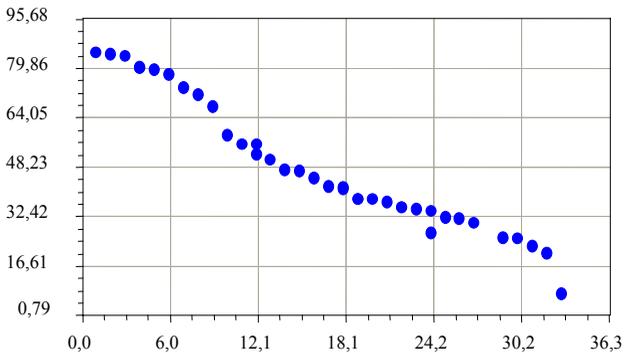


Рис. 7.12. Рой точек рангового изменения лесистости по территориям сельских районов Кировской области

Видно, что резко выделяются две точки. Если не учитывать Пижанский и Санчурский районы, где леса вырублены больше, чем по среднестатистической модели (7.26), то уточненная модель (рис. 7.13) является достаточно точной по формуле из тренда и дополнительного волнового возмущения

$$\xi = 86,8232 \exp(-0,011462 r_{\xi}^{1,37673}) + A \cos(\pi r_{\xi} / p_{0,5} - 2,09047), \quad (7.27)$$

$$A = 0,00081625 r_{\xi}^{6,03540} \exp(-0,52149 r_{\xi}^{0,96480}),$$

$$p_{0,5} = 1,41577 + 0,047423 r_{\xi}^{1,50056}.$$

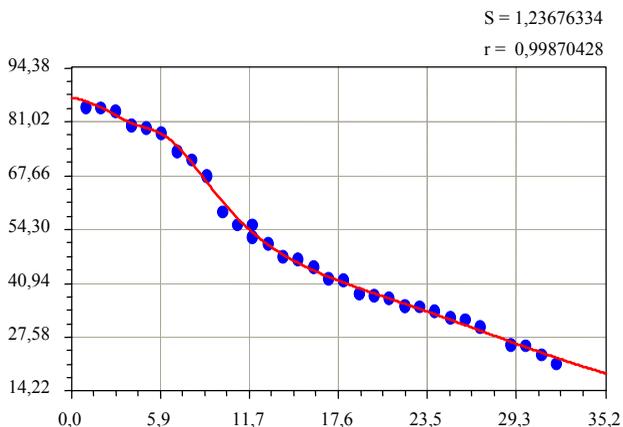


Рис. 7.13. Ранговое распределение лесистости по территориям сельских районов Кировской области

Как видно из остатков (рис. 7.14), точность модели (7.27) достаточно высока, чтобы при имеющейся погрешности измерений площади земель провести анализ распределения сельских районов Кировской области.

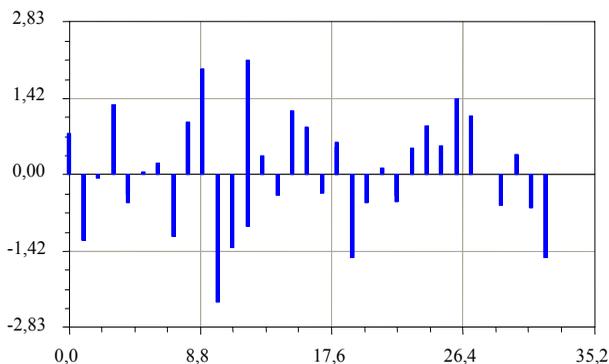


Рис. 7.14. Остатки модели (7.27) рангового изменения лесистости сельских районов Кировской области

Максимальная относительная погрешность равна 7,27% для ранга 32 (Лебяжский район).

В современном земельном кадастре точность измерения площади составляет  $\pm 1$  га. Поэтому модель (7.27) можно расширить по конструкции.

## 7.7. Ранговое распределение распаханности территории

Доля пашни по районам Кировской области предварительно получила ранговое распределение (табл. 7.10) в виде уравнения

$$\zeta = 68,42 \exp(-0,1782r_{\zeta}^{0,7063}) + 19,15 \exp(-0,02464r_{\zeta}) \sin(\pi r_{\zeta} / 22,72). \quad (7.28)$$

Ранг по ряду  $r_{\zeta} = 0, 1, 2, 3, \dots$  (есть еще  $r_{\zeta} = 1, 2, 3, \dots$  – места, когда за нулевой ранг принимается сумма всех значений показателя или же его максимально возможное значение) принят исходя из условия, что для людей снижение процента распаханности нежелательно.

По проценту лесистости снижение доли лесов на территории нежелательно как для самого леса, так и для людей, так как человек дышит кислородом, вырабатываемым деревьями. А спад пашни желателен для леса как живого существа. Поэтому при расчете коэффициентов экологичности нужно распределение территорий сельских районов поставить по возрастанию значения процента распаханности территории.

Сопоставление двух распределений показало бы, куда направлены духовные интересы людей в сельских районах. Такой анализ в данном обзоре не проводим из-за того, что равновесие рассматривается только по одному критерию из четырех, а нужны высокоточные исходные данные по уточненным земельным кадастрам. Вместе с тем основа методологии анализа методов, применяемых для достижения территориального экологического равновесия, понятна из приведенных примеров.

Ранговое распределение доли пашни точнее, чем доли лесов. Возмущение с ростом ранга снижается, а у лесистости – повышается. Этот факт указывает, что люди недостаточно обращают внимания на распределение лесов по площади по сравнению с участками пашни.

После идентификации биотехнического закона была получена (рис. 7.15) формула

$$\begin{aligned} \zeta &= 75,6200 \exp(-0,12452r_{\zeta}^{0,80452}) + A \cos(\pi r_{\zeta} / p_{0,5} - 2,64119), \quad (7.29) \\ A &= 8,52005 \exp(0,00021194r_{\zeta}^{2,05252}), \\ p_{0,5} &= 11,9855 + 0,042616r_{\zeta}^{1,44556}. \end{aligned}$$

Остатки, показанные на рис. 7.16, могут дать еще одну волновую составляющую в виде кризисного возмущения сельских районов Кировской области на увеличение ранга распаханности территории.

После идентификации вейвлет-функции была получена статистическая модель третьей составляющей (рис. 7.17) в виде

$$\zeta_3 = -1,27703r_{\zeta}^{2,29259} \exp(-1,55321r_{\zeta}^{0,50055}) \cos(\pi r_{\zeta} / 4,73715 - 4,81368), \quad (7.30)$$

которая имеет постоянную частоту колебания по структуре районов.

Т а б л и ц а 7.10

Распаханность земель по административным районам Кировской области, %

Административные сельские районы	Факт. значе- ние $\zeta$	Ранг $r_{\zeta}$	Расчетные значения			Составляющие (7.28)		
			$\zeta$	$\varepsilon$	$\Delta$	$\zeta_1$	$A$	$\zeta_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Арбажский	35,5	14	34,4	1,15	3,23	21,7	13,56	12,7
2. Афанасьевский	8,4	24	10,9	-2,48	-29,54	12,7	10,60	-1,9
3. Белохолуницкий	7,7	25	8,9	-1,23	-15,96	12,1	10,34	-3,2
4. Богородский	52,4	4	51,7	0,71	1,36	42,6	17,35	9,1
5. Верхнекамский	1,8	30	1,8	-0,04	-2,03	9,6	9,14	-7,7
6. Верхошижемский	28,4	16	29,7	-1,30	-4,59	19,4	12,91	10,3
7. Вятскополянский	46,4	6	48,6	-2,16	-4,65	36,4	16,52	12,2
8. Даровский	18,0	21	17,5	0,48	2,69	14,8	11,41	2,7
9. Зуевский	36,4	13	36,5	-0,14	-0,38	23,0	13,90	13,5
10. Кикнурский	44,6	8	45,6	-1,01	-2,25	31,6	15,72	14,1
11. Кильмезский	16,9	23	13,0	3,92	23,21	13,4	10,87	-0,4
12. Кирово-Чепецкий	31,5	15	32,1	-0,57	-1,81	20,5	13,23	11,6
13. Котельничский	26,0	17	27,3	-1,28	-4,91	18,3	12,60	9,0
14. Куменский	46,8	6	48,6	-1,76	-3,76	36,4	16,52	12,2
15. Лебяжский	57,8	2	56,1	1,67	2,89	51,2	18,23	5,0
16. Лузский	4,1	28	4,1	0,00	0,04	10,5	9,61	-6,4
17. Малмыжский	44,2	9	44,0	0,17	0,38	29,5	15,34	14,5
18. Мурашинский	5,5	27	5,5	-0,02	-0,45	11,0	9,85	-5,5
19. Нагорский	4,4	28	4,1	0,30	6,85	10,5	9,61	-6,4
20. Немский	31,2	15	32,1	-0,87	-2,79	20,5	13,23	11,6
21. Нолинский	42,5	11	40,5	1,96	-4,61	26,0	14,60	14,6
22. Омутнинский	2,8	29	2,9	-0,07	-2,41	10,0	9,37	-7,2
23. Опаринский	1,7	30	1,8	-0,14	-8,03	9,6	9,14	-7,7
24. Оричевский	22,1	19	22,4	-0,25	-1,15	16,4	11,99	5,9
25. Орловский	23,7	18	24,8	-1,12	-4,72	17,3	12,29	7,5
26. Пижанский	68,5	0	68,4	0,08	0,12	68,4	19,15	0,0
27. Подосиновский	7,2	26	7,1	0,06	0,85	11,5	10,09	-4,4
28. Санчурский	51,8	5	50,1	1,75	3,37	39,3	16,93	10,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
29. Свечинский	28,0	16	29,7	-1,70	-6,08	19,4	12,91	10,3
30. Слободской	17,1	22	15,2	1,90	11,13	14,1	11,14	1,1
31. Советский	45,0	7	47,1	-2,10	-4,86	33,8	16,12	13,3
32. Сунский	54,3	3	53,6	0,68	1,25	46,5	17,79	7,2
33. Тужинский	43,7	10	42,3	1,35	3,49	27,6	14,97	14,7
34. Унинский	41,6	12	38,6	3,00	7,21	24,4	14,25	14,2
35. Уржумский	42,3	11	40,5	1,76	4,16	26,0	14,60	14,6
36. Фаленский	44,6	8	45,6	-1,01	-2,25	31,6	15,72	14,1
37. Шабалинский	18,9	20	19,9	-1,01	-5,35	15,6	11,70	4,3
38. Юрьянский	18,1	21	17,5	0,58	3,23	14,8	11,41	2,7
39. Яранский	58,5	1	59,8	-1,33	-2,27	57,3	12,68	2,6

$$S = 1,62077144$$

$$r = 0,99714455$$

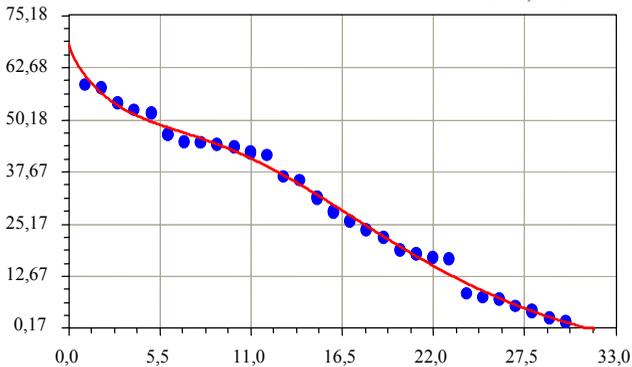


Рис. 7.15. Ранговое распределение распаханности по территориям сельских районов Кировской области

Остатки (рис. 7.18) после трех составляющих дают достаточно малую погрешность.

Рой точек показывает возможность еще и четвертого колебания. Однако такой подробный анализ нужно выполнять на точных данных земельного кадастра.

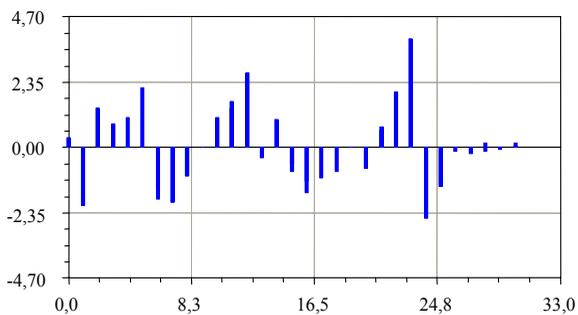


Рис. 7.16. Остатки модели (7.29) рангового изменения распаханности сельских районов Кировской области

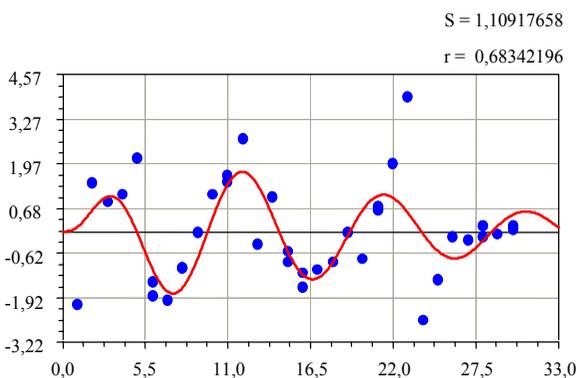


Рис. 7.17. Ранговое распределение распаханности третьей составляющей по территориям сельских районов Кировской области

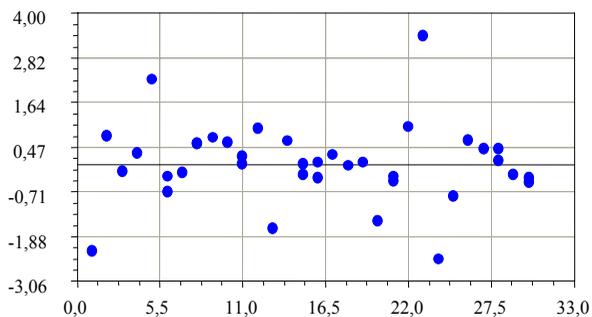


Рис. 7.18. Остатки моделей (7.29) и (7.30) рангового изменения распаханности сельских районов Кировской области

По формуле (7.30) амплитуда адаптационного приспособления людей к росту процента распаханности территории нарастает. Это означает появление безудержного желания у людей обладать все большей распашкой народных (значит ничейных) земель. Поэтому статистическую закономерность (7.30) можно применять только для понимания душевного равновесия населения, но нельзя использовать при проектировании природоохранных мероприятий.

## 7.8. Пользование сенокосами

Сенокосы и пастбища являются уникальными земельными угодьями, так как они в основном определяют землеобеспеченность одной головы КРС. В конце XX в. на долю домашних животных приходилась значительная часть полей под зерновые культуры, но экологическая роль травяного покрова сенокосов и пастбищ из года в год только возрастала. Поэтому выявление тенденций будущего изменения этого показателя позволяет дать рациональные рекомендации по животноводству.

Сенокосы как отдельная категория земельного фонда необходимы для обеспечения сеном на зиму домашних животных, прежде всего крупного рогатого скота.

После идентификации имеющихся статистических данных<sup>13</sup> (табл. 7.11, рис. 7.19) была получена модель динамики площади сенокосных угодий в Сернурском районе РМЭ в виде уравнения

$$S = 5100 \exp(-0,6207t) + 3,0974 \cdot 10^{-9} t^{10,3353} \exp(-0,2782t), \quad (7.31)$$

где  $S$  – площадь земельных угодий, га;  $t$  – время с момента начала учета ( $t = 0$  для 1959 г.), лет.

В динамике получилась формула с двумя составляющими, первая из которых показывает естественную убыль сенокосных земель в Сернурском районе. Теоретически она сходит «на нет» уже к 1988 г. (7.31), т. е. к началу системного кризиса в экономике России.

Прогноз, выполненный в 2001 г., неутешительный: без ухода за угодьями сенокосы пропадут в данном сельском районе.

Поэтому сенокосы существуют только благодаря усилиям людей, их трудовому стрессовому возбуждению. Без достаточного ухода все сенокосы заросли бы кустарником и покрылись кочками, мешающими сенокосению.

Многие сенокосы ныне нуждаются в различных культуртехнических работах по раскорчевке кустарника и пней, выравниванию поверхности, удобрению почвы и прочих мерах по уходу.

---

<sup>13</sup> Данные брались из официальных отчетов.

Т а б л и ц а 7.11

## Динамика площади сенокосных угодий в Сернурском районе РМЭ

Годы учета	Время $t$ , лет	Факт. значение $\hat{S}$ , га	Расчетные значения (7.31)			Составляющие (7.31)	
			$S$ , га	$\epsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , га	$S_2$ , га
1959	0	5 100	5 100	-0,0	-0,00	5 100	0
1988	29	1 200	1 263	63,4	5,28	0	1 263
1995	36	1 725	1 684	41,1	2,38	»	1 684
1996	37	1 725	1 692	32,7	1,90	»	1 692
1998	39	1 725	1 672	53,4	3,10	»	1 672
1999	40	1 653	1 644	8,8	0,53	»	1 644
2001	42	1 506	1 561	-54,6	-3,63	»	1 561
2002	43	1 465	1 507	-41,9	-2,86	»	1 507
2003	44	—	1 445	—	—	»	1 447
2004	45	—	1 382	—	—	»	1 382
2005	46	—	1 313	—	—	»	1 313
2010	51	—	949	—	—	»	949
2020	61	—	374	—	—	»	374
2030	71	—	111	—	—	»	111
2040	81	—	27	—	—	»	27

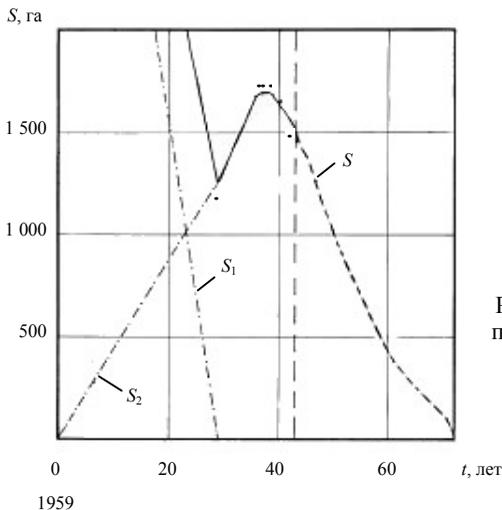


Рис. 7.19. Динамика площади под сенокосами в Сернурском районе РМЭ

При этом естественным путем образованных сенокосов, по-видимому, и не осталось. Такое культивирование опасно тем, что возможна природная катастрофа, которая не обязательно может быть связана с физическими процессами, но может являться полностью воспроизводимой и зависеть от технологических усилий людей.

## 7.9. Пользование пастбищами

Пастбища необходимы для естественного кормления животных. В интенсивном животноводстве пастбища применяют для кормления только молодняка КРС, а взрослые домашние животные кормятся зерновыми культурами и силосом от однолетних и многолетних трав. Иначе говоря, КРС и другие виды домашних животных активно конкурируют с людьми за пашни, засеиваемые не пищевыми, а кормовыми культурами. В бывшем СССР скотные дворы по качеству строительства намного превосходили жилые дома крестьян, ухаживающих за домашними животными на крупных животноводческих комплексах. И все это преподносилось как повышение благосостояния народа.

Современный зарубежный опыт показывает, что КРС содержится эффективнее в простых зимних сооружениях, а летом необходимы участки под сменные пастбища. В России происходит возврат к естественной природе жизнедеятельности одомашненных млекопитающих и домашних птиц, т. е. их приближение к жизни диких животных и перелетных птиц.

Площадь под пастбищами в Сернурском районе РМЭ изменяется в соответствии с формулой

$$S = 5200 \exp(-0,02454t) + 3,3753t^{3,4994} \exp(-0,1656t), \quad (7.32)$$

данные по которой приведены в табл. 7.12 и на рис. 7.20.

По формуле (7.32) естественная закономерность спада площади пастбищ более спокойная, чем это было характерно для сенокосов по выражению (7.31).

Так и должно быть, поскольку пастбища требуют меньшего технологического внимания по сравнению с сенокосами, за которыми постоянно надо ухаживать, чтобы земля не заросла кустарником. А пастбища утаптываются самими животными, поэтому здесь не только кустарники, но и сама трава находится под угрозой излишнего выпаса.

Уравнения (7.31) и (7.32) по конструкции одинаковы.

Как видно из результатов статистического моделирования, с 1959 по 1988 г. площадь пастбищ уменьшается более чем в два раза, а затем до начала XXI в. медленно снижается. Но к 2040 г. эти земельные угодья можно почти полностью потерять. Причем коэффициент приспособляемости

Т а б л и ц а 7.12

## Динамика площади пастбищ в Сернурском районе РМЭ

Годы	Время $t$ , лет	Факт. значение $\bar{S}$ , га	Расчетные значения (7.32)			Составляющие (7.32)	
			$S$ , га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , га	$S_2$ , га
1959	0	5 200	5 200	-0,0	-0,00	<b>5 200</b>	0
1988	29	6 200	6 181	19,4	0,31	2 552	<b>3 628</b>
1995	36	4 388	4 575	-186,8	-4,26	2 149	2 425
1996	37	4 378	4 359	18,8	0,43	2 097	2 262
1998	39	4 265	3 950	315,5	7,40	1 997	1 953
1999	40	3 700	3 756	-56,3	-1,52	1 948	1 808
2001	42	3 256	3 395	-138,9	-4,27	1 855	1 540
2002	43	3 255	3 227	28,2	0,87	1 810	1 417
2003	44	–	3 067	–	–	1 766	1 301
2004	45	–	2 916	–	–	1 723	1 193
2005	46	–	2 773	–	–	1 682	1 091
2010	51	–	2 172	–	–	1 488	684
2020	61	–	1 408	–	–	1 164	244
2030	71	–	990	–	–	911	79
2040	81	–	736	–	–	712	24

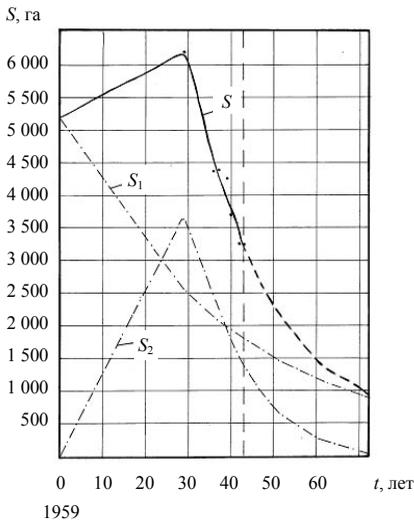


Рис. 7.20. Динамика площади под пастбищами в Сернурском районе РМЭ

человека к спаду площади пастбищ в Сернурском районе РМЭ в 2040 г. будет равен всего  $24 / 712 = 0,034$  при максимуме  $3628 / 2552 = 1,422$  в 1988 г.

### 7.10. Пользование сенокосами и пастбищами

Эти виды земельных угодий совместно образуют травяной покров территории и одновременно определяют потребность КРС в травянистых кормах: летом – пастбища, а зимой – сено, заготовленное на сенокосах (табл. 7.13).

После идентификации биотехническим законом суммы площади земель под сенокосами и пастбищами (рис. 7.21) была получена модель статистической закономерности

$$S = 10300,0 \exp(-0,1063t) + 0,5434t^{3,9708} \exp(-0,1410t). \quad (7.33)$$

Конструкция статистической закономерности и здесь не изменилась, а изменились только численные значения параметров модели.

Т а б л и ц а 7.13

Динамика площади сенокосных угодий и пастбищ в Сернурском районе РМЭ

Годы	Время $t$ , лет	Факт. значение $S_t$ , га	Расчетные значения (7.33)			Составляющие (7.33)	
			$S_t$ , га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$ , га	$S_2$ , га
1959	0	10 300	10 300	-0,0	-0,00	<b>10 300</b>	0
1988	29	7 400	7 385	15,5	0,21	472	<b>6 913</b>
1995	36	6 113	6 304	-191,3	-3,13	224	6 080
1996	37	6 103	6 089	13,9	0,23	201	5 887
1998	39	5 990	5 636	353,7	5,90	163	5 473
1999	40	5 353	5 403	-49,9	-0,93	146	5 256
2001	42	4 762	4 931	-168,9	-3,55	118	4 812
2002	43	4 720	4 695	24,6	0,52	106	4 589
2003	44	–	4 462	–	–	96	4 366
2004	45	–	4 232	–	–	86	4 146
2005	46	–	4 007	–	–	77	3 929
2010	51	–	2 970	–	–	45	2 925
2020	61	–	1 470	–	–	16	1 454
2030	71	–	654	–	–	5	649
2040	81	–	269	–	–	2	267

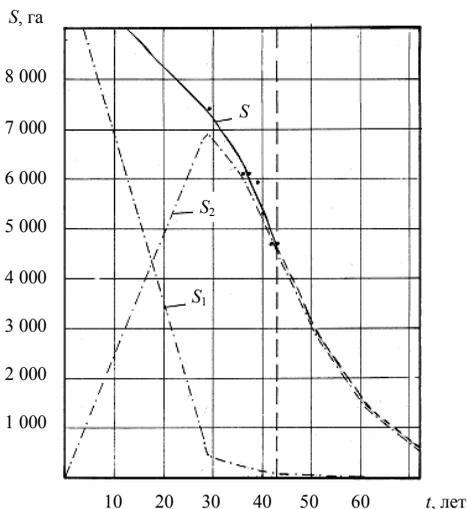


Рис. 7.21. Динамика площади под сенокосами и пастбищами в Сернурском районе РМЭ

Сопоставление показывает, что сенокосы оказывают большее влияние на динамику площади кормовых угодий для КРС, чем пастбища.

С 1959 по 2040 г., т. е. почти за сто лет, площади сенокосов и пастбищ снизятся почти в 40 раз. Поэтому необходимо принять любые природоохранные меры, чтобы сохранить кормовые угодья и одновременно увеличить травной покров территории.

### 7.11. Обеспеченность крупного рогатого скота сенокосами и пастбищами

Если поделить площадь под сенокосами и пастбищами на численность КРС, то получим землеобеспеченность одной головы домашнего животного.

После деления фактических значений (табл. 7.14 и рис. 7.22) была получена статистическая модель вида

$$S = 1,17 \exp(-1,8585t) + 0,008450t^{1,0351} \exp(-0,006452t) . \quad (7.34)$$

Однако в конце динамического ряда наметилось небольшое увеличение обеспеченности КРС кормовыми угодьями, и эта тенденция может продолжаться. По второй составляющей максимума еще не видно, что обнаддеживает.

По-видимому, после определения нормативов обеспеченности, возможно прогнозирование как численности КРС, так и земель под сенокосами и пастбищами.

Т а б л и ц а 7.14

Обеспеченность одной головы КРС в Сернурском районе сенокосами  
и пастбищами, га/голов

Годы	Время $t$ , лет	Факт. значение $S$	Расчетные значения (7.34)			Составляющие (7.34)	
			$S$	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$S_1$	$S_2$
1959	0	1,17	1,17	-7,6e-8	-0,00	<b>1,17</b>	0,00
1988	29	0,25	0,23	0,02	8,00	0,00	0,23
1995	36	0,22	0,27	0,05	-22,73	»	0,27
1996	37	0,28	0,28	0,00	0,00	»	0,28
1998	39	0,31	0,29	0,02	6,45	»	0,29
1999	40	0,31	0,30	0,01	3,23	»	0,30
2001	42	0,31	0,31	0,001	0,32	»	0,31
2002	43	–	0,31	–	–	»	0,31
2003	44	–	0,32	–	–	»	0,32
2004	45	–	0,33	–	–	»	0,33
2005	46	–	0,33	–	–	»	0,33
2010	51	–	0,36	–	–	»	0,36
2020	61	–	0,40	–	–	»	0,40
2030	71	–	0,44	–	–	»	0,44
2040	81	–	0,47	–	–	»	<b>0,47</b>

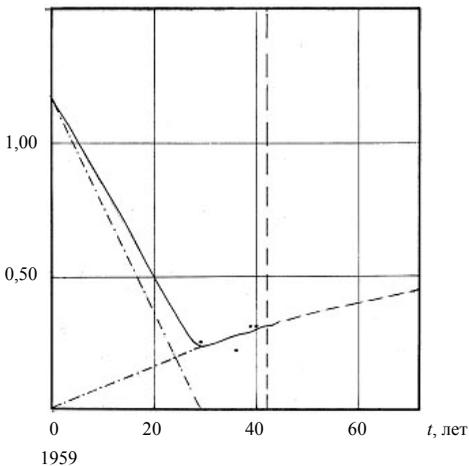


Рис. 7.22. Динамика обеспеченности одной головы КРС сенокосами и пастбищами в Сернурском районе РМЭ

Конструкция статистической модели не изменилась и в данном случае, поэтому можем считать доказанной закономерность в общем виде

$$y = y_0 \exp(-a_1 t^{a_2}) + a_3 t^{a_4} \exp(-a_5 t^{a_6}), \quad (7.35)$$

где  $y$  – значение изучаемого показателя в зависимости от времени;  $y_0$  – начальное значение показателя при условии  $t = 0$ ;  $a_1 \dots a_6$  – параметры статистической модели, причем, как правило  $a_6 = 1$ , а в некоторых случаях и  $a_2 = 1$ .

В Сернурском районе РМЭ обеспеченность одной головы КРС сенокосами и пастбищами быстро снижается. За 1959–2001 гг. она уменьшилась в  $1,17 / 0,31 = 3,77$  раза.

## 7.12. Выводы

Естественной закономерностью изменения суммарного эффекта в зависимости от доли антропогенным образом измененного ландшафта является быстрый экспоненциальный спад. Фактически этот закон мы постоянно наблюдаем: на заброшенных земельных участках уже через несколько лет самостоятельно возникает травяной покров. Поэтому реанимация природной среды осуществляется растительностью, прежде всего травяным покровом, а затем и лесным, за счет уничтожения окружающих техногенных участков, т. е. земельных угодий. Для получения максимума суммарного эффекта лучше вообще не трогать природные системы, если население и руководители предприятий и организаций не знают норм природопользования.

С некоторым малым резервом (в сторону окружающей природной среды) вполне можно сделать такой вывод: природопользованием людское население должно охватить долю территории, равную квадрату золотой пропорции, при этом повышение синергетического эффекта до максимума обеспечивается на оптимальное значение, равное кубу золотой пропорции. Когда активность экстенсивной эксплуатации природных ландшафтов меньше 0,382, страдает население (если оно плотно заселило территорию), но это благоприятствует сохранению окружающей природной среды для потомков. А если эксплуатация человеком природных ландшафтов превышает долю 0,382 территории, то вероятность деградации экосистем повышается, и население при превышении активности природопользования уровня 0,618 (золотой пропорции) начинает получать только экологический и экономический ущербы от чрезмерно активного природопользования.

В инженерной экологии недостаточно изученными являются земли, подверженные эрозии. Выявление закономерностей распределения этих земель по значениям площади позволит управлять мероприятиями по повышению качества сельскохозяйственных угодий.

Однако, как показывает сравнение значений относительной погрешности, намного точнее зависимость лесистости от распаханности территории,

чем наоборот. Это означает, что техногенное влияние человека сельскохозяйственной деятельностью определяет существование лесных массивов на данной территории. Чтобы увеличить площадь лесов для образования биокоркаса территории, придется сокращать площади пашни.

Оказалось, что в Кировской области параметр лесистости все еще влияет на изменение коэффициента распаханности территории. Эта территория исторически определялась постепенным растеканием населения и занятием людьми природных объектов по бассейнам рек и их притокам. Удобство транспортных путей также определяло формирование административных районов. Поэтому совокупность 39 сельских районов можно считать за некую условную биологическую популяцию.

Ландшафты и их фрагменты на заданной территории имеют четкое орографическое распределение. Люди пытались приспособиться к рельефу местности и другим свойствам ландшафтов. Ныне технических средств достаточно, чтобы преобразовать любую систему ландшафтов и превратить ее в удобную для передвижения человека и его технических средств территорию. Однако нужно ли это делать и дальше, превращая природные ландшафты в промышленные пейзажи?

Сопоставление двух распределений лесистости и распаханности территории показало бы, куда направлены духовные интересы людей в сельских районах. Такой анализ в данном обзоре не проводился потому, что равновесие рассматривается только по одному физическому критерию из четырех, а для общего анализа всех четырех факторов территориального экологического равновесия нужны высокоточные исходные данные по уточненным земельным кадастрам.

По проценту лесистости снижение доли лесов на территории (минимум площади, после которого лесной массив погибает сам собой) нежелательно как для самого леса, так и для людей, так как человек дышит кислородом, вырабатываемым деревьями. А спад пашни желателен для леса как живого существа. Поэтому при расчете коэффициентов экологичности нужно распределение территорий сельских районов поставить по возрастанию значения процента распаханности территории.

Амплитуда адаптационного приспособления людей к росту процента распаханности территории нарастает. Это означает появление безудержного желания у людей обладать все большей распаханной (значит ничейных) земель. Поэтому статистическую закономерность можно применять только для понимания душевного равновесия населения, но нельзя использовать при проектировании природоохранных мероприятий.

Сенокосы и пастбища являются уникальными земельными угодьями, так как они в основном определяют землеобеспеченность одной головы крупного рогатого скота. В конце XX в. на долю домашних животных приходилась значительная часть полей под зерновые культуры, но экологическая роль травяного покрова сенокосов и пастбищ из года в год только возрастала. Поэтому выявление тенденций будущего изменения этого показателя позволяет дать рациональные рекомендации по животноводству.

## 8. ФИТОМАССА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Растительный покров включает в себя леса, луга и пастбища, а также различные земельные участки с многолетними и травянистыми насаждениями. Масса растений является вторым по важности показателем экологического качества территории после площади, занятой растительным покровом.

Поиск и разработка новых способов измерений текущего прироста и накопления фитомассы растительного покрова является актуальной научной и практической проблемой.

### 8.1. Способы измерения фитомассы растительного сообщества

На кафедре природообустройства МарГТУ были разработаны несколько новых способов измерения массы срезанных растений, на отдельные из них были получены патенты, например [134].

Далее приведены описания некоторых из технических способов измерения фитомассы.

**Область применения.** Техническое решение относится к анализу продуктивности различных типов фитоценозов и к изучению биологического круговорота в них. Оно применимо в инженерной экологии при изучении разных видов загрязнения ландшафтов, а также может быть использовано в лесном и сельском хозяйствах, в системах экологического мониторинга различных отраслей природопользования, охраны и защиты окружающей природной среды.

**Аналог.** Известен способ испытания деревьев на содержание химических элементов, применяемый для изучения биологического круговорота этих элементов в лесных ландшафтах на пробных площадках с выбором и обработкой модельных деревьев (см., например, [3, с. 10–16]). Способ включает закладку пробной площадки в лесном массиве, выбор модельных деревьев, валку и раскряжевку каждого модельного дерева.

Размер пробной площади составляет 0,20–0,25 га, количество равномерно расположенных деревьев должно быть 150–200 стволов. Пробная площадь должна быть удалена от опушек и просек на расстояние не менее 200 м. Границы ее в форме квадрата или прямоугольника отбивают по буссоли и остолбляют. На пробной площади составляется картограмма

распределения древесных пород, выполняется перечет по породам и изменение диаметра деревьев на высоте 1,3 м от корневой шейки по 2-сантиметровым ступеням толщины в двух направлениях. Вычисляют также средний диаметр деревьев каждой породы. Одновременно измеряют высоту деревьев (по три замера на каждую ступень толщины).

По графику зависимости высоты от диаметра ствола определяют высоту среднего модельного дерева. Модельное дерево на временной пробной площадке выбирают на самой площади, а при постоянной пробной площадке – вне ее. Затем каждое модельное дерево спиливают у самого основания, т. е. около корневой шейки. После повала измеряют длину, определяют по годичным кольцам на комле или пне возраст, из ствола выпиливают две серии спилов-кружков на расстоянии 1; 1,3; 3; 5 м и т. д., т. е. через каждые 2 м (при длине дерева менее 15 м – через 1 м) вплоть до вершины поваленной надземной части дерева.

Толщину кружков изменяют в зависимости от толщины ствола дерева с таким расчетом, чтобы самые верхние отрезки ствола имели массу не менее 50 г (это необходимо по условиям химического анализа озоления). Обе серии кружков взвешивают. В дальнейшем одна серия служит для анализа хода роста, вторая – для определения химического состава и влажности древесины.

**Функциональные недостатки аналога.** Основным недостатком является несогласованность результатов измерения различных элементов биоценоза. Между фитомассой древостоя (анализ фитомассы корней, ствола и листвы) и травы под ней не проводится связь. Не сопоставляется древесная масса с результатами изучения фитомассы в травяном покрове леса. В итоге недостаточно учитывается структура природного комплекса «травя + дерево» при оценке количества биологического вещества в растительном сообществе.

**Прототип.** Известен также способ испытания травяно-кустарничкового покрова на содержание фитомассы на единице площади, применяемый для изучения биологического круговорота химических элементов в лесных и иных ландшафтах [159, с. 16–18] на пробных площадках, вне или на которых закладывают по 10 учетных площадок в 1 м<sup>2</sup> каждая. Причем эти учетные площадки располагают равномерно в наиболее характерных местах на пробной площадке, чтобы охватить строение растительного покрова всего растительного сообщества. В дальнейшем траву на учетной площадке срезают, высушивают и подвергают озолению.

Достоинством этого способа является увеличение комплексности испытания, так как пробы травы берутся вместе с пробами кустарничков, кустарников и частей деревьев.

**Функциональные недостатки прототипа.** Главным недостатком является раздельное испытание древесных растений и травы, что лишает возможности их совместного изучения. Эта раздельность фитомассы отдельных компонентов не позволяет выявлять статистические закономер-

ности распределения биологического (живого, по В. И. Вернадскому) вещества по частям растений и компонентам растительного сообщества. По каждому виду растений и каждой их части особей в известных табличных моделях приводятся отдельные исходные данные, не сопоставимые между собой [159, с. 103–105, с. 107–109, с. 111–113].

## 8.2. Предлагаемый способ измерения фитомассы

**Технический результат** – повышение комплексности измерения фитомассы и сопоставительного испытания растительного сообщества по содержанию, годовому приросту и годовому опаданию биологического вещества в различных видах и частях растений.

**Формула технического решения.** Этот технический результат достигается применением способа измерения фитомассы растительного сообщества, включающего выделение пробных площадок в насаждении, вне или на которых закладывают по 5–10 учетных площадок в 1 м<sup>2</sup> каждая. Эти учетные площадки размещают на пробной площадке в наиболее характерных местах равномерно, чтобы охватить строение покрова всего насаждения. На ней осуществляют срезание травы, сушку и взвешивание проб травы, а также выделение модельных деревьев и других древесных растений и их разделку для взятия кружков древесины, взятие пробы листвы и корней с последующими их сушкой и взвешиванием, вычисление фитомассы отдельных видов растений и их структурных частей на единицу площади растительного сообщества. Этот способ *отличается тем, что* фитомассы структурных частей травы и древесных растений в виде кустарничков, кустарников и деревьев располагают в последовательности биологически различающихся слоев фитоценоза, начиная ряд от корней травы, далее структурных частей древесных растений по их высоте от мелких корней до листвы, и заканчивают ряд данными о фитомассе надземного слоя травы. Затем по фактическим результатам измерений фитомассы в этом ряду слоев фитоценоза математическим моделированием выявляют статистические закономерности распределения фитомассы по всем выделенным слоям растительного сообщества. Также находят закономерности распределения годового прироста и опадания изучаемого растительного сообщества по его структурным частям. Далее для сравнения нескольких фитоценозов между собой у изучаемого фитоценоза вычисляют относительные значения расчетной фитомассы, получаемые делением готовой статистической закономерности растительного сообщества на ее общее по сумме всех структурных частей фактическое значение фитомассы, причем аналогично выполняются действия по закономерностям годового прироста и опадания.

Для сопоставления результатов измерения фитомассы растительного сообщества по видам растений и их структурным частям, значения фактической фитомассы этих частей распределяют по нижеследующей кодовой

шкале, ориентированной в направлении размещения слоев фитоценоза по принципу «снизу-вверх»,

- 8 – слой надземной части травы,
- 7 – листва (хвоя) древесных растений,
- 6 – мелкие ветви древесных растений,
- 5 – крупные ветви древесных растений,
- 4 – стволы древесных растений,
- 3 – крупные корни древесных растений,
- 2 – мелкие корни древесных растений,
- 1 – слой корней травы.

Измеренные значения фитомассы по структурным частям располагают в виде таблицы: по строкам – слои фитоценоза, по столбцам – виды растений или их растительные комплексы. Затем по всем строкам и столбцам вычисляют суммарные значения фитомассы, причем сумма по строке будет показывать фитомассу принятого слоя фитоценоза, а сумма по столбцу будет равна фитомассе отдельного вида или комплекса видов растений. Такие же таблицы составляют по годовичному приросту и опадку биологического вещества растительного сообщества.

Статистические закономерности распределения фитомассы, ее годовичного прироста и опада выявляются по формуле

$$q = q_1 + q_2 \pm q_3 \pm q_4 , \quad (8.1)$$

$$q_1 = a_0 \exp(\pm a_1 i^{a_2}) ,$$

$$q_2 = a_3 i^{a_4} \exp(-a_5 i^{a_6}) ,$$

$$q_3 = a_7 i^{a_8} \exp(-a_9 i^{a_{10}})$$

$$q_4 = a_{11} i^{a_{12}} \cos(\pi i / a_{13} \pm a_{14}) ,$$

где  $q$  – содержание фитомассы по объему или массе (аналогично годовичный прирост и годовичный опад фитомассы) в слоях, ярусах и компонентах фитоценоза по структурным частям, ц/га (кг/га, т/га и т. д.);  $q_1$  – влияние процесса жизнедеятельности растительного сообщества: закон экспоненциальной гибели (при знаке «минус») или экспоненциального роста (при знаке «плюс»), являющийся частным случаем биотехнического закона, предложенного проф. П. М. Мазуркиным, и показывающий влияние почвы и корневой системы на изменение фитомассы в различных частях растений по принятым восьми слоям фитоценоза, ц/га;  $q_2$  – влияние мортмассы растений: биотехнический закон, предложенный проф. П. М. Мазуркиным, показывающий влияние древесины, т. е. мертвых клеточных структур, на изменение фитомассы по слоям растительного сообщества, ц/га;  $q_3$  – влияние процесса фотосинтеза: биотехнический закон, показывающий влияние процессов фотосинтеза и образования в зеленых частях растений ассими-

лятов, ц/га;  $q_4$  – адаптация (знак «плюс» перед составляющей) или кризисное возмущение (знак «минус»): волновая функция колебательного возмущения по слоям фитоценоза с амплитудой в виде закона аллометрического роста, показывающая способность фитоценоза к процессам адаптации и кризисному поведению по отношению к растительным условиям и приводящая к коллапсу растительного сообщества при ее высокой значимости по отношению к другим составляющим статистической модели, ц/га;  $i$  – номер слоя растительного сообщества (фитоценоза), т. е. место или порядок распределения (предпорядок предпочтения еще до проведения экспериментов) структурных частей различных видов растений по принципу «снизу-вверх»;  $a_0$  – начальное значение в некоем условном нулевом слое фитоценоза<sup>14</sup>, а также начало предыстории роста и развития фитоценоза;  $a_1 \dots a_{14}$  – параметры общей статистической закономерности из четырех составляющих, получаемые после идентификации биотехнического закона и его частных случаев по фактически измеренным значениям фитомассы, поэтому параметры готовой статистической модели – это конкретные числа. Чаще всего в зависимости от малого числа наблюдений или из-за низкой точности измерений массы растений могут быть выполнены условия:  $a_1 = 1, a_6 = 1, a_{10} = 1; A = a_{11} i^{a_{12}}$  – половина амплитуды колебательного возмущения структуры фитоценоза по слоям растительного сообщества, ц/га;  $p_{0,5} = a_{13}$  – половина периода колебательного возмущения послышной структуры фитоценоза;  $a_{14}$  – смещение (сдвиг) начала волны колебательного возмущения структуры фитоценоза относительно начала координат (условный нулевой слой фитоценоза).

**Сущность способа.** Сущность технического решения заключается в том, что фитоценоз рассматривается как популяция из многовидовых растений, которая приспосабливается к внешним условиям (адаптация) или же пытается противостоять негативным внешним воздействиям (кризисное поведение) волновыми возмущениями отдельных структурных слоев и частей в общем симбиотическом росте и развитии. Причем первые три составляющие общей модели (8.1) также являются волновыми колебаниями, но у них учтена только часть периода волны из-за малости целочисленной кодовой шкалы 1 ... 8. Поэтому эти составляющие становятся закономерностями общих (внешних) экосистемных статистических связей изучаемого растительного сообщества с окружающим ландшафтом, а также населением этого ландшафта и хозяйствами различных слоев населения.

В первобытные времена люди составляли органичную часть животного мира, населяющего планету Земля, а значит отдельных частей биосферы и каждого конкретного растительного сообщества.

---

<sup>14</sup> Предполагается, что этот параметр модели относится к свойствам почвы, а также является местом произрастания растительного сообщества, т. е. некоторым интегральным показателем места обитания.

Сущность технического решения заключается и в том, что деревья совместно с окружающей их травой и более мелкими древесными растениями в виде кустарников и кустарничков, приспособляются к пространству обитания через отклик на параметры внешней среды, т. е. экологической (шире биологической) обстановки.

При этом любой фитоценоз по результатам (табличным моделям) известных академических исследований, как показали примеры моделирования, по биотехническому закону приспособляется и одновременно колебательным возмущением адаптируется к меняющимся потокам питательных веществ из окружающей природной среды, в том числе отдельные растения симбиотическим образом помогают друг другу в фитоценозе в ходе взаимного роста и развития.

**Положительный эффект** достигается тем, что по распределению фитомассы по частям или слоям фитоценоза возможно оценить не только экологическую обстановку в течение жизни (до момента валки деревьев или скашивания травы), но и саму жизнь модельных деревьев как биологического вида в некоем симбиотическом окружении. В последнем случае изучаются закономерности иерархического распределения слоев фитоценоза по приросту или опаданию биологического вещества.

### **8.3. Методика реализации предлагаемого способа**

Во многих случаях исследований достаточно провести анализ по различным биологическим пробам, как это подробно указано в прототипе [156]. Однако новое расположение в таблицах данных фитомассы позволяет усложнить проведение полевых изысканий и тем самым получить более достоверные (в системном понимании растительного сообщества) экспериментальные данные.

Пробы травы, а также листья, мелких веток, мелких корней, взятых кружков из крупных ветвей и корней модельных деревьев (или деревьев, кустарников, кустарничков) можно дополнить новыми пробами по более углубленному видовому разнообразию. Кроме того можно расширить кодировку шкалы от восьми и далее.

После взятия и испытания проб необходимо вычислить фитомассы отдельных структурных частей и видов растений.

Способ измерения фитомассы растительного сообщества реализуется, например, на древостое с травой, следующим образом.

Вначале выделяют на пробной площадке с модельным деревом необходимое количество учетных площадок с травой, а траву с них срезают для последующей сушки. Затем на пробной площадке модельное дерево валят, обрубают сучья, а ствол разделяют на части так, чтобы выпилить на соответствующих расстояниях кружки толщиной не менее 100 мм. Далее с пня выпиливают кружок древесины на уровне корневой шейки дерева.

Из кружков древесины берут периферийные образцы. Одновременно забирают пробы ливствы, мелких корней, а также цельные кружки из крупных ветвей и корней. От крупных кружков крупных ветвей и корней также берут только периферийные образцы древесины с водопродводящим слоем в зоне заболони кружка (на свежих кружках эта зона видна как темное кольцо).

Периферийные образцы, включающие в себя прирост древесины по годичным слоям за последние 10–20 лет роста модельного дерева по толщине, выкалывают в водопродводящем слое заболони древесины ствола, крупных ветвей и корней. При этом средняя часть кружков также применяется для последующего озоления, т. е. для сравнения содержания химических элементов в мертвых древесных клетках внутри стволов модельных деревьев. При необходимости обособленно испытывают ядровую древесину ствола, крупных ветвей и корней. После взятия и испытания проб вычисляют фитомассы отдельных структурных частей и видов растений.

#### 8.4. Верховое осоково-сфагновое болото

Все примеры исходных данных для статистического моделирования изменения содержания химических элементов и их групп в различных растительных комплексах были взяты из работы [159, с. 103–114, табл. 9–11, табл. 14–16, табл. 19–21].

Фитомасса в этом сложном растительном сообществе состоит из слоев и видов растений, приведенных в табл. 8.1.

Для системы болотных растений была получена статистическая модель (табл. 8.2) содержания фитомассы растительного сообщества как формулы из двух составляющих

$$q = 9,41104i^{9,83468} \exp(-2,71164i) + 6,6229 \cdot 10^{-6} i^{7,27878}. \quad (8.2)$$

В этой статистической модели присутствуют только первые два члена общей формулы (8.1), причем из второй составляющей после идентификации осталась лишь первая компонента в виде закона показательного роста. Однако и в этом случае можно сделать вывод о том, что закономерность (8.2) вполне соответствует общей формуле (8.1). Максимальная относительная погрешность формулы (8.2) равна 37,00%. Для повышения достоверности моделирования следует измерять массу растений с более высокой точностью, например, в килограммах на 1 га.

Годичный прирост  $\Delta q^+$  фитомассы растительного сообщества осоково-сфагнового болотного комплекса характеризуется данными (табл. 8.3), по которым была получена модель (табл. 8.4) в виде уравнения

$$\Delta q^+ = 0,10015i^{35,0775} \exp(-11,4709i) + 0,014959i^{-7,82934} \exp(+2,97468i). \quad (8.3)$$

Т а б л и ц а 8.1

Содержание фитомассы в верховом осоково-сфагновом болоте, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения				Всего
		Сосна	Кустарнички	Осока	Мох	
Слой надземной части травы	8	–	–	0,5	27	27,5
Листва (хвоя) древесных растений	7	13	10,0	–	–	23,0
Мелкие ветви древесных растений	6	24	5,5	–	–	29,5
Крупные ветви древесных растений	5	–	–	–	100	100,0
Стволы древесных растений	4	150	–	–	–	150,0
Крупные корни древесных растений	3	–	–	–	–	–
Мелкие корни древесных растений	2	27	12,0	–	–	39,0
Слой корней травы	1	–	–	1,0	–	1,0
Итого		214	27,5	1,5	127	370,0

Т а б л и ц а 8.2

Содержание фитомассы в верховом осоково-сфагновом болоте

Наименование части растений	Слой $i$	Факт. значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.2)			Составляющие	
			$q$ , ц/га	$\varepsilon = \hat{q} - q$	$\Delta = 100\varepsilon / \hat{q}$	$q_1$ , ц/га	$q_2$ , ц/га
Надземная часть травы	8	27,5	27,5	-0,02	-0,07	2,72	<b>24,80</b>
Листва (хвоя)	7	23,0	20,4	2,62	11,39	11,00	9,38
Мелкие ветви	6	29,5	39,4	-0,01	-33,59	36,36	3,06
Крупные ветви	5	100,0	91,9	8,09	8,09	91,10	0,81
Стволы	4	150,0	153,0	-2,95	-1,97	<b>152,79</b>	0,16
Крупные корни	3	–	135,9	–	–	135,85	0,02
Мелкие корни	2	39,0	37,9	1,08	2,77	37,92	0,00
Корни травы	1	1,0	0,6	0,37	37,00	0,63	0,00

Примечание. 1) доверие к модели (8.2) будет не ниже  $100 - 37,00 = 63,00\%$ ; 2) максимальные значения составляющих выделены полужирным шрифтом.

Т а б л и ц а 8.3

Годичный прирост фитомассы в верховом осоково-сфагновом болоте, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения				Всего
		Сосна	Кустарнички	Осока	Мох	
Слой надземной части травы	8	–	–	0,5	27	27,50
Листва (хвоя) древесных растений	7	1,85	2,20	–	–	4,05
Мелкие ветви древесных растений	6	0,26	0,25	–	–	0,51
Крупные ветви древесных растений	5	–	–	–	–	–
Стволы древесных растений	4	1,60	–	–	–	1,60
Крупные корни древесных растений	3	–	–	–	–	–
Мелкие корни древесных растений	2	0,29	0,13	–	–	0,42
Слой корней травы	1	–	–	0,3	–	0,30
Итого		4,00	2,58	0,8	27	34,38

Т а б л и ц а 8.4

Годичный прирост фитомассы в верховом осоково-сфагновом болоте

Наименование части растений	Слой $i$	Факт. значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.3)			Составляющие	
			$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$ , ц/га	$q_2$ , ц/га
Надземная часть травы	8	27,50	27,50	-0,004	-0,01	0,00	<b>27,50</b>
Листва (хвоя)	7	4,05	4,00	0,055	1,36	0,00	4,00
Мелкие ветви	6	0,51	0,68	-0,172	-33,73	0,00	0,68
Крупные ветви	5	–	0,19	–	–	0,04	0,15
Стволы	4	1,60	1,60	0,000	0,00	1,56	0,04
Крупные корни	3	–	6,21	–	–	<b>6,19</b>	0,02
Мелкие корни	2	0,42	0,42	-0,000	-0,05	0,39	0,03
Корни травы	1	0,30	0,29	0,007	2,33	0,00	0,29

Фактические данные измерений фитомассы мелкие ветвей древесных растений оказались заниженными по сравнению с расчетными значениями продуктивности. Чтобы исключить такие погрешности, можно уточнить экспериментальные данные по предлагаемому способу. Поэтому моделирование позволяет не только понять логику закономерностей распределения фитомассы и получить новые дополнительные (по отношению к таблице исходных данных) распределения, но и уточнить ход проведения измерений фитомассы в полевых условиях по видам растений.

Годичный опад  $\Delta q^-$  фитомассы характеризуется данными (табл. 8.5), по которым была получена статистическая модель (табл. 8.6) в виде уравнения

$$\Delta q^- = 0,17133i^{34,9749} \exp(-11,7669i) + 0,00055763i^{-5,50035} \exp(+2,39617i). \quad (8.4)$$

Сравнение фактических и расчетных значений содержания, прироста и опада фитомассы растений в верховом болоте показывает относительную простоту закономерностей – всего две составляющие. При этом в дальнейших исследованиях следует обратить внимание на слои фитоценоза «крупные ветви» и «крупные корни».

Т а б л и ц а 8.5

Годичный опад фитомассы в верховом осоково-сфагновом болоте, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения				Всего
		Сосна	Кустарнички	Осока	Мох	
Слой надземной части травы	8	–	–	0,50	19	19,50
Листва (хвоя) древесных растений	7	1,80	2,00	–	–	3,80
Мелкие ветви древесных растений	6	0,24	0,22	–	–	0,48
Крупные ветви древесных растений	5	–	–	–	–	–
Стволы древесных растений	4	0,75	–	–	–	0,75
Крупные корни древесных растений	3	–	–	–	–	–
Мелкие корни древесных растений	2	0,27	0,12	–	–	0,39
Слой корней травы	1	–	–	0,30	–	0,30
Итого		3,06	2,34	0,80	19	25,22

Годичный опад фитомассы в верховом осоково-сфагновом болоте

Наименование части растений	Слой $i$	Факт. значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.4)			Составляющие	
			$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$ , ц/га	$q_2$ , ц/га
Надземная часть травы	8	19,50	19,51	-0,007	-0,04	0,00	<b>19,51</b>
Листва (хвоя)	7	3,80	3,70	0,097	2,55	0,00	3,70
Мелкие ветви	6	0,48	0,79	-0,307	-63,96	0,00	0,79
Крупные ветви	5	–	0,21	–	–	0,01	0,20
Стволы	4	0,75	0,77	-0,018	-2,40	0,71	0,06
Крупные корни	3	–	3,92	–	–	<b>3,89</b>	0,03
Мелкие корни	2	0,39	0,37	0,019	4,87	0,35	0,02
Корни травы	1	0,30	0,09	0,206	68,67	0,00	0,09

### 8.5. Ельник сложный

Здесь можно выделить растительный комплекс «трава + ель», т. е. растительное сообщество характеризуется всего двумя видами растений. При пяти видах и более можно пытаться выявлять закономерности распределения фитомассы не только по слоям, но и по видовому разнообразию, т. е. последней горизонтальной строчке в предыдущих таблицах.

Фитомасса в растительном сообществе сложного ельника состоит из слоев и видов растений, приведенных в табл. 8.7. Для системы растений ельника (возраст 83 года) была получена статистическая модель (табл. 8.8) содержания фитомассы в виде уравнения из четырех составляющих

$$q = 3,71073 \exp(0,38829i) + 2,1592 \cdot 10^{-6} i^{67,6444} \exp(-18,2651i) + 6,84076 i^{5,33781} \exp(-1,15886i) - 0,044033 i^{3,80309} \cos(\pi i / 0,8540 - 4,1974). \quad (8.5)$$

Два вида растений (ель и трава) за десятки миллионов лет эволюции создали сложную систему взаимоотношений. При этом известно, что трава появилась более 100 млн лет назад, а ели к этому времени уже были в возрасте 250–300 млн лет. Поэтому ель подавляет рост и развитие травы и при этом является теневыносливой породой дерева. Однако трава обладает лучшей адаптивностью к внешней природной и иной среде, сдерживая рост и развитие ели из семени. Поэтому ель начинает свой путь как фитоненос только среди других деревьев – берез и осин, которые возникли на Земле примерно 180 млн лет назад.

Т а б л и ц а 8.7

Содержание фитомассы в ельнике сложном, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения		Всего
		Ель	Трава	
Слой надземной части травы	8	–	6,30	6,30
Листва (хвоя) древесных растений	7	188,0	–	188,00
Мелкие ветви древесных растений	6	109,0	–	109,00
Крупные ветви древесных растений	5	229,0	–	229,00
Стволы древесных растений	4	2 271,0	–	2 271,00
Крупные корни древесных растений	3	732,0	–	732,00
Мелкие корни древесных растений	2	36,0	–	36,00
Слой корней травы	1	–	7,58	7,58
Итого		3 565,0	13,88	3 578,88

Лесоводы считают березы и осины сорняками леса. Среди них спокойно вырастают деревья ели, однако как только площадь всего лесного участка будет занята, ель уже никогда не пустит остальные породы деревьев.

Таким образом, конструкция модели (8.5) становится полной по отношению к обобщенной закономерности (8.1).

Формула (8.5) имеет нулевую погрешность или 100% доверительную вероятность. Поэтому анализ отдельных составляющих модели, а также их сопоставление позволяют понять многое из жизнедеятельности ельника.

Годичный прирост  $\Delta q^+$  фитомассы характеризуется данными (табл. 8.9), по которым получена модель (табл. 8.10) в виде статистической закономерности из четырех составляющих

$$\begin{aligned}
 \Delta q^+ = & 5,09064 \exp(-0,016034i) + \\
 & + 1,3495 \cdot 10^{-8} i^{67,4994} \exp(-18,0696i) - \\
 & - 56,2003i^{6,30325} \exp(-3,10897i) + \\
 & + 0,0015087i^{4,81198} \cos(\pi i / 0,6914 - 0,1656)
 \end{aligned} \quad (8.6)$$

В табл. 8.9, как и в табл. 8.6, содержатся данные о значениях фитомассы по отдельным слоям фитоценоза ельника. Это позволяет получить весьма точные статистические закономерности. Сами исследователи ельника о таком моделировании и не подозревали [156].

Таблица 8.8

## Содержание фитомассы в ельнике сложном

Слой $i$	Фактическое значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.5)			Составляющие (8.5), ц/га				
		$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$A$	$q_4$
8	6,30	6,30	-9,4e-12	-0,0	<b>82,89</b>	0,00	42,59	<b>119,76</b>	<b>119,18</b>
7	188,00	188,0	6,7e-12	0,0	56,22	0,00	66,54	72,07	-65,24
6	109,00	109,00	-2,1e-12	-0,0	38,13	0,24	93,11	40,10	22,48
5	229,00	229,00	-8,5e-14	-0,0	25,86	89,87	<b>112,11</b>	20,05	-1,16
4	2 271,00	2 271,00	5,9e-12	0,0	17,54	<b>2 140,96</b>	108,55	8,58	-3,95
3	732,00	732,00	-1,6e-12	-0,0	11,89	648,07	74,48	2,87	2,44
2	36,00	36,00	4,3e-14	0,0	8,07	0,07	27,25	0,61	-0,61
1	7,58	7,58	8,9e-16	0,0	5,47	0,00	2,15	0,04	0,04

Т а б л и ц а 8.9

Годичный прирост фитомассы в ельнике сложном, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения		Всего
		Ель	Трава	
Слой надземной части травы	8	–	6,30	6,30
Листва (хвоя) древесных растений	7	21,70	–	21,70
Мелкие ветви древесных растений	6	1,42	–	1,42
Крупные ветви древесных растений	5	2,88	–	2,88
Стволы древесных растений	4	29,14	–	29,14
Крупные корни древесных растений	3	9,55	–	9,55
Мелкие корни древесных растений	2	0,47	–	0,47
Слой корней травы	1	–	2,50	2,50
Итого		3 565,00	65,16	8,80

Т а б л и ц а 8.10

Годичный прирост фитомассы в ельнике сложном

Слой $i$	Факт. значение $\dot{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.6)			Составляющие (8.6), ц/га				
		$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$A$	$q_4$
8	6,30	6,30	5,7e-11	0,00	4,48	0,00	0,00	<b>33,44</b>	1,82
7	21,70	21,70	-2,0e-11	-0,00	4,55	0,00	0,00	17,59	<b>17,15</b>
6	1,42	1,42	-1,8e-10	-0,00	4,62	0,00	0,01	8,38	-3,20
5	2,88	2,88	-5,9e-11	-0,00	4,70	1,18	0,05	3,48	-2,95
4	29,14	29,14	7,6e-12	0,00	4,77	<b>23,92</b>	0,35	1,19	0,79
3	9,55	9,55	-5,8e-12	-0,00	4,85	6,21	1,70	0,30	0,19
2	0,47	0,47	-3,4e-11	-0,00	4,93	0,00	<b>4,42</b>	0,04	-0,04
1	2,50	2,50	-7,4e-12	-0,00	<b>5,01</b>	0,00	2,51	0,00	-0,00

Годичный опад  $\Delta q^-$  фитомассы характеризуется данными (табл. 8.11), по которым по конструкции статистической модели (8.1) была идентифицирована закономерность (табл. 8.12) в виде уравнения

$$\Delta q^- = 4,07207 \exp(0,022591i) + 0,0033448i^{21,5104} \exp(-5,15786i) - 1,90923i^{1,34711} + 0,25092i^{2,63085} \cos(\pi i / 0,5953 - 5,5112). \quad (8.7)$$

Т а б л и ц а 8.11

Годичный опад фитомассы в ельнике сложном, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения		Всего
		Ель	Трава	
Слой надземной части травы	8	–	6,30	6,30
Листва (хвоя) древесных растений	7	21,52	–	21,52
Мелкие ветви древесных растений	6	4,57	–	4,57
Крупные ветви древесных растений	5	3,11	–	3,11
Стволы древесных растений	4	15,25	–	15,25
Крупные корни древесных растений	3	4,83	–	4,83
Мелкие корни древесных растений	2	0,24	–	0,24
Слой корней травы	1	–	2,50	2,50
Итого		49,52	8,80	58,32

Т а б л и ц а 8.12

Годичный опад фитомассы в ельнике сложном

Слой $i$	Факт. значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.7)			Составляющие (8.7), ц/га				
		$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$A$	$q_4$
8	6,30	6,30	-2,5e-13	-0,00	<b>4,88</b>	0,11	<b>31,44</b>	<b>59,63</b>	32,75
7	21,52	21,52	4,1e-13	0,00	4,77	1,05	26,26	41,96	<b>41,96</b>
6	4,57	4,57	1,6e-13	0,00	4,66	6,65	21,34	27,97	14,60
5	3,11	3,11	-6,1e-14	-0,00	4,56	22,87	16,69	17,32	-7,63
4	15,25	15,25	-3,0e-14	0,00	4,46	<b>32,72</b>	12,36	9,63	-9,57
3	4,83	4,83	1,4e-14	0,00	4,35	11,68	8,39	4,52	-2,82
2	0,24	0,24	4,7e-15	0,00	4,26	0,33	4,86	1,55	0,51
1	2,50	2,50	-4,4e-16	-0,00	4,17	0,00	1,91	0,25	0,24

В этой закономерности третья составляющая получает усеченную конструкцию в виде первой компоненты биотехнического закона, т. е. в виде закона показательного роста. У годовичного прироста и годовичного опада по сравнению с формулой (8.5) изменились знаки перед третьей и четвертой составляющими модели. Такие апостериорные изменения в конструкции нужно объяснять дополнительными исследованиями. По-видимому, разные ельники дают разные соотношения составляющих модели (8.1).

В ельнике, по сравнению с осоково-сфагновым болотом, прослеживаются четкие статистические закономерности, причем они превращаются в функциональные зависимости с нулевой погрешностью.

### 8.6. Березняк травный

Между биологическими видами – березой и травой – разница в возрасте составляет примерно 80 млн лет, причем трава почти в два раза моложе. Может быть поэтому в березняках содержится и травяной покров.

По измеренным значениям фитомассы (табл. 8.13) была получена статистическая закономерность (табл. 8.14) для растительного комплекса «трава + береза» в виде уравнения

$$q = 16,0191 \exp(-0,14386i) + 1,0116 \cdot 10^{-6} \cdot i^{65,7261} \exp(-17,5118i) + 3,33387i^{5,00571} \exp(-1,08735i) - 0,034535i^{2,96704} \cos(\pi i / 0,9912 - 0,2349) . \quad (8.8)$$

Т а б л и ц а 8.13

Содержание фитомассы в березняке травном, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения		Всего
		Береза	Трава	
Слой надземной части травы	8	–	7	7
Листва (хвоя) древесных растений	7	45	–	45
Мелкие ветви древесных растений	6	–	–	–
Крупные ветви древесных растений	5	142	–	142
Стволы древесных растений	4	1 500	–	1 500
Крупные корни древесных растений	3	400	–	400
Мелкие корни древесных растений	2	24	–	24
Слой корней травы	1	–	15	15
Итого		2 111	22	2 133

По конструкции формула для березняка схожа с ельником (причем значительно сложнее осоково-сфагнового болота), однако поведение этих закономерностей различное. Для выяснения отдельных особенностей поведения структуры фитоценозов необходимо построить графики и проводить математические исследования. А затем осуществлять новые полевые исследования.

Т а б л и ц а 8.14

## Содержание фитомассы в березняке травном

Слой <i>i</i>	Факт. значе- ние $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.8)			Составляющие (8.8), ц/га				
		$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$A$	$q_4$
8	7	7,00	0,004	0,06	5,07	0,00	18,44	<b>16,51</b>	<b>16,51</b>
7	45	45,00	0,016	0,04	5,85	0,00	28,03	11,11	11,10
6	–	–	–	–	6,76	0,34	38,44	7,03	7,02
5	142	142,02	-0,020	-0,01	7,80	84,37	<b>45,78</b>	4,09	-4,08
4	1 500	1 500,0	0,003	0,00	9,01	<b>1 448,64</b>	44,44	2,11	2,10
3	400	400,01	-0,06	-0,00	10,40	357,48	31,23	0,90	-0,89
2	24	23,96	0,042	0,18	12,01	0,04	12,17	0,27	0,27
1	15	15,03	-0,030	-0,20	<b>13,87</b>	0,00	1,12	0,03	-0,03

Формула (8.8) имеет максимальную относительную погрешность 0,20% или доверительную вероятность  $100 - 0,20 = 99,80\%$ . Поэтому функциональный анализ и сопоставление отдельных составляющих готовой статистической модели по коэффициентам значимости и приспособляемости позволяют понять многое из жизнедеятельности березняка травного. В итоге появляется экологически четко осознанная уверенность в тех или иных принимаемых мероприятиях по обустройству территорий или проектированию мер по инженерной защите окружающей среды.

Годичный прирост  $\Delta q^+$  фитомассы березняка травного характеризуется данными (табл. 8.15), по которым была получена статистическая закономерность (табл. 8.16) в виде уравнения

$$\begin{aligned} \Delta q^+ = & 3,54301 \exp(0,47279i) + 0,94178i^{12,1996} \exp(-3,18374i) - \\ & - 5,36583i^{7,37570} \exp(-2,01098i) - \\ & - 0,0055563i^{5,74237} \cos(\pi i / 0,9137 - 3,7724). \end{aligned} \quad (8.9)$$

Годичный опад  $\Delta q^-$  фитомассы березняка характеризуется данными (табл. 8.17), по которым была получена статистическая закономерность (табл. 8.18) в виде уравнения

$$\begin{aligned} \Delta q^- = & 3,43356 \exp(0,47279i) + 0,68061i^{12,1996} \exp(-3,18734i) - \\ & - 3,43667i^{7,37570} \exp(-1,85385i) - \\ & - 0,0017226i^{5,74237} \cos(\pi i / 0,7833 - 1,6879). \end{aligned} \quad (8.10)$$

Т а б л и ц а 8.15

Годичный прирост фитомассы в березняке травном, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения		Всего
		Береза	Трава	
Слой надземной части травы	8	–	7	7
Листва (хвоя) древесных растений	7	45	–	45
Мелкие ветви древесных растений	6	–	–	–
Крупные ветви древесных растений	5	5	–	5
Стволы древесных растений	4	50	–	50
Крупные корни древесных растений	3	13	–	13
Мелкие корни древесных растений	2	1	–	1
Слой корней травы	1	–	5	5
Итого		114	12	126

Т а б л и ц а 8.16

Годичный прирост фитомассы в березняке травном

Слой $i$	Факт. значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.9)			Составляющие (8.9), ц/га				
		$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$A$	$q_4$
8	7,0	7	-8,0e-13	-0,0	<b>155,60</b>	0,83	2,53	<b>852,44</b>	<b>146,89</b>
7	45,0	45	-1,4e-12	-0,0	96,98	3,93	7,07	395,96	48,84
6	–	–	–	–	60,44	14,51	16,94	163,39	-66,70
5	5,0	5	9,9e-14	0,0	37,67	38,01	32,98	57,35	37,70
4	50,0	50	-1,4e-14	-0,0	23,48	<b>60,52</b>	<b>47,51</b>	15,92	-13,52
3	13,0	13	1,8e-15	0,0	14,63	43,84	42,53	3,05	2,95
2	1,0	1	-2,7e-15	-0,0	9,12	7,55	15,97	0,30	-0,30
1	5,0	5	8,9e-16	0,0	5,68	0,04	0,72	0,01	0,01

Годичная динамика прироста и опада фитомассы по предлагаемому способу измерения оказывается весьма точной, и это обстоятельство позволяет существенно расширить исследования круговорота биологических веществ не только в простых, но и в сложных фитоценозах.

Т а б л и ц а 8.17

## Годичный опад фитомассы в березняке травном, ц/га

Наименование слоя растительного сообщества	Номер слоя $i$	Вид растения		Всего
		Береза	Трава	
Слой надземной части травы	8	–	7,0	7,0
Листва (хвоя) древесных растений	7	45,0	–	45,0
Мелкие ветви древесных растений	6	–	–	–
Крупные ветви древесных растений	5	1,9	–	1,9
Стволы древесных растений	4	10,5	–	10,5
Крупные корни древесных растений	3	2,8	–	2,8
Мелкие корни древесных растений	2	0,2	–	0,2
Слой корней травы	1	–	5,0	5,0
Итого		60,4	12,0	72,4

Т а б л и ц а 8.18

## Годичный опад фитомассы в ельнике сложном

Слой $i$	Факт. значение $\hat{q}$ , ц/га	Расчетные значения (8.10)			Составляющие (8.10), ц/га				
		$q$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$A$	$q_4$
8	7,0	7,0	-1,4e-13	-0,0	<b>150,79</b>	0,60	5,70	<b>264,28</b>	<b>138,69</b>
7	45,0	45,0	-2,4e-13	-0,0	93,98	2,84	13,60	122,76	38,72
6	–	–	–	–	58,58	10,49	27,85	50,65	-46,95
5	1,9	1,9	2,6e-14	0,0	36,51	27,47	46,34	17,78	15,74
4	10,5	10,5	1,1e-14	0,0	22,75	<b>43,73</b>	<b>57,05</b>	4,94	-1,07
3	2,8	2,8	2,4e-14	0,0	14,18	31,69	43,64	0,95	-0,57
2	0,2	0,2	1,9e-15	0,0	8,84	5,46	14,00	0,09	0,09
1	5,0	5,0	1,8e-15	0,0	5,51	0,03	0,54	0,00	-0,00

Если поделить частные уравнения на общую фитомассу, то получим относительные фитомассы, а также относительные годовые приросты и опад в фитоценозах. Их сопоставление позволит сравнивать структуры разных видов растительных сообществ, т. е. содержание различных ландшафтов по растительному покрову.

Комплексность испытания множества показателей структуры, свойств и качества древесины, ливствы, корней, коры растущих деревьев при дополнительном учете ливствы и корней травы позволяет изучить экологический режим и экологическое состояние лесного и болотного ландшафта. При этом испытатель заранее знает искомую закономерность в виде обобщенной статистической модели, и поэтому будет прогнозировать результаты измерения фитомассы растительных сообществ. Это позволит увеличивать число структурных элементов, учитываемых при измерениях содержания химических элементов в отдельности или же в их различных группах.

### 8.7. Экологический профиль арктофилового луга

На рис. 8.1 приведен экологический профиль арктофилового луга, который сформировался на осушенном в 1977 г. оз. Научное, площадью 38 га [27].

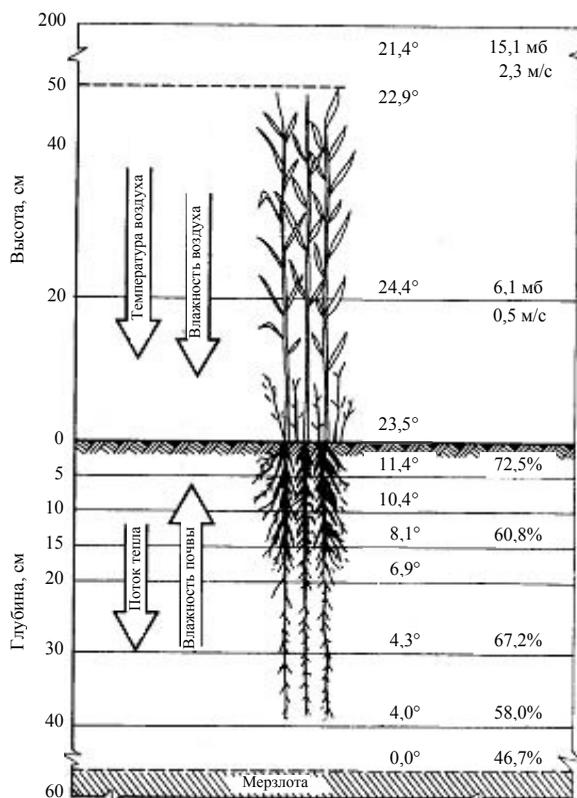


Рис. 8.1. Экологический профиль арктофилового луга на оз. Научное на Чукотке (20 июля 1982 г.) [31]

Нижне-Анадырская низменность отнесена к Евразийской полярной почвенно-биоклиматической области, субарктической зоне тундровых почв, Чукотско-Анадырской равнинной почвенной провинции.

В почвенной зоне температура резко убывает с глубиной. Основная масса корней сосредоточена в слое 0–20 см, т. е. ограничена снизу изотермой 5°C.

По всему экологическому профилю (рис. 8.1) температура изменяется по статистической закономерности (табл. 8.19) вида

$$t^{\circ}\text{C} = 0,38759(H + 60)^{1,51265} \exp(-0,11128(H + 60)) + \\ + 9,8351 \cdot 10^{-10} (H + 60)^{6,2051} \exp(-0,000078967(H + 60)^{2,44620}) + \\ + 0,67110 \exp(0,031492(H + 60)) \cos(\pi(H + 60)/4,90587), \quad (8.11)$$

где  $H$  – высота (глубина) измерения температуры, см.

Уравнение (8.11) содержит три составляющие. Первая из них показывает общую тенденцию изменения температуры с высотой, начиная от глубины 60 см, или возбуждение теплового потока от края вечной мерзлоты. Максимум температуры 4,42°C наблюдается на глубине – 46 см. Значения 0,1°C (ошибка измерений) первая составляющая достигает на высоте 10 см. Поэтому эта закономерность описывает изменение температуры по высоте от –60 до 10 см.

Вторая составляющая определяет возбуждение теплового потока в слое почвы и воздуха от –60 до 130 см. При этом максимум температуры 20,8°C наблюдается на высоте 10 см от поверхности грунта.

Третья волновая составляющая представляет неустойчивое изменение теплового потока с нарастающей амплитудой изменения температуры. Если моделировать различные экологические профили, полученные в течение суток в разное время (с учетом ветра и без него), то можно найти закономерность и по третьей составляющей. В формуле (8.11) эта составляющая пока не имеет достаточно содержательного обоснования.

По глубине, начиная от поверхности почвы, получилось уравнение вида

$$t^{\circ}\text{C} = 62,06 \exp(-0,1446h^{0,2092}) - 38,56 \exp(0,002205h). \quad (8.12)$$

Если первая составляющая формулы (8.12) показывает медленное снижение температуры с углублением в грунт, то вторая – медленное увеличение тепловых потерь по мере приближения к границе вечной мерзлоты.

Необходимы дальнейшие исследования по поиску статистических моделей для выявления устойчивой закономерности вдоль экологического профиля почвы не только лугов, но и лесов, полей и перелесков.

Изменение температуры по высоте экологического профиля

Модель (8.11)					Модель (8.12)				
$H$ , см	$\bar{t}$ , °C	$t$ , °C	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$h$ , см	$\bar{t}$ , °C	$t$ , °C	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
200	21,4	21,35	0,05	0,23	–	–	–	–	–
50	22,8	22,63	0,12	0,53	–	–	–	–	–
20	24,4	24,50	-0,10	-0,41	–	–	–	–	–
0	23,5	21,15	2,35	10,00	0	23,5	23,5	0,00	0,00
-5	11,4	12,73	-1,33	-11,67	5	11,4	11,7	-0,30	-2,63
-10	10,4	13,34	-2,94	-23,27	10	10,4	9,7	0,71	6,83
-15	8,1	6,76	1,34	16,54	15	8,1	8,2	-0,14	-1,73
-20	6,9	6,71	0,19	2,75	20	6,9	7,0	-0,15	-2,17
-30	4,3	4,00	0,30	6,98	30	4,3	5,0	-0,03	16,98
-40	4,0	4,29	-0,29	-7,25	40	4,0	3,3	0,73	18,25
-60	0,0	0,00	0,00	0,00	60	0,0	0,1	-0,13	–

*Примечание.*  $\varepsilon$  – остатки между фактическими  $\bar{t}$  и расчетными  $t$  значениями показателя, т. е. абсолютная погрешность;  $\Delta$  – относительная погрешность, причем максимальное значение выделено курсивом.

## 8.8. Атмосферные осадки на лугах

Биоклиматические коэффициенты водопотребления арктофилового луга в течение вегетационного сезона, необходимые для расчетов водообеспеченности многолетних трав [31], изменяются следующим образом (табл. 8.20):

- коэффициент дефицита влажности воздуха

$$K_d = 0,2005i_M^{2,7972} \exp(-0,5644i_M); \quad (8.13)$$

- коэффициент дефицита температуры

$$K_t = 0,04186i_M^{3,7220} \exp(-0,7593i_M). \quad (8.14)$$

Оба указанных коэффициента описываются биотехническим законом в упрощенной форме конструкции. Коэффициент стока  $k$  зависит от соотношения площадей осоково-пушицево-кочкарниковой тундры и каменистых россыпей.

Т а б л и ц а 8.20

## Изменение биоклиматических коэффициентов

Месяц	Код $i_m$	Дефицит влажности воздуха				Дефицит температуры			
		$\bar{K}_d$	$K_d$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$	$\bar{K}_t$	$K_t$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$
Июнь	6	1,04	1,02	0,02	1,92	0,33	0,35	-0,026	-7,88
Июль	7	0,83	0,89	-0,06	-7,23	0,31	0,29	0,022	7,10
Август	8	0,80	0,74	0,06	7,50	0,24	0,22	0,019	7,92
Сентябрь	9	0,56	0,58	-0,02	3,57	0,13	0,16	-0,031	-23,85

В любом водосборе, включающем в свой состав кочкарниковые тундры и каменистые россыпи, первые являются мощными испарителями влаги и поглотителями тепла, а вторые выполняют роль конденсаторов и нагревателей воздуха.

После идентификации исходных данных была получена статистическая закономерность (табл. 8.21) в виде закона гибели

$$k = 0,9292 \exp(-0,001812s^{1,3061}), \quad (8.15)$$

где  $s$  – соотношение площадей, %.

Такая закономерность может проявляться и на других типах водосборов.

Т а б л и ц а 8.21

Коэффициент стока в водосборах бассейна р. Малый Анюй в зависимости от соотношения площади осоково-пушицево-кочкарниковой тундры и каменистых россыпей

Водосбор	Площадь кочкарниковых тундр от общей площади, %	Доля $s, \%$	Коэффициент стока $\hat{k}$	Расчетные значения по (8.15)		
				$k$	$\varepsilon$	$\Delta, \%$
Инкуливеем	100	100	0,44	0,44	-0,0025	-0,57
Звонкий	91	91	0,46	0,48	-0,0221	-4,83
Медвежий	88	88	0,47	0,50	-0,0259	-5,51
Сохатиный	64	64	0,57	0,51	0,0554	9,72
Кепервеем	60	60	0,63	0,63	-0,0050	-0,79
Южный	53	53	0,66	0,67	-0,0122	-1,85
Люповеем	43	43	0,75	0,73	0,0240	3,20
Цирковый	25	25	0,81	0,82	-0,0130	-1,60

В условиях Чукотки меженный сток играет особенно важную роль, поскольку именно он лимитирует промывку золотоносных песков в отдельные периоды сезона. Кроме того, сведения о стоке малых и средних рек в различные фазы необходимы для правильного проектирования гидравлического оттаивания мерзлых пород при открытой разработке россыпей.

Для территории Чукотки, по результатам наблюдений за градиентом осадков, например, для районов бассейнов реки Малый Анюй, получена следующая зависимость (табл. 8.22):

- абсолютная величина градиента 16,0 мм / 100 м

$$G = 82,61 \exp(-0,2026H^{1,3061}); \quad (8.16)$$

- абсолютная величина градиента 42,0 мм / 100 м

$$G = 85,48 \exp(-0,1783H^{1,3716}). \quad (8.17)$$

Из табл. 8.22 видно, что с увеличением высоты местности вертикальный градиент количества атмосферных осадков уменьшается по закону гибели (спада) в общей форме конструкции.

Таким образом, растительность и почвы ведут себя как живые организмы и их популяции. Поэтому процессы их поведения, а также распределение популяций почв и территорий вполне характеризуются биотехническим законом и конструкциями статистических моделей, построенных на его основе.

Т а б л и ц а 8.22

Относительный градиент количества атмосферных осадков для различной высоты местности на Чукотке (р. Малый Анюй)

Высота местности, м	Абсолютный градиент 16,0 мм / 100 м				Абсолютный градиент 42,0 мм / 100 м			
	$\bar{G}$ , %	$G$ , %	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$\bar{G}$ , %	$G$ , %	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
200	22	21,95	0,05	0,23	24	23,85	0,15	0,63
400	15	15,17	-0,17	-1,13	16	16,39	-0,39	-2,44
600	12	11,67	0,33	2,75	13	12,53	0,47	3,62
800	9	9,46	-0,46	-5,11	10	10,09	-0,09	-0,90
1 000	8	7,92	0,08	1,00	8	8,39	-0,39	-4,88
1 200	7	6,77	0,23	3,29	7	7,13	-0,13	-1,86
1 400	6	5,88	0,12	2,00	6	6,16	-0,16	-2,67
1 600	5	5,17	-0,17	-3,40	6	5,39	0,61	10,17

## 8.9. Измерение качества травы

Луг богат разнообразием биологических видов. Он хорошо защищает почву от эрозии и воду в почве от испарения. При этом луг является важной частью растительного покрова территории. Поэтому мероприятия по превращению неудобных для сельского хозяйства земель в цветущие луга становятся эффективными в рационализации землепользования и водопользования [8].

Для обоснования мероприятий рационального природопользования необходимы принципиально новые (на уровне патентов на изобретения) способы и средства измерения свойств растений (в перспективе и животных), которые могли бы использоваться на практике без сложных приборов и оборудования.

Трава растет на лугах и пастбищах и является кормовым ресурсом для диких и домашних животных. При этом многие участки травы находятся в поймах рек и их притоков, соответственно они могли бы косвенно указывать своей продуктивностью на качество речной воды.

В связи с этим поиск способов измерения качества травы должен удовлетворять двум целям:

1) **оценка урожайности** лугов для сенокоса и пастбищ для скота, т. е. определение качества травы для нужд сельского хозяйства;

2) **оценка экологической ситуации** той территории, на которой произрастает эта трава.

Обе эти цели могут быть достигнуты по результатам изучения динамики свойств скошенной травы, в частности, изменению в процессе естественной сушки **массы травяной пробы**, взятой с 1 м<sup>2</sup>.

Метод измерения массы биологической пробы в процессе естественной сушки потребует использования простых весов, например бытовых, с точностью  $\pm 5$  г. При этом биологическими пробами могут стать любые виды растений от деревьев до травы.

Предлагаемый метод основан на простой закономерности – хорошая по качеству трава после ее срезания дольше сохраняет влагу, т. е. медленнее сохнет при условиях естественной сушки.

## 8.10. Городская трава

Пробы травы брали без учета площади, с которой состригали траву в г. Йошкар-Оле у реки Малая Кокшага в рекреационной зоне около дороги напротив вантового моста. Эти пробы взвешивались на кухонных весах KW (фирма KLATRONIC, Германия) с легко читаемой круглой шкалой. Диапазон измерения весов – до 2 кг с делением шкалы 10 г, что позволяет взвешивать пробы с погрешностью не более  $\pm 5$  г.

Взятие четырех проб состоялось в 10 часов 18 июля 2005 г. при проведении учебной практики со студентами. На поверхности почвы лежали листья деревьев, поэтому номера биологических проб соответствовали следующим характеристикам:

№ 1 – травяная проба, взятая на расстоянии 10 м от берега реки;

№ 2 – проба листьев, взятая у реки в 10 м от берега;

№ 3 – проба травы, взятая на расстоянии 20 м от дороги;

№ 4 – проба листьев – на расстоянии 20 м от края дороги.

Исходные данные приведены в табл. 8.23.

Пробы были уложены в полиэтиленовые пакеты и после взвешивания хранились на балконе с солнечной стороны дома. В дни опытов температура воздуха была в пределах 25–30°C, поэтому пробы быстро сохли при естественной сушке примерно до постоянного веса. Дальнейшее хранение дает колебание массы в зависимости от влажности воздуха. Поэтому для повышения точности последующих опытов требуется измерять дополнительно температуру и влажность окружающего биологические пробы воздуха.

Приведенные в табл. 8.23 данные о динамике массы пробы предусматривают, чтобы точность экспериментов была не ниже 5%. При погрешности весов  $\pm 5$  г **исходная масса пробы должна** составить не менее 100 г. Первые три пробы удовлетворяли данному требованию. При этом динамика сушки первой и четвертой проб оказалась недостаточно корректной, так как последний замер массы показал большее значение, чем предыдущий.

Чаще всего такое колебание массы пробы может возникнуть:

1) из-за колебания влажности окружающего пробу воздуха (в данном случае это не должно быть из-за того, что первые три пробы показали хорошие результаты);

Т а б л и ц а 8.23

Масса проб после сушки, г

Дата измерения	Время измерения	Номер биологической пробы			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
18.07.05	10-00	100	150	130	90
18.07.05	12-00	100	150	130	90
18.07.05	18-20	60	120	75	70
19.07.05	07-00	50	90	70	50
19.07.05	18-30	35	80	50	40
20.07.05	07-15	35	70	45	30
30.07.05	18-30	30	60	40	25
21.07.05	06-30	25	50	35	20
22.07.05	08-30	29	50	30	30

- 2) случайного попадания влаги в пробу;  
 3) случайного попадания различных предметов в пробу (чтобы исключить это влияние, в других опытах пробы хранились в бумажных мешках).

Время естественной сушки отсчитывается в часах начиная с момента срезания травы и взятия пробы листьев. При этом точность измерения времени должна составлять 4–6 мин (до 0,1 ч).

После статистического моделирования в математической решающей среде EUREKA (Eureka Solver) были получены следующие статистические закономерности (табл. 8.24):

- проба № 1 городской травы

$$m = 75,22 \exp(-0,086710t^{0,93350}) + 28,20 ; \quad (8.18)$$

- проба № 3 травы

$$m = 104,54 \exp(-0,10560t^{0,78210}) + 29,92 , \quad (8.19)$$

где  $m$  – масса биологической пробы, г;  $t$  – время естественной сушки, ч.

Для проб листьев были получены следующие статистические закономерности (табл. 8.25):

- проба № 2 листьев деревьев

$$m = 108,23 \exp(-0,045049t^{0,94066}) + 44,84 ; \quad (8.20)$$

- проба № 4 листьев

$$m = 66,82 \exp(-0,25464t^{1,19483}) + 24,28 . \quad (8.21)$$

Полученные формулы свидетельствуют о том, что их конструкция одинакова для всех проб. При этом первая составляющая показывает динамику спада массы из-за потерь пробой влаги в ходе естественной сушки, а вторая – предельную минимальную массу пробы в данных погодных условиях.

Таким образом, первый параметр определяет начальную массу пробы, а последний (четвертый, постоянный член уравнения) – минимально достижимую массу в конце высушивания. Минимальная масса пробы включает абсолютную массу органического вещества и связанную с мицеллами клеток влагу. Поэтому, чтобы определить влажность пробы, необходимо высушить ее до абсолютно сухого состояния в термостатах при температуре сушки 105°C.

Таблица 8.24

## Динамика массы проб городской травы

Дата	Часы	Время $t$ , ч	Проба № 1				Проба № 3			
			$\bar{m}$ , г	$m$ , г	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$\bar{m}$ , г	$m$ , г	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
18.07	10-00	0,0	100	103,4	-3,42	-3,42	130	134,5	-4,46	-3,43
18.07	12-00	2,0	100	91,9	8,06	8,06	130	117,1	12,90	8,92
18.07	18-20	8,3	60	68,5	-8,45	-14,08	75	90,1	-15,06	-20,08
19.07	07-00	21,0	50	44,9	5,14	10,28	70	62,8	7,16	10,23
19.07	18-30	32,5	35	36,2	-1,24	-3,54	50	50,9	-0,85	-1,70
20.07	07-15	45,7	35	31,7	3,32	9,49	45	42,7	2,27	5,04
30.07	18-30	56,5	30	30,0	0,03	0,10	40	38,7	1,31	3,28
21.07	06-30	68,5	25	29,0	-4,05	-16,20	35	35,8	-0,78	-2,23
22.07	08-30	94,5	29	28,4	0,62	2,14	30	32,5	-2,49	-8,30

Таблица 8.25

## Динамика массы проб опавших листьев

Дата	Часы	Время $t$ , ч	Проба № 2				Проба № 4			
			$\bar{m}$ , г	$m$ , г	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$\bar{m}$ , г	$m$ , г	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
18.07	10-00	0,0	150	153,1	-3,07	-2,05	90	91,1	-1,10	-1,22
18.07	12-00	2,0	150	144,1	5,89	3,93	90	87,3	2,69	2,99
18.07	18-20	8,3	120	122,7	-2,67	-2,23	70	72,8	-2,83	-4,04
19.07	07-00	21,0	90	93,5	-3,46	-3,84	50	49,2	0,75	1,50
19.07	18-30	32,5	80	77,7	2,26	2,83	40	37,4	2,64	6,60
20.07	07-15	45,7	70	65,8	4,18	5,97	30	30,0	-0,04	-0,13
30.07	18-30	56,5	60	59,4	0,56	0,93	25	27,1	-2,12	-8,48
21.07	06-30	68,5	50	54,6	-4,65	-9,30	20	25,5	-5,53	-27,65
22.07	08-30	94,5	50	49,0	0,96	1,92	30	24,5	5,53	18,43

## 8.11. Трава на участке сенокоса

В сельской местности на каждом приусадебном участке выделяются несколько соток земли для посева и роста травы и заготовки корма. Вместе с тем растущая трава неоднородна по качеству даже на таких малых участках.

Взятие пяти проб было проведено 26 июля 2005 г. с участка сенокоса (естественный луг) размерами  $30 \times 25$  м, находящегося примерно в двухстах метрах от берега реки Ировка. Улица Центральная деревни находится от опытного участка сенокоса на расстоянии 170 м. Таким образом, прямое влияние дороги и речки на качество травы незначительное.

Естественная сушка травяных проб выполнялась в бумажных пакетах на веранде без попадания солнечных лучей. Первая проба в конце эксперимента начала гнить, пятая – сгнила раньше, хотя в дни измерений погода стояла теплая, температура достигала  $30^{\circ}\text{C}$ .

Отличительным признаком всех экспериментов по изучению качества сельской травы стало принятие *постоянной площади пробы* в  $1 \text{ м}^2$ . Масса травы с одного квадратного метра показывает продуктивность сенокосного угодья или *урожайность травы*  $q$  в  $\text{г}/\text{м}^2$  ( $10^{-6} \text{ т} / (10^{-4} \text{ га} = 10^{-2} \text{ т}/\text{га})$ ). Таким образом, можно проследить динамику естественной сушки до травы.

По внешнему виду растущей травы селяне определяют ее кормовые качества. Поэтому пробы травы по качеству были распределены (ранжированы) следующим образом:

- № 1 – лучшая трава для заготовки сена;
- № 2 – хорошая трава для производства сена;
- № 3 – средний по качеству травостой;
- № 4 – удовлетворительная по качеству трава;
- № 5 – плохая по качеству сена трава.

При взятии пробы на участке сенокоса выбирались соответствующие шкале качества (лучшая, хорошая, средняя, удовлетворительная, плохая) *пробные площадки* в  $1 \text{ м}^2$ .

По результатам сушки травы, срезанной на пробных площадках, были получены следующие статистические модели (табл. 8.26):

- проба № 1

$$q = 552,95 \exp(-0,0052622t^{0,88481}) + 64,56 ; \quad (8.22)$$

- проба № 2

$$q = 288,39 \exp(-0,00082647t^{1,29140}) + 46,30 ; \quad (8.23)$$

- проба № 3

$$q = 495,22 \exp(-0,0063524t^{0,83261}) ; \quad (8.24)$$

Т а б л и ц а 8.26

## Динамика массы проб сенокосной травы с пробных площадок

Дата	Часы	Время $t$ , ч	Фактическое значение $\bar{q}$ , г/м <sup>2</sup>	Расчетные значения		
				$q$ , г/м <sup>2</sup>	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7
№ 1 – лучшая трава для заготовки сена						
26.07.05	19-30	0,0	620	617,5	2,49	0,40
27.07.05	06-00	10,5	590	594,7	-4,69	-0,79
27.07.05	14-00	18,5	580	580,4	-0,35	-0,06
27.07.05	20-30	25,0	570	569,5	0,48	0,08
27.07.05	22-00	26,5	570	567,1	2,90	0,51
28.07.05	07-00	35,5	550	553,1	-3,11	-0,57
28.07.05	13-00	41,5	545	544,2	0,77	0,14
28.07.05	19-40	48,2	535	534,7	0,33	0,07
29.07.05	05-30	58,0	520	521,3	-1,28	-0,02
29.07.05	20-15	72,8	505	502,2	2,76	0,55
30.07.05	07-00	83,5	490	489,2	0,76	0,16
30.07.05	20-00	96,5	470	474,2	-4,20	-0,89
31.07.05	08-00	108,5	465	461,0	4,01	0,86
31.07.05	22-00	122,5	450	446,3	3,68	0,82
01.08.05	07-00	131,5	435	437,3	-2,27	-0,47
02.08.05	08-00	156,5	415	413,6	1,42	0,34
02.08.05	19-00	167,5	400	403,8	-3,77	-0,94
27.08.05	14-00	762,5	150	149,9	0,05	0,03
№ 2 – хорошая трава для производства сена						
26.07.05	19-30	0,0	330	334,7	-4,69	-1,42
27.07.05	06-00	10,5	330	329,8	0,23	0,07
27.07.05	14-00	18,5	330	324,6	5,45	1,65
27.07.05	20-30	25,0	325	319,9	5,14	1,58
27.07.05	22-00	26,5	320	318,7	1,26	0,39
28.07.05	07-00	35,5	310	311,7	-1,71	-0,55
28.07.05	13-00	41,5	310	306,8	3,16	1,02
28.07.05	19-40	48,2	300	301,3	-1,25	-0,42

Продолжение табл. 8.26

1	2	3	4	5	6	7
29.07.05	05-30	58,0	280	292,9	-12,91	-4,61
29.07.05	20-15	72,8	280	280,1	-0,09	-0,03
30.07.05	07-00	83,5	270	270,8	0,78	0,29
30.07.05	20-00	96,5	260	259,5	0,49	0,19
31.07.05	08-00	108,5	255	249,2	5,76	2,26
31.07.05	22-00	122,5	240	237,5	2,50	1,04
01.08.05	07-00	131,5	230	230,1	-0,11	-0,05
02.08.05	08-00	156,5	210	210,4	-0,39	0,19
02.08.05	19-00	167,5	200	202,1	-2,12	-1,06
27.08.05	14-00	762,5	50	50,0	0,01	0,02
№ 3 – средний по качеству травостой						
26.07.05	19-30	0,0	490	495,2	-5,21	-1,06
27.07.05	06-00	10,5	480	473,4	6,57	1,37
27.07.05	14-00	18,5	470	460,8	9,24	1,97
27.07.05	20-30	25,0	450	451,4	-1,39	-0,31
27.07.05	22-00	26,5	445	449,3	-4,32	-0,97
28.07.05	07-00	35,5	435	437,4	-2,43	-0,56
28.07.05	13-00	41,5	435	430,0	5,04	1,16
28.07.05	19-40	48,2	425	422,0	3,03	0,71
29.07.05	05-30	58,0	400	410,9	-10,87	-2,72
29.07.05	20-15	72,8	390	395,2	-5,20	-1,33
30.07.05	07-00	83,5	390	384,6	5,44	1,39
30.07.05	20-00	96,5	365	372,3	-7,31	-2,00
31.07.05	08-00	108,5	365	361,6	3,42	0,94
31.07.05	22-00	122,5	350	349,7	0,32	0,09
01.08.05	07-00	131,5	340	342,4	-2,36	-0,69
02.08.05	08-00	156,5	325	323,2	1,79	0,55
02.08.05	19-00	167,5	320	315,3	4,71	1,47
27.08.05	14-00	762,5	100	100,5	-0,50	-0,50
№ 4 – удовлетворительная по качеству трава						
26.07.05	19-30	0,0	360	349,8	10,24	2,84
27.07.05	06-00	10,5	310	323,3	-13,34	-4,30

Окончание табл. 8.26

1	2	3	4	5	6	7
27.07.05	14-00	18,5	310	310,8	-0,76	-0,25
27.07.05	20-30	25,0	300	302,0	-1,97	-0,66
27.07.05	22-00	26,5	300	300,1	-0,07	-0,02
28.07.05	07-00	35,5	290	289,5	0,54	0,19
28.07.05	13-00	41,5	285	283,0	2,01	0,71
28.07.05	19-40	48,2	275	276,2	-1,24	-0,45
29.07.05	05-30	58,0	260	267,1	-7,08	-2,72
29.07.05	20-15	72,8	255	254,5	0,46	0,18
30.07.05	07-00	83,5	245	246,3	-1,26	-0,51
30.07.05	20-00	96,5	240	236,9	3,07	1,28
31.07.05	08-00	108,5	235	228,9	6,08	2,59
31.07.05	22-00	122,5	220	220,2	-0,20	-0,09
01.08.05	07-00	131,5	220	214,9	5,08	2,31
02.08.05	08-00	156,5	200	201,4	-1,35	-0,68
02.08.05	19-00	167,5	200	195,8	4,16	2,08
27.08.05	14-00	762,5	55	61,9	-6,89	-12,53
№ 5 – плохая по качеству сена трава						
26.07.05	19-30	0,0	1 000	1 006,2	-6,21	-0,62
27.07.05	06-00	10,5	1 000	991,5	8,51	0,85
27.07.05	14-00	18,5	980	975,6	4,43	0,45
27.07.05	20-30	25,0	960	961,1	-1,12	-0,12
27.07.05	22-00	26,5	960	957,6	2,36	0,25
28.07.05	07-00	35,5	925	935,8	-10,82	-1,17
28.07.05	13-00	41,5	925	920,6	4,44	0,48
28.07.05	19-40	48,2	900	903,0	-3,02	-0,34
29.07.05	05-30	58,0	870	876,7	-6,65	-0,76
29.07.05	20-15	72,8	850	835,8	14,20	1,67
30.07.05	07-00	83,5	800	805,9	-5,88	-0,74

- проба № 4

$$q = 349,76 \exp(-0,014388t^{0,72184}) ; \quad (8.25)$$

- проба № 5

$$q = 1006,21 \exp(-0,00068046t^{1,30800}). \quad (8.26)$$

Как видно из этих уравнений, существует общий закон динамики массы биологической пробы (в данном случае травы) в виде статистической зависимости

$$q = q_0 \exp(-a_1 t^{a_2}) + q_1, \quad (8.27)$$

где  $q_0$  – начальное значение массы срезанной травы (в общем случае биологической пробы) с пробной площадки площадью в  $1 \text{ м}^2$ , т. е. урожайность травы некоторой категории качества по **сырой массе**,  $\text{г/м}^2$ ;  $q_1$  – конечное после естественной сушки значение массы пробы, т. е. урожайность по готовому селу (**сухой массе**),  $\text{г/м}^2$ ;  $t$  – время сушки в естественных условиях, без попадания влаги на пробы (при защите от дождя), изменяющееся от нуля до времени достижения постоянной массы биологической пробы (время изменяется в пределах  $0 \leq t \leq t_1$ , где  $t_1$  – время достижения постоянной массы), ч;  $a_1, a_2$  – параметры статистической закономерности, изменяющиеся в каждом конкретном случае динамики массы пробы.

Формула (8.27) имеет ограничения по значениям влияющей переменной (от нуля до  $t_1$ ), а также по значениям изучаемого показателя (от  $q_0$  до  $q_1$ ). Поэтому она становится математической моделью.

## 8.12. Влияние травы на качество сена

**Категории качества** травы в сыром виде определялись номерами проб от единицы до пяти. Преобразование их в ранги от нуля до четырех позволило получить статистические модели изменения массы пробы (урожайности травы в различном состоянии влажности) в зависимости от **рангов качества**.

Для нескольких «срезов времени» были получены статистические закономерности (табл. 8.27) в виде уравнений:

- изменение массы по рангам проб после срезания травы, т. е. при условии  $t = 0$

$$q = 620,00 \exp(-1,09585r) + 1604,53r^{5,48351} \exp(-2,57034r) + 0,00028958r^{10,7691}; \quad (8.28)$$

- изменение массы по пробам в процессе естественной сушки после  $t = 25,0$  ч

Т а б л и ц а 8.27

Изменение массы по рангам проб сенокосной травы, г/м<sup>2</sup>

Характеристика качества травы	Ранг $r$	Факт. значение $\bar{q}$	Расчет. значение* $q$	Составляющие модели		
				$q_1$	$q_2$	$q_3$
1	2	3	4	5	6	7
<i>Изменение массы по рангам проб после срезания травы, <math>t = 0</math></i>						
№ 1 – лучшая трава	0	620	620	<b>620</b>	0	0
№ 2 – хорошая трава	1	330	330	207	123	0
№ 3 – средний травостой	2	490	490	69	<b>420</b>	1
№ 4 – удовлетворительная	3	360	360	23	297	40
№ 5 – плохая для сена трава	4	1 000	1 000	8	110	<b>882</b>
<i>Изменение массы по пробам в процессе естественной сушки после <math>t = 25,0</math> ч</i>						
№ 1 – лучшая трава	0	570	570	<b>570</b>	0	0
№ 2 – хорошая трава	1	325	325	225	100	0
№ 3 – средний травостой	2	450	450	89	<b>361</b>	0
№ 4 – удовлетворительная	3	300	300	35	230	35
№ 5 – плохая для сена трава	4	960	960	14	72	<b>874</b>
<i>Масса проб после сушки через 48,2 ч</i>						
№ 1 – лучшая трава	0	535	535	<b>535</b>	0	0
№ 2 – хорошая трава	1	300	300	199	101	0
№ 3 – средний травостой	2	425	425	74	<b>351</b>	0
№ 4 – удовлетворительная	3	275	275	27	215	33
№ 5 – плохая для сена трава	4	900	900	10	65	<b>825</b>
<i>Масса проб по рангам качества через 72,8 ч</i>						
№ 1 – лучшая трава	0	505	505	<b>505</b>	0	0
№ 2 – хорошая трава	1	280	280	189	91	0
№ 3 – средний травостой	2	390	390	71	<b>319</b>	0
№ 4 – удовлетворительная	3	255	255	27	197	31
№ 5 – плохая для сена трава	4	850	850	10	60	<b>780</b>

1	2	3	4	5	6	7
<i>Масса проб травы после 83,5 ч естественной сушки</i>						
№ 1 – лучшая трава	0	490	490	<b>490</b>	0	0
№ 2 – хорошая трава	1	270	270	171	9	0
№ 3 – средний травостой	2	390	390	60	<b>330</b>	0
№ 4 – удовлетворительная	3	245	245	21	195	29
№ 5 – плохая для сена трава	4	800	800	7	57	<b>736</b>

\* Абсолютная и относительная погрешности равны нулю.

$$q = 570,00 \exp(-0,92946r) + 1803,03r^{6,02407} \exp(-2,89223r) + 0,00015695r^{11,2044}; \quad (8.29)$$

- масса проб после сушки через 48,2 ч

$$q = 535,00 \exp(-0,99064r) + 1904,46r^{6,02407} \exp(-2,93354r) + 0,00014819r^{11,2044}; \quad (8.30)$$

- масса проб по рангам качества через 72,8 ч

$$q = 505,00 \exp(-0,98314r) + 1691,77r^{6,02407} \exp(-2,92198r) + 0,00014007r^{11,2044}; \quad (8.31)$$

- масса проб травы после 83,5 ч естественной сушки

$$q = 490,00 \exp(-1,05112r) + 1923,00r^{6,02407} \exp(-2,96933r) + 0,00013220r^{11,2044}. \quad (8.32)$$

Так как до замеров массы проб через 96,5 ч проба № 5 сгнила, не удалось проследить закономерности изменения травы по качеству будущего сена. К тому же из такой травы сена не получится.

Анализ показал, что первая и вторая составляющие предельно минимального значения  $0,1 \text{ г/м}^2$  достигают к рангу  $r = 8$ . Этот факт означает, что по качеству можно установить всего девять категорий. Но для такого детального разделения травяных проб необходимо ввести новый показатель содержания питательных веществ в клетках травы.

Общая закономерность влияния рангов (категорий) качества травы на массу (урожайность  $q$ ) проб характеризуется уравнением

$$q = q_{0t} \exp(-a_{1t} r^{a_{2t}}) + a_{3t} r^{a_{4t}} \exp(-a_{5t} r^{a_{6t}}) + a_{7t} r^{a_8}, \quad (8.33)$$

где  $q_{0t}$  – урожайность травы лучшего качества по сырой массе, г/м<sup>2</sup>;  $r$  – ранг качества травяной пробы, 0, 1, 2, 3, ...;  $a_{1t} \dots a_{8t}$  – параметры статистической закономерности, причем в предыдущих примерах  $a_{2t} = a_{6t} = 0$ .

Первая составляющая выражения  $q = q_1 + q_2 + q_3$  является естественной закономерностью и показывает спад массы пробы из-за потери влаги клетками срезанных растений. Вычислениями можно определить предел разделения качества на категории. Оказалось, что минимальное значение примерно 0,1 г/м<sup>2</sup> достигается на восьмом ранге по всем моделям. По существу, экспоненциальный спад массы показывает ухудшение качества за счет снижения по категориям проб количества питательных для крупного рогатого скота веществ (каротина и пр.).

Вторая составляющая, вероятно, показывает изменение массы тех клеток, которые пытаются своим стрессовым возбуждением после смерти удерживать влагу внутри себя. Поэтому с ухудшением качества травы вначале масса по второй составляющей растет, а затем снижается, достигая также восьмого ранга при уровне 0,1 г/м<sup>2</sup>.

Третья составляющая, по-видимому, показывает увеличение доли клетчатки в растении с ухудшением их качества. Питательные вещества становятся очень незначительными, поэтому со снижением качества происходит рост массы непитательных клеток по показательному (аллометрическому) закону.

### 8.13. Выводы

Наилучшим для комплексного изучения растительного покрова является анализ продуктивности различных типов фитоценозов и биологического круговорота в них. Способы анализа совокупностей древесных и травянистых растений по распределениям фитомассы их структурных компонент применимы также в инженерной экологии (биологии) при изучении различных видов загрязнения ландшафтов.

Предлагаемые способы позволяют повысить комплексность измерения фитомассы и сопоставительного испытания растительного сообщества по содержанию, годичному приросту и годичному опадению биологического вещества в различных видах и частях сообществ растений.

Сущность этих способов заключается в том, что фитоценоз рассматривается как популяция из многовидовых растений, которая приспособляется к внешним условиям (адаптация) или же пытается противостоять негативным внешним воздействиям (кризисное поведение) волновыми воз-

мущениями отдельных структурных слоев и частей в общем симбиотическом росте и развитии.

На сосново-сфагновом болоте фактические данные измерений фитомассы мелких ветвей древесных растений оказались заниженными по сравнению с расчетными значениями продуктивности. Чтобы исключить такие погрешности, можно быстро перепроверить экспериментальные данные по предлагаемому способу. Поэтому моделирование позволяет не только понять логику закономерностей распределения фитомассы и получить новые дополнительные (по отношению к таблице исходных данных) распределения, но и уточнить ход проведения измерений фитомассы в полевых условиях по видам растений.

В ельнике, по сравнению с сосново-сфагновым болотом, прослеживаются четкие статистические закономерности, причем они превращаются в функциональные зависимости почти с нулевой погрешностью.

Комплексность испытания на множестве показателей структуры, свойств и качества древесины, листвы, корней и коры растущих деревьев при дополнительном учете листвы и корней травы позволяет изучить экологический режим и экологическое состояние лесного и болотного ландшафта.

Метод измерения массы биологической пробы в процессе естественной сушки требует использования простых весов, например бытовых, причем эксперименты достаточно проводить на весах с точностью  $\pm 5$  г. При этом биологическими пробами могут стать любые виды растений от деревьев до травы.

Предлагаемый метод изучения динамики содержания влаги в биологической пробе основан на простой закономерности: хорошая по качеству трава после ее срезания дольше сохраняет влагу, т. е. медленнее сохнет – 17–30 суток при условиях естественной сушки.

## 9. КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ

Многие мероприятия природопользования не могут быть обоснованы существующими методами экономических расчетов. Поэтому необходимы новые способы эколого-экономического обоснования мер земле-, водо- и лесопользования.

Одним из путей эколого-экономической оценки земель является кадастровый подход, т. е. *оценка изменений кадастровой стоимости* земель, вод и лесов (надземной растительности) в зависимости от тех или иных экологических, социальных, организационных, управленческих, технологических, технических и других мероприятий [88].

### 9.1. Измерение кадастровой стоимости угодий

Техническое решение относится к составлению кадастра земель сельскохозяйственного назначения и определению кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий для научного управления земельными ресурсами в условиях сельскохозяйственных предприятий (и их объединений) и других административно-территориальных образований путем выявления закономерностей влияния площади сельскохозяйственных угодий.

Известен способ измерения кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий<sup>15</sup>, который предполагает после проведения картографических или натурных измерений осуществлять группировку участков земель по почвенным разновидностям в пределах границ административно-территориальных образований, а кадастровую стоимость сельскохозяйственных угодий определять исходя из средней урожайности этих земель за последние 20 лет. Недостатком является группировка земель по почвенным разновидностям. Эта группировка, а также необходимость учета урожайности культур растений по многим годам в некоторых случаях усложняют процесс расчета кадастровой стоимости сельскохозяйственных земель.

Другой способ измерения кадастровой стоимости<sup>15</sup> включает картографические или натурные геодезические измерения площади сельскохозяйственных угодий и расстояний от пунктов сбора урожая, оценку плод-

---

<sup>15</sup> Методика кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий на уровне субъектов Российской Федерации.

родия земель по баллам бонитета, оценку энергоемкости технологической обработки сельскохозяйственных угодий, последовательный учет табличных данных площади, расстояний, бонитета и энергоемкости в расчетах значений кадастровой стоимости, а также дифференциального рентного дохода, рентного дохода по фактически достигнутым значениям урожайности за 20 и более лет и различных ежегодных затрат на поддержание плодородия сельскохозяйственных угодий. Недостатком этого способа является высокая трудоемкость определения кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий. Все процедуры по измерению отдельных составляющих показателей следует выполнять ежегодно, что также значительно повышает трудоемкость работ и усложняет повторные действия по определению измененных значений кадастровой стоимости.

Технический результат – упрощение процедур повторного измерения составляющих кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий и снижение трудоемкости по ее определению, в особенности при повторных измерениях и перерасчетах. Он достигается тем, что после первой серии измерений и оценки параметров сельскохозяйственных угодий по результатам прошлой урожайности, плодородия и энергоемкости выявляют закономерности изменения показателей дифференциального рентного дохода, а также рентного дохода и кадастровой стоимости методом статистического моделирования табличных данных измерений параметров в виде площади, расстояний, бонитета и энергоемкости. Для уточнения результатов последующие серии измерений параметров сельскохозяйственных угодий выполняют с учетом достоверности выявленных статистических закономерностей, а для прогнозирования значений показателей повторно идентифицируют и уточняют параметры этих закономерностей.

Статистические закономерности изменения бонитета  $B$  и энергоемкости  $\mathcal{E}$  сельскохозяйственных угодий в зависимости от их площади  $S$  выявляются по формулам:

$$B = a_1 S^{a_2}, \quad \mathcal{E} = a_3 S^{a_4}, \quad (9.1)$$

где  $S$  – исходные данные влияющей переменной, т. е. площади сельскохозяйственных угодий всех почвенных разновидностей по территориально-административным районам, га;  $B$ ,  $\mathcal{E}$  – расчетные по статистическим моделям значения среднего балла бонитета и балла энергоемкости по всей площади сельскохозяйственных угодий административных районов;  $a_1 \dots a_4$  – параметры статистических моделей.

## 9.2. Дифференциальный рентный доход

Статистические закономерности изменения *дифференциального рентного дохода* сельскохозяйственных угодий в зависимости от их площади, бонитета и энергоемкости идентифицируются математическими зависимостями:

$$P_d = a_1 B^{a_2}; \quad (9.2)$$

$$P_d = -a_3 + a_4 S^{a_5} + a_6 B^{a_7} \exp(-a_8 B); \quad (9.3)$$

$$P_d = -a_9 + a_{11} \mathcal{E} + a_{12} B^{a_{13}} \exp(-a_{14} B), \quad (9.4)$$

Статистические закономерности изменения *рентного дохода* сельскохозяйственных угодий в зависимости от их площади, бонитета, энергоёмкости и дифференциального рентного дохода идентифицируются следующими математическими зависимостями:

$$P = a_1 S^{a_2} \exp(-a_3 S); \quad (9.5)$$

$$P = a_5 B^{a_6} \exp(-a_7 B); \quad (9.6)$$

$$P = a_8 B^{a_9} \exp(-a_{10} B)(-a_{11} + a_{12} S^{a_{13}} + a_{14} \mathcal{E}^{a_{15}}); \quad (9.7)$$

$$P = -a_{16} + a_{17} P_d^{a_{18}} \exp(-a_{19} P_d). \quad (9.8)$$

В формулах (9.2) – (9.8)  $P$  – рентный доход, р./га;  $P_d$  – дифференциальный рентный доход, р./га;  $B$ ,  $\mathcal{E}$  – измеренные значения среднего балла бонитета и балла энергоёмкости по всей площади сельскохозяйственных угодий административных районов или других территориальных образований;  $S$  – исходные данные площади сельскохозяйственных угодий всех почвенных разновидностей по территориально-административным районам или другим видам территориальных образований, га;  $a_1 \dots a_{19}$  – параметры статистических закономерностей.

Представленные модели позволяют находить конкретные статистические закономерности по каждому административному образованию или ландшафту.

### 9.3. Кадастровая стоимость угодий

Закономерности изменения кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий в зависимости от их площади, бонитета, энергоёмкости и дифференциального рентного дохода идентифицируются математическими зависимостями вида

$$C = a_1 S^{a_2} \exp(-a_3 S^{a_4}); \quad (9.9)$$

$$C = a_5 B^{a_6} \exp(-a_7 B); \quad (9.10)$$

$$C = a_8 P_d^{a_9} \exp(-a_{10} P_d^{a_{11}}), \quad (9.11)$$

где  $C$  – кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий во множестве территориальных образований, р./га;  $P_d$  – дифференциальный рентный доход, р./га;  $B$  – измеренные значения среднего балла бонитета по всей площади сельскохозяйственных угодий административных районов или других территориальных образований;  $S$  – исходные данные площади сельскохозяйственных угодий всех почвенных разновидностей по территориально-административным районам или другим видам территориальных образований, га;  $a_1 \dots a_{11}$  – параметры статистических закономерностей.

По табличным данным измерений параметров в виде площади, расстояний, бонитета и энергоёмкости за текущий год прогнозируются значения показателей дифференциального рентного дохода, рентного дохода и кадастровой стоимости на следующий год.

Влияние расстояния до сельскохозяйственных угодий и индекса технологических свойств почвы на дифференциальный рентный доход учитывают по зависимостям:

$$P_d = a_1 \exp(-a_2 L^{a_3}) - a_4; \quad (9.12)$$

$$P_d = a_5 \exp(-a_6 I^{a_7}) - a_8, \quad (9.13)$$

где  $P_d$  – дифференциальный рентный доход, р./га;  $L$  – расстояние от пунктов концентрации урожая сельскохозяйственных культур до сельскохозяйственных угодий, км;  $I$  – индекс технологических свойств почвы земельного участка;  $a_1 \dots a_8$  – параметры статистических закономерностей.

Влияние бонитета сельскохозяйственных земель на дифференциальный рентный доход учитывают по зависимости

$$P_d = \mp a_1 \pm a_2 B, \quad (9.14)$$

где  $P_d$  – дифференциальный рентный доход, р./га;  $B$  – измеренные значения среднего балла бонитета по всей площади сельскохозяйственных угодий административных районов или других территориальных образований;  $a_1, a_2$  – параметры статистических закономерностей, которые по формуле (9.14) имеют вид линейного закона.

Статистические закономерности, если они получены по фактическим данным показателей кадастровой оценки земель, будут всегда нелинейными. Для их получения необходимы дополнительные исследования многих явлений и процессов по оценке земель.

## 9.4. Примеры расчета кадастровой стоимости угодий

Для статистического моделирования воспользуемся данными, приведенными по административным районам РМЭ [88].

Площадь земель некоторой территории, однородной по многим природным и технологическим свойствам, становится важнейшим физическим показателем, характеризующим популяцию природных территорий как распластанных живых существ.

В земельном кадастре приведены табличные данные всех административных районов РМЭ по характеристике качества сельскохозяйственных угодий. За основу ранжирования приняты почвенные разновидности, для каждой из которых приведены три показателя:  $S$  – площадь,  $B$  – балл бонитета по урожайности,  $\mathcal{E}$  – балл энергоемкости.

Территория РМЭ характеризуется тем, что влияние человека еще не погубило естественные ландшафты: здесь немало девственных озер, территория имеет много лесов, хотя и истощенных хищнической рубкой. Поэтому закономерности распределения площади множества земельных участков, в частности сельскохозяйственного назначения, вполне проявляются в процессе статистического моделирования. Сразу же отметим, что эта гипотеза полностью подтвердилась, и поэтому предложенное техническое решение является полезным не только людям, но и окажет благотворное влияние на развитие природной среды (польза для биосферы планеты даже важнее, чем польза для человечества).

Участок земли, однородный по почвенной разновидности в пределах определенного биоценоза, можно принять за биологическое существо, распластанное на заданной природой и измененной человеком территории. Этот основополагающий биотехнический принцип доказывается тем, что площадь земель становится важнейшим влияющим фактором.

## 9.5. Баллы бонитета и энергоемкости

Влияние площади на балл бонитета по урожайности сельскохозяйственных культур, сенокосов и пастбищ по административным районам РМЭ оценивается простой статистической закономерностью (табл. 9.1) аллометрического (показательного) роста в виде уравнения

$$B = 16,2965S^{0,1059} . \quad (9.15)$$

Для изменения балла энергоемкости сельскохозяйственных угодий РМЭ была получена модель аналогичной конструкции (табл. 9.1) в виде

$$\mathcal{E} = 41,5780S^{0,07070} . \quad (9.16)$$

Т а б л и ц а 9.1

Влияние площади сельскохозяйственных угодий на показатели земель, балл/га

Административный район	Фактор $S$ , га	Балл бонитета (9.15)				Балл энергоёмкости (9.16)			
		$\hat{B}$	$B$	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$\hat{\mathcal{E}}$	$\mathcal{E}$	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	36 182	47	49,5	-2,53	-5,38	85	87,3	-2,33	-2,74
Горномарийский	49 437	54	51,2	2,81	5,20	93	89,3	3,72	4,00
Звениговский	28 545	46	48,3	-2,30	-5,00	83	85,9	-2,88	-3,47
Килемарский	17 312	46	45,8	0,19	0,41	83	82,9	0,11	0,13
Куженерский	51 885	49	51,5	-2,45	-5,00	90	89,6	0,42	0,47
Мари-Турекский	89 530	53	54,5	-1,51	-2,85	89	93,1	-4,11	-4,62
Медведевский	55 767	55	51,8	3,15	5,73	93	90,0	2,96	3,18
Моркинский	59 985	49	52,2	-3,25	-6,63	85	90,5	-5,51	-6,48
Новоторъяльский	70 418	53	53,1	-0,14	-0,26	92	91,5	0,46	0,50
Оршанский	56 136	54	51,9	2,12	3,93	92	90,1	1,92	2,09
Параньгинский	51 827	53	51,4	1,55	2,92	92	89,6	2,42	2,63
Сернурский	80 842	53	53,9	-0,93	-1,75	92	92,4	-0,44	-0,48
Советский	61 991	55	52,4	2,57	4,67	94	90,7	3,28	3,49
Юринский	12 581	45	44,3	0,72	1,60	81	81,0	-0,04	-0,05

*Примечание:*  $S$  – исходные данные влияющей переменной, т. е. площади сельскохозяйственных угодий всех почвенных разновидностей по территориально-административным районам, га;  $B$ ,  $\hat{\mathcal{E}}$  – фактические по земельному кадастру табличные значения среднего балла бонитета и балла энергоёмкости по всей площади сельскохозяйственных угодий;  $B$ ,  $\mathcal{E}$  – расчетные по статистическим моделям (9.15) и (9.16) значения среднего балла бонитета и балла энергоёмкости по всей площади сельскохозяйственных угодий административных районов;  $\varepsilon$  – остатки, т. е. абсолютная погрешность статистической закономерности по каждому значению площади, причем  $\varepsilon = \hat{B} - B$  или  $\varepsilon = \hat{\mathcal{E}} - \mathcal{E}$ ;  $\Delta$  – относительная погрешность, вычисляемая по формуле  $\Delta = 100\varepsilon/\hat{B}$  или  $\Delta = 100\varepsilon/\hat{\mathcal{E}}$ , %.

Максимальные относительные погрешности  $\Delta_{\max}$  в табл. 9.1 подчеркнуты и составляют по абсолютной величине 6,63 и 6,48%. Тогда доверительная вероятность определяется по выражению  $D = 100 - |\Delta_{\max}|$ , и для уравнений (9.15) и (9.16) доверие будет не ниже  $100 - 6,63 = 93,37$  и  $93,52\%$ .

Эти простые конструкции формул, в эконометрике известные как форма Кобба-Дугласа, оказались применимыми к математическому описанию влияния площади сельскохозяйственных угодий административных районов на показатели земель.

Такая высокая точность позволяет надеяться, что в условиях внедрения рыночной экономики в сельское хозяйство будет возможным оперативно устанавливать нормативные закономерности изменения балла бонитета, балла энергоемкости, а также других физико-технологических и эколого-экономических показателей в зависимости от площади сельскохозяйственных угодий по предлагаемому простому способу.

## 9.6. Расчет дифференциального рентного дохода

Последовательно рассмотрим все влияющие переменные – площадь земель, балл бонитета, балл энергоемкости. При этом оказывается, что площадь земель и балл энергоемкости сами по себе не могут описать однофакторные зависимости, показывающие изменение дифференциального рентного дохода. Поэтому главной переменной является балл бонитета почвенной разновидности.

После идентификации биотехнического закона была получена однофакторная статистическая модель (табл. 9.2) аллометрического роста по закону Кобба-Дугласа

$$P_d = 1,3860 \cdot 10^{-8} B^{6,0109} . \quad (9.17)$$

Интенсивность роста 6,0109 по формуле (9.17) высокая (чуть ниже среднестатистической интенсивности изменения солнечной активности в цикле А. Л. Чижевского). Она показывает, что даже незначительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур позволяет существенно увеличить дифференциальный рентный доход. Однако из табл. 9.2 видно, что по Юринскому району фактическое значение дифференциального рентного дохода занижено. Это может быть связано с особым рекреационным статусом данного административного района.

Наиболее точной стала двухфакторная модель одновременного влияния площади земель и среднего балла бонитета этих же земель на дифференциальный рентный доход. Модель (табл. 9.3) имеет доверие не ниже 95,27% и представлена в виде

$$P_d = -267,51 + 0,4230S^{0,3390} + 8,7259 \cdot 10^{-6} B^{5,1351} \exp(-0,04489B) . \quad (9.18)$$

По формуле (9.18) при нулевых значениях площади и балла бонитета земель сельскохозяйственного назначения получается отрицательное значение дифференциального рентного дохода. При этом третья составляющая является математическим выражением закона убывающей доходности

## Влияние балла бонитета по урожайности на изменение дифференциального рентного дохода

Административный район	Бонитет $B$	Факт. значение $\hat{P}_d$ , р./га	Расчетные значения (9.17)		
			$P_d$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	47	154	155,8	-1,81	-1,18
Горномарийский	54	356	358,9	-2,94	-0,83
Звениговский	46	125	136,9	-11,91	-9,53
Килемарский	46	129	136,9	-7,91	-6,13
Куженерский	49	222	200,2	21,80	9,82
Мари-Турекский	53	327	320,8	6,21	1,90
Медведевский	55	385	400,8	-15,79	-4,10
Моркинский	49	212	200,2	11,84	5,58
Новоторъяльский	53	315	320,8	-5,79	-1,84
Оршанский	54	356	358,9	-2,94	-0,83
Параньгинский	53	337	320,8	16,21	4,81
Сернурский	53	335	320,8	14,21	4,24
Советский	55	395	400,8	-5,79	-1,47
Юринский	45	96	126,0	23,97	24,97

сельскохозяйственных угодий по баллу бонитета (по урожайности), т. е. математической формой закона Гутенберга [91]. В общем случае этот закон был назван проф. П. М. Мазуркиным биотехническим законом в упрощенной форме [93].

Таким образом, на дифференциальный рентный доход влияет не только урожайность земель, но и размеры земельного участка или популяции земельных участков на территории административного района или сельскохозяйственного предприятия. Поэтому появляется возможность создания *эконометрики земель*, прежде всего *эконометрики сельскохозяйственных угодий*.

Вычислительными экспериментами было доказано, что изменение дифференциального рентного дохода на данном этапе развития сельскохозяйственной технологии можно описать также двумя физико-технологическим факторами – баллом бонитета и баллом энергоемкости.

После идентификации биотехнического закона была получена модель (табл. 9.4) в виде

$$P_d = -273,79 + 0,1246\varepsilon + 2,9866 \cdot 10^{-6} B^{5,5185} \exp(-0,05297B). \quad (9.19)$$

Т а б л и ц а 9.3

Изменение дифференциального рентного дохода в зависимости от площади сельскохозяйственных земель и среднего балла бонитета по урожайности

Административный район	Факторы		Факт. значение $\hat{P}_d$ , р./га	Расчетные значения (9.18)		
	S, га	B		$P_\omega$ р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	36 182	47	154	155,6	-1,57	-1,02
Горномарийский	49 437	54	356	357,2	-1,23	-0,35
Звениговский	28 545	46	125	128,5	-3,53	-2,82
Килемарский	17 312	46	129	126,4	2,61	2,02
Куженерский	51 885	49	222	211,5	10,50	4,73
Мари-Турекский	89 530	53	327	330,6	-3,61	-1,10
Медведевский	55 767	55	385	388,7	-3,67	-0,95
Моркинский	59 985	49	212	212,3	-0,34	-0,16
Новоторъяльский	70 418	53	315	329,0	-14,03	-4,45
Оршанский	56 136	54	356	358,0	-1,95	-0,55
Параньгинский	51 827	53	337	327,2	9,80	2,91
Сернурский	80 842	53	335	329,9	5,08	1,52
Советский	61 991	55	395	389,3	5,70	1,44
Юринский	12 581	45	96	100,1	-4,08	-4,25

Балл энергоемкости влияет на изменение дифференциального рентного дохода по линейному закону. При этом доверие к модели составляет не ниже 93,66%. Поэтому можно сделать вывод о том, что площадь земель и энергоемкость их обработки могут стать взаимозаменяемыми факторами.

Дальнейшие исследования позволят определить эластичность такой замены в различных условиях ведения сельского хозяйства.

## 9.7. Рентный доход

Рентный доход зависит как от дифференциального рентного дохода, так и от других непредвиденных факторов. Поэтому поиск устойчивых закономерностей можно проводить в двух направлениях: *во-первых*, искать зависимость рентного дохода от площади земель, балла бонитета по урожайности земель и балла энергоемкости обработки земель; *во-вторых*, определять его зависимость от дифференциального рентного дохода.

Т а б л и ц а 9.4

Изменение дифференциального рентного дохода в зависимости от среднего балла бонитета по урожайности и балла энергоёмкости обработки земель

Административный район	Факторы, балл/га		Факт. значение $\hat{P}_d$ , р./га	Расчетные значения (9.19)		
	Б	Э		$P_d$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	47	85	154	155,0	-1,05	-0,68
Горномарийский	54	93	356	358,9	-2,87	-0,81
Звениговский	46	83	125	128,2	-3,20	-2,56
Килемарский	46	83	129	128,2	0,80	0,62
Куженерский	49	90	222	210,9	11,10	5,00
Мари-Турекский	53	89	327	326,0	-0,98	-0,30
Медведевский	55	93	385	389,6	-4,60	-1,19
Моркинский	49	85	212	210,3	1,72	0,81
Новоторъяльский	53	92	315	328,3	-13,35	-4,24
Оршанский	54	92	356	358,7	-2,75	0,77
Параньгинский	53	92	337	328,3	8,65	2,57
Сернурский	53	92	335	328,3	6,65	1,99
Советский	55	94	395	389,3	5,28	1,34
Юринский	45	81	96	102,1	-6,09	-6,34

Далее рассмотрим оба направления.

Зависимость рентного дохода от площади земель (табл. 9.5) определяется по формуле

$$P = 0,0005236S^{1,3276} \exp(-0,00001844S), \quad (9.20)$$

соответствующей закону убывающей доходности Гутенберга. С доверием не ниже 64,68% она годится только для ориентировочных расчетов.

Из табл. 9.5 видно, что рентный доход не может быть описан только площадью сельскохозяйственных земель.

Несколько точнее биотехническое влияние балла бонитета по урожайности на изменение рентного дохода без учета данных по Волжскому району. Оно представлено в табл. 9.6 и описывается формулой, которая является биотехническим законом упрощенной конструкции

$$P = 2,0674 \cdot 10^{-9} B^{7,3757} \exp(-0,06315B). \quad (9.21)$$

## Влияние площади сельскохозяйственных земель на рентный доход

Административный район	Площадь $S$ , га	Факт. значение $\hat{P}$ , р./га	Расчетные значения (9.20)		
			$P$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	36 182	248	302,7	-54,71	-22,06
Горномарийский	49 437	475	358,8	116,22	24,47
Звениговский	28 545	188	254,4	-66,40	-35,32
Килемарский	17 312	188	161,1	26,88	14,30
Куженерский	51 885	318	365,7	-47,67	-14,99
Мари-Турекский	89 530	365	376,8	-11,78	-3,23
Медведевский	55 767	426	374,6	51,38	12,06
Моркинский	59 985	325	381,8	-56,81	-17,48
Новоторъяльский	70 418	360	389,7	-29,70	-8,25
Оршанский	56 136	362	375,3	-13,35	-3,69
Параньгинский	51 827	409	365,5	43,49	10,63
Сернурский	80 842	388	386,2	1,79	0,46
Советский	61 991	413	384,4	28,64	6,93
Юринский	12 581	121	115,1	5,92	4,89

В процессе статистического моделирования всегда принимаются два допущения, которые не могут быть разрешены внутри самой методологии эвристико-статистической идентификации искомым закономерностей биотехническим законом и его фрагментами: *во-первых*, табличные исходные модели должны быть достоверны; *во-вторых*, концептуальные объяснения взаимосвязей между теми или иными факторами логически непротиворечивы. Вот почему фактические значения тех или иных показателей, рассматриваемых в данном обзоре, принимаются за достоверные факты.

Однако в ходе статистического моделирования устойчивыми законами выясняется, что некоторые теоретические объяснения экономистов недостаточно корректны. Это во многом относится к проблеме оптимальности, которая разрешает так называемый *закон убывающей доходности*, в данном случае сельскохозяйственных земель.

Несколько улучшают статистическую достоверность все три фактора, которые приводят к модели (табл. 9.7) в виде уравнения

$$P = 1,0652 \cdot 10^{-9} B^{8,2964} \exp(-0,1334B) \times (-3,7893 + 0,6727S^{0,1033} + 0,002428\mathcal{E}^{1,6289}). \quad (9.22)$$

Т а б л и ц а 9.6

## Влияние балла бонитета по урожайности на рентный доход

Административный район	Бонитет <i>B</i>	Факт. значение $\hat{P}$ , р./га	Расчетные значения (9.21)		
			<i>P</i> , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	47	248	228,7	19,28	7,77
Горномарийский	54	475	409,3	65,70	13,83
Звениговский	46	188	207,9	-19,89	-10,58
Килемарский	46	188	207,9	-19,89	-10,58
Куженерский	49	318	274,1	43,88	13,80
Мари-Турекский	53	365	379,8	-14,83	-4,06
Медведевский	55	426	439,8	-13,94	-3,27
Моркинский	49	325	274,1	50,88	15,66
Новоторъяльский	53	360	379,8	-19,83	-5,51
Оршанский	54	362	409,3	-47,30	-13,07
Параньгинский	53	409	379,8	29,17	7,13
Сернурский	53	388	379,8	8,17	2,11
Советский	55	413	439,9	-26,94	-6,52
Юринский	45	121	188,3	-67,30	-55,62

Статистическая формула (9.22) показывает аддитивную связь между двумя показателями – площадью почвенной разновидности и баллами энергоемкости обработки сельскохозяйственных угодий на данной территории. Причем эту связь характеризует второй сомножитель, имеющий указанные два фактора.

Мультипликативная связь наблюдается между баллом бонитета по урожайности сельскохозяйственных угодий на данной почвенной разновидности и остальными двумя факторами. Таким образом, рентный доход приобретает сложную зависимость от физико-технологических факторов, которая все же не может удовлетворить практику землеустроительного проектирования по точности.

Второе направление конструирования статистической модели предполагает поиск непосредственной экономической связи между различными видами доходов.

В этом случае закон убывающей доходности проявился отчетливо в модели (табл. 9.8) по формуле

$$P = -464,31 + 76,5280P_d^{0,4660} \exp(-0,0008641P_d). \quad (9.23)$$

Т а б л и ц а 9.7

Влияние площади, баллов бонитета и энергоёмкости на рентный доход

Административный район	Площадь $S$ , га	Бонитет $B$	Энергоёмкость $\varepsilon$	Факт. значение $\hat{P}$ , р./га	Расчетные значения (9.22)		
					$P$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	36 182	47	85	248	236,5	11,53	4,65
Горномарийский	49 437	54	93	475	405,8	69,24	14,58
Звениговский	28 545	46	83	188	200,7	-12,72	-6,77
Килемарский	17 312	46	83	188	186,7	1,32	0,70
Кужнерский	51 885	49	90	318	321,7	-3,70	-1,16
Мари-Турекский	89 530	53	89	365	371,5	-6,47	1,77
Медведевский	55 767	55	93	426	418,4	7,63	1,79
Моркинский	59 985	49	85	325	273,2	51,76	15,93
Новоторъяльский	70 418	53	92	360	398,6	-38,57	-10,71
Оршанский	56 136	54	92	362	398,1	-36,09	-9,97
Параньгинский	51 827	53	92	409	386,4	22,57	5,52
Сернурский	80 842	53	92	388	404,2	-16,17	-4,17
Советский	61 991	55	94	413	435,8	-22,80	-5,52
Юринский	12 581	45	81	121	152,3	-31,29	-25,86

В формуле (9.23) вторая составляющая является законом убывающей доходности или, что методологически шире, биотехническим законом в упрощенной форме.

При нулевом дифференциальном доходе рентный доход получает отрицательное значение, т. е. убыток в 464,31 р./га. Сам дифференциальный доход, как было видно из уравнения (9.22), может быть описан факторами площади земель и балла бонитета по урожайности этих земель. Поэтому намечается двухступенчатое моделирование рентного дохода: вначале выявляются закономерности изменения дифференциального рентного дохода в зависимости от физико-технологических факторов (площади, бонитета, а в некоторых случаях и энергоёмкости сельскохозяйственных земель), а затем появляется возможность поиска закономерности изменения рентного дохода от дифференциального рентного дохода.

Применение статистических моделей, например, при повторных кадастровых оценках может быть реализовано на основе найденных закономерностей. Они могут часто (например, ежегодно) уточняться по мере корректировки различных типов кадастровых исходных данных.

Влияние дифференциального рентного дохода на изменение  
рентного дохода

Административный район	Дифференциальный доход $P_d$ , р./га	Рентный доход $\hat{P}$ , р./га	Расчетные значения (9.23)		
			$P$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	154	248	236,1	11,93	4,81
Горномарийский	356	475	404,9	70,14	14,77
Звениговский	125	188	187,3	0,69	0,37
Килемарский	129	188	194,7	-6,66	-3,54
Куженерский	222	318	318,8	-0,80	-0,25
Мари-Турекский	327	365	392,3	-27,32	-7,48
Медведевский	385	426	414,9	11,14	2,62
Моркинский	212	325	308,8	16,19	4,98
Новоторъяльский	315	360	386,3	-26,30	-7,31
Оршанский	356	362	404,9	-42,86	-11,84
Параньгинский	337	409	397,0	12,04	2,94
Сернурский	335	388	396,1	-8,06	-2,08
Советский	395	413	417,8	-4,77	-1,15
Юринский	96	121	126,5	-5,52	-4,56

**9.8. Расчет кадастровой стоимости земель**

Удивительным оказывается то, что кадастровая стоимость сельскохозяйственных земель подчиняется биотехническому закону (закону убывающей доходности Гутенберга), и данное обстоятельство позволяет без всяких промежуточных расчетов выполнять прогнозирование кадастровой стоимости земель в будущем.

Конечно же, это становится возможным только для тех экологически чистых территорий, в которых еще живы биоценозы, природные ландшафты, как в РМЭ.

Прямое описание кадастровой стоимости истощенных и нарушенных, например, по показателю экологического равновесия (по Н. Ф. Реймерсу) земель статистическими закономерностями затруднено. Поэтому методология кадастровой оценки статистическим моделированием для субъектов Российской Федерации имеет такую последовательность: вначале необходимо исследовать экологически чистые территории преимущественно рекреационного назначения; затем следует перейти к слабо загрязненным тер-

риториям и только впоследствии нужно попытаться найти устойчивые закономерности распределения популяций почвенных разновидностей в условиях истощения плодородия для аграрных регионов.

Итак, сначала необходимо изучить закономерности распределения популяций почвенных разновидностей по множеству экологически чистых и не нарушенных субъектов, а затем перейти к более сложным закономерностям распределения экологически истощенных, хозяйственно нарушенных и экономически неоправданных сельскохозяйственных (или иных категорий) земель.

Для административных районов РМЭ закономерность изменения кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий в зависимости от общей площади земель этой категории (табл. 9.9) характеризуется формулой

$$C = 0,005263S^{1,4329} \exp(-3,0724 \cdot 10^{-6} S^{1,1589}). \quad (9.24)$$

В обзоре каждый субъект заданного множества в виде конкретного административного района не анализируется. Эту работу можно проводить по знакам и значениям всех остатков, а не только анализом максимальной абсолютной или относительной погрешности.

Т а б л и ц а 9.9

Влияние площади сельскохозяйственных земель на кадастровую стоимость

Административный район	Площадь $S$ , га	Факт. значение $C$ , р./га	Расчетные значения (9.24)		
			$C$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	36 182	8 190	9 935,0	-1 745,0	-21,31
Горномарийский	49 437	15 680	12 019,2	3 660,8	23,35
Звениговский	28 545	6 200	8 149,2	-1 949,2	-31,44
Килемарский	17 312	6 200	4 846,6	1 353,4	21,83
Куженерский	51 885	10 490	12 268,2	-1 778,2	-16,95
Мари-Турекский	89 530	12 040	12 178,2	-138,2	-1,15
Медведевский	55 767	14 060	12 583,2	1 476,8	10,50
Моркинский	59 985	10 720	12 820,6	-2 100,6	-19,60
Новоторъяльский	70 418	12 530	12 995,8	-465,8	-3,72
Оршанский	56 136	11 960	12 608,2	-648,2	-5,42
Параньгинский	51 827	13 510	12 262,8	1 247,2	9,23
Сернурский	80 842	12 820	12 695,6	124,4	0,97
Советский	61 991	13 640	12 897,7	742,3	5,44
Юринский	12 581	4 000	3 314,9	685,1	17,13

Становится понятным, что кадастровую стоимость вполне возможно моделировать по фактическим данным сельхозпроизводства, как сельского района, так и каждого сельхозпредприятия в отдельном районе.

От балла бонитета, по урожайности сельскохозяйственных культур, сенокосов и пастбищ, кадастровая стоимость земли зависит также по биотехническому закону проф. П. М. Мазуркина, т. е. (табл. 9.10) по статистической формуле

$$C = 1,8132 \cdot 10^{-8} B^{7,8290} \exp(-0,07200B) . \quad (9.25)$$

Из (9.25) становится понятным, что чрезмерное повышение урожайности приносит экономический вред в результате снижения кадастровой стоимости земель. Поэтому максимальная стоимость наблюдается при оптимальной (для данных экологических, технологических, организационных, экономических, социальных и иных условий) урожайности сельскохозяйственных земель.

Если не учитывать Юринский район (рекреационная зона), то статистическая модель (9.25) с достаточной для практического применения точностью описывает влияние урожайности сельскохозяйственных земель на кадастровую стоимость.

Т а б л и ц а 9.10

Влияние балла бонитета по урожайности на кадастровую стоимость

Административный район	Бонитет <i>B</i>	Факт. значение <i>C</i> , р./га	Расчетные значения (9.25)		
			<i>C</i> , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	47	8 190	7 579,6	610,4	7,45
Горномарийский	54	15 680	13 577,4	2 102,6	13,41
Звениговский	46	6 200	6 883,2	-683,2	-11,02
Килемарский	46	6 200	6 883,2	-683,2	-11,02
Куженерский	49	10 490	9 094,9	1 395,1	13,30
Мари-Турекский	53	12 040	12 604,7	-564,7	-4,69
Медведевский	55	14 060	14 586,0	-526,0	-3,74
Моркинский	49	10 720	9 094,9	1 625,1	15,16
Новоторъяльский	53	12 530	12 604,7	-74,7	-0,60
Оршанский	54	11 960	13 577,4	-1 617,4	-13,52
Параньгинский	53	13 510	12 604,7	905,3	6,70
Сернурский	53	12 820	12 604,7	215,3	1,68
Советский	55	13 640	14 586,0	-946,0	-6,94
Юринский	45	4 000	6 227,7	-2 227,7	-55,69

Наиболее точной стала статистическая модель зависимости кадастровой стоимости от дифференциального рентного дохода, т. е. закономерность (табл. 9.11) вида

$$C = 0,5252P_d^{3,5770} \exp(-1,8218P_d^{0,3040}). \quad (9.26)$$

Формула является биотехническим законом (законом убывающей доходности сельскохозяйственных земель Гутенберга) в общей форме. При этом интенсивность роста  $3,5770$  кадастровой стоимости относительно дифференциального рентного дохода достаточно высокая.

Математической оптимизацией формулы (9.26) можно определить оптимальное значение дифференциального рентного дохода, при котором будет достигаться максимальная кадастровая стоимость угодий.

Предлагаемый способ обладает простотой и значительно расширяет функциональные возможности сравнения территориальных образований, прежде всего административно-территориальных, а также позволяет сопоставлять между собой земельладельцев и территориальные образования (административные и водосборные) на основе выявления различных статистических закономерностей.

Т а б л и ц а 9.11

Влияние дифференциального рентного дохода на кадастровую стоимость

Административный район	Дифференциальный доход $P_d$ , р./га	Факт. значение $\hat{C}$ , р./га	Расчетные значения (9.26)		
			$C$ , р./га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
Волжский	154	8 190	7 716	474	5,79
Горномарийский	356	15 680	13 432	2 248	14,34
Звениговский	125	6 200	6 139	61	0,98
Килемарский	129	6 200	6 368	-168	-2,71
Куженерский	222	10 490	10 604	-114	-1,09
Мари-Турекский	327	12 040	13 075	-1 035	-8,60
Медведевский	385	14 060	13 681	379	2,70
Моркинский	212	10 720	10 251	469	4,38
Новоторъяльский	315	12 530	12 892	-362	-2,89
Оршанский	356	11 960	13 432	-1 472	-12,31
Параньгинский	337	13 510	13 211	299	2,21
Сернурский	335	12 820	13 185	-365	-2,85
Советский	395	13 640	13 745	-105	-0,77
Юринский	96	4 000	4 392	-392	-9,80

При этом в первый раз кадастровая оценка сельскохозяйственных земель выполняется по существующей методологии, а со второй итерации появляется возможность значительно снизить трудоемкость переоценки кадастровой стоимости земель и упростить процедуры ее ежегодной оценки.

Это позволяет прогнозировать рациональное земле- и водопользование в сельском хозяйстве, а также учитывать результаты экологических, экономических, технологических и иных исследований, использовать в прогнозировании землепользования и урожайности культурных растений изменения физико-географических, почвенных, гидрологических и других параметров территории.

## 9.9. Выводы

После проведения нескольких циклов трудоемких прямых расчетов кадастровой стоимости земельных участков, в дальнейшем актуализацию эколого-экономического обоснования мер земле-, водо- и лесопользования можно вести так называемыми косвенными методами. Они основаны на закономерностях распределения значений отдельных показателей кадастровой оценки земель, причем по всем сельским районам субъекта Федерации.

Площадь земель некоторой территории элементарного участка, однородной по многим природным и технологическим свойствам, становится важнейшим физическим показателем. Эта физическая величина позволяет охарактеризовать множество элементарных природных территорий как популяцию распластанных живых существ.

На дифференциальный рентный доход влияет не только урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность почвы земель, но и размеры этого земельного участка или некой популяции земельных участков на территории административного района или сельскохозяйственного предприятия. Поэтому появляется возможность создания теоретической и практической эконометрики земель, прежде всего эконометрики сельскохозяйственных угодий.

Рентный доход в сельском хозяйстве зависит как от дифференциального рентного дохода, так и от других непредвиденных факторов производства и потребления. Поиск устойчивых закономерностей можно проводить в двух направлениях: во-первых, по аналогии с рентным доходом искать закономерности в зависимости от площади земель, балла бонитета по урожайности земель, а также балла энергоемкости обработки этих земель; во-вторых, определять изменения рентного дохода напрямую в зависимости от дифференциального рентного дохода.

Поэтому намечается двухступенчатое моделирование рентного дохода: вначале выявляются закономерности изменения дифференциального рентного дохода в зависимости от физико-технологических факторов (площади

ди, бонитета, а в некоторых случаях и энергоемкости обработки земель), а затем появляется возможность поиска закономерностей рентного дохода от дифференциального рентного дохода.

Кадастровая стоимость земель подчиняется биотехническому закону (закону убывающей доходности Гутенберга), и это обстоятельство позволяет без всяких промежуточных этапов кадастровых расчетов выполнять прогнозирование кадастровой стоимости земель в будущем.

В связи с этим становится понятным, что кадастровую стоимость можно моделировать по фактическим данным сельхозпроизводства как сельского района, так и каждого сельхозпредприятия в отдельном районе. Причем чрезмерное повышение урожайности приносит экономический вред из-за снижения кадастровой стоимости земель. Поэтому максимальная стоимость земель наблюдается при оптимальной (для данных экологических, технологических, организационных, экономических, социальных и иных условий) продуктивности сельхозугодий.

## 10. ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВЫ

Впервые попытки провести оценку сельскохозяйственных земель в России осуществлялись в XV–XVI вв., когда на основании данных писцовых книг взималась сошная государственная подать. Писцовые книги являлись первыми детальными описаниями угодий и почв. Например, пашня разделялась по качеству на четыре категории: землю добрую, среднюю, худую и добре худую.

С тех пор, конечно же, многое изменилось. Однако в методологическом отношении принцип действия у существующих способов оценки земель почти не претерпел изменений. Как и раньше, в основе измерений продуктивности земель лежит косвенный подход к измерению урожайности тех или иных видов сельскохозяйственных культур.

### 10.1. Статистический подход к оценке почвы

Проф. И. Б. Загайтов, используя данные экономической статистики, метеорологических наблюдений, динамики солнечной активности и даже народные приметы и закладывая в их основу системно-статистический способ обоснования, выдвинул гипотезу об импульсивно-циклических колебаниях урожая зерновых культур [57].

По мнению И. Б. Загайтова, экономическая наука, в большинстве случаев лишенная возможности проведения эксперимента как инструмента познания, вынуждена принимать к анализу статистические данные, подверженные влиянию множества причин. А затем, на основании этих данных, она пытается установить, – какие же причины являются важными и какая часть наблюдаемого результата должна быть вменена действию каждой из них [57, с. 50].

Таким образом, в оценке урожайности растений, а через них и продуктивности почвы, преобладает интуитивный подход. Причем интуиция всегда основывается на богатом в прошлом опыте.

Важным условием успешности такого рода исследований является использование значительного объема достоверной статистической информации. Поэтому при анализе динамики урожая нужно обеспечить надлежащую сопоставимость и добиться того, чтобы методы их обработки

были адекватны информационным возможностям статистического материала [57, с. 51].

Однако даже при добротном отношении исследователей к выработке статистических данных, их достоверность во многом зависит от уровня измерений, измерительных способов и средств. Поэтому динамика урожайности за множество десятилетий только приближенно дает характеристику поведения почвы, полностью зависящей от уровня роста и развития сельского хозяйства. А продуктивность почвы в культурных ландшафтах является функцией поведения людей (в общем случае всех видов животных как равноправных представителей населения ландшафта) и только затем функцией самой почвы и естественной растительности на ней.

В связи с этим продуктивность почвы в естественных условиях, как мы показали ранее, лучше всего оценивать по травяному покрову естественных сенокосов. А практически возможную (максимальную) продуктивность на этом же земельном участке можно оценить по рекордам урожаяв. Таким образом, интервал продуктивности почвы значителен и зависит в основном от интенсивности тепла, влаги и света на данном ландшафте.

Солнечное тепло и свет не зависят от людей, так как являются географическими свойствами Земли относительно Солнца. Влагу человек научился потреблять в нужном количестве с помощью ирригации, мелиорации и полива (орошения). Но теоретически достижимую максимальную урожайность культурных растений, а значит, и продуктивность почвы пока еще человечество не знает. По-видимому, не существует практических пределов уровня теоретического максимума урожайности культурных растений в так называемой чашке Петри, т. е. в идеально комфортных для растений условиях места произрастания. Достаточно сказать, что дождевые грибы при оптимальных для них условиях окружающей природной среды быстро бы покрыли всю поверхность Земли толстым слоем, не давая другим биологическим видам развиваться и размножаться.

Для моделирования динамики, как было показано в предыдущих разделах, опасны любые преобразования рядов (таблиц, матриц и пр.) исходных данных. Поэтому будем использовать только натуральные (первичные) показатели без употребления всяких индексов, сглаживаний и других ухищрений, которые придумали экономисты для получения линейных моделей как простейших формализаций динамики изучаемых явлений и процессов.

Согласно исследованиям проф. И. Б. Загайтова, сельскому хозяйству России присущи регулярные импульсивные спады урожайности с 6-летней периодичностью [57, с. 58]. Однако дальше покажем, что были не только 6-летние, но и другие циклы колебания урожайности, причем и 55-летние циклы Н. Д. Кондратьева. Но больше всего нами было выявлено колебаний с переменной частотой, когда со временем период или уменьшается (хозяйственная система идет к разрушению через усиление тремора) или увеличивается (со временем успокаиваясь и приводя всю хозяйственную систему в некоторое территориальное экологическое равновесие).

## 10.2. Продуктивность почвы

В. В. Докучаев [47] положил начало современному *генетическому почвоведению*, в основе которого – идея о том, что почва есть особое природное тело, отличное от горных пород, хотя и развивающееся из них на материнском грунте. Ученый взглянул на почву не с точки зрения одного выбранного фактора, а принял во внимание совокупное действие пяти природных факторов: климата, геологического строения, рельефа, растительного и животного мира.

Ныне все эти факторы входят в понятие «ландшафт – население».

Однако В. В. Докучаев также подчеркивал, что почва не только естественноисторическое тело, но и продукт многовекового труда земледельца [47, с. 23]. Поэтому он рассматривал ее как функцию от грунта, климата и организмов, умноженную на время [47, с. 335].

Такой показатель нами назван энергетическим импульсом [90]. При этом, по В. И. Вернадскому, на нашей планете общая масса биосферы за многие сотни миллионов лет достоверно не меняется, оставаясь постоянной величиной. Поэтому прошлый энергетический импульс равен современной массе биосферы, умноженной на время эволюции живого вещества (с катастрофическими вымираниями живого). Для почвы такой период составляет не менее 350–400 млн лет, т. е. время с момента освоения суши растениями. Внутри почвы существует свой животный и растительный мир, который В. В. Докучаев недостаточно учитывал. Кроме того, не сам по себе грунт нужен почве (в качестве почвы может служить и гидропоника), а необходимы минералы, составляющие особое царство [86] как высшие физико-химические образования. Поэтому в почве присутствуют все три царства – минералы, грибы + растения и животные (микроорганизмы, черви и пр.). В итоге она выступает и как особая среда обитания живого вещества на суше планеты, одновременно являясь следствием жизнедеятельности всей биосферы.

Из определения проф. В. В. Докучаева следует, что почва – это рыхлый, темно-окрашенный естественным перегноем поверхностный горизонт земной коры. Она прошла через постепенное выветривание и вымывание частиц разнообразнейших материнских горных пород, служащих непосредственными подпочвами [47, с. 567].

Ученый проводил различные картографические работы, которые отличались исключительной широтой. В. В. Докучаев был убежден в том, что почвенные и климатические карты должны лежать в основе всей сельскохозяйственной статистики, полагая, что от них зависит успешное выполнение как частных, так и правительственных задач [47, с. 94].

В. В. Докучаев утверждал, что «... густота народонаселения данной местности; сорта произрастающих здесь хлебов и иных культурных растений; их урожайность; качество хлеба и других плодов; стоимость механической обработки почв; стоимость и продолжительность действия навоза

и иных удобрений; словом, если не все, то весьма многие, и притом наиболее важные факторы, обуславливающие исполную и арендные платы, а, следовательно, и доходность, и ценность земель, находятся в постоянной, генетической и теснейшей связи с тем или иным характером местных почв» [47, с. 563].

### 10.3. Методика В. В. Докучаева по оценке продуктивности почвы

В своей работе «К вопросу о переоценке земель европейской и азиатской России» В. В. Докучаев привел Нижегородскую методику оценки земель. Она включает два составных процесса. На первом этапе определяется ценность *естественной почвы*, иначе «...определить природные, натуральные, естественные достоинства пахотных земель на основании геологических, химических, физических и фито-зоологических особенностей, а равно и отношение почв к климату и пр.» [47, с. 563]. На втором этапе рассматривается *культурная почва*, т. е. после первого этапа «...следует приступить к подробному сельскохозяйственно-экономическому обследованию данных регионов ... в строжайшей зависимости от естественных условий местности» [47, с. 563].

При проведении оценки земель Нижегородской губернии рассматривалось использование двух способов статистико-оценочных работ.

Первый состоит во всестороннем изучении так называемых типических единиц, второй – в сплошном экономическом исследовании подвергающегося переоценке сельского района. Второй способ более медленный и трудоемкий, однако он позволяет избежать крупных недостатков метода типических единиц, связанных с неточностью предоставленных сведений в каждом отдельном случае (например, небеспристрастные показания местных жителей относительно урожайности, продажных цен на земли, стоимости земледельческих работ и т. п.).

По мнению В. В. Докучаева, «...для убеждения в точности полученных цифр, например, *средней урожайности* (выделено нами. – П. М.), необходимо цифры эти сопоставить и с качеством почвы, характером удобрительных средств, способами обработки пашни и многими другими естественноисторическими и экономическими факторами». Это высказывание заставило Нижегородское земство предпочесть второй метод оценочных работ. Было выполнено сплошное естественноисторическое и экономическое исследование по довольно обширной программе, охватывающей целый ряд вопросов, в частности о почвах, геологическом строении материнской горной породы, дикой и культурной растительности. А также учитывались местонахождение каждого земельного владения, сведения о его пространстве, распределении земель по угодьям, способах владения землей, системах полеводства, удобрениях, нормах посева, технике поле-

водства, урожаях, стоимости земледельческих работ, условиях сбыта продуктов и пр. [47, с. 589].

Собранные таким путем сведения о каждом владении сопоставлялись с данными местных исследований, т. е. проводился самый тщательный земельный учет.

В этой методике содержится хороший факторный анализ, но портит всю результативность динамики основной показатель – средняя урожайность. Такой *подход в среднеарифметическом* не приемлем не только к оценке здоровья больных в больнице по средней температуре, но также и продуктивности почвы и урожайности сельскохозяйственных культур по среднему числу из множества земельных угодий.

Ошибка методики В. В. Докучаева заключается в том, что в пределах данного сельского района средняя урожайность выводится арифметически, т. е. все показания считаются одинаково достоверными и одинаково значимыми. Из порайонных же средних показателей урожайность разрядов выводится в зависимости от размера сельских районов, входящих в тот или другой почвенный разряд.

Кроме действительной урожайности необходимо также определить и так называемую *нормальную урожайность*. Она будет зависеть не от индивидуальных хозяйственных обстоятельств, а при наличии определенных естественноисторических (почвенных) условий – от обычных (нормальных) экономических факторов, между которыми наиболее важную роль играет удобрение, ввиду того, что значения урожайности почвенных разрядов приводятся к нормальным условиям удобрения [47, с. 591].

С этой целью сельские районы каждого почвенного разряда разбиваются на группы: сначала по размерам удобрений, а потом по проценту удобряемой пашни. В пределах каждой такой группы влияние удобрения будет относительно одинаково для всех видов почв. Потому урожайность различных почв в таких группах зависит только от естественных условий. Так как в каждом почвенном разряде каждой группы размер урожая выражает свою абсолютную величину, то и средняя урожайность по группам называется абсолютной урожайностью. Чтобы от найденной таким образом абсолютной урожайности перейти к определению нормальной урожайности, предварительно устанавливается соотношение данных абсолютной урожайности различных почв к урожайности одного почвенного разряда. Он по условиям удобрения и размерам валового сбора зерна с десятины ближе подходит к соответствующим средним значениям (по уездным величинам). При чем урожайность данного разряда принимается за 100 (но в этом случае производится нормирование, приводящее к потере содержательности исходных показателей. – П. М.). Далее из всех групповых относительных значений урожайности выводится общая средняя относительная урожайность (тогда, в 1950-е гг., в моде была математическая статистика Ньютона-Лейбница-Гаусса; это было время полной уверенности в незыблемости математики как царицы наук, а также всеобщей при-

менимости нормального закона Гаусса распределения случайных чисел. – П. М.). Она выражает собой то отношение, в котором должна находиться нормальная урожайность отдельных почвенных разрядов [47, с. 592].

Таким образом, происходят сложная группировка исходных данных и относительное нормирование фактических значений показателя урожайности культуры или продуктивности почвы.

Эти процедуры преобразования исходной количественной информации были доведены в советское время до такого высокого «совершенства», что, во-первых, можно было обосновать любое политическое или экономическое решение власти; во-вторых, невозможно было «врагам народа» понять суть выявленных таким путем статистических закономерностей. Последнее обстоятельство имело отрицательные последствия через десятилетия, и сегодня почти невозможно пользоваться статистическими рядами динамики советских времен. В итоге мы себе сами оказались врагами, так как народы, скрывающие от себя собственные фактические данные, не могут процветать и развиваться. Они просто не способны видеть будущее из-за того, что прогнозирование выполняется по ложным законам революционного, а не эволюционного развития и неверным статистическим закономерностям.

#### **10.4. Внутрихозяйственная оценка земель**

Методические рекомендации по внутрихозяйственной оценке земель были разработаны большим коллективом авторов [117]. В работе использованы материалы исследований, выполненных авторами в лаборатории земельного кадастра Омского сельскохозяйственного института им. С. М. Кирова, Всероссийского производственного объединения Росземпроект, и результаты проверки в производственных условиях колхозов и совхозов Краснодарского и Хабаровского краев, Владимирской, Калининской, Куйбышевской, Ленинградской, Московской, Новосибирской, Свердловской областей.

Методические рекомендации были одобрены научно-техническим советом Госагропрома РСФСР 13 февраля 1990 г. В дальнейшем эта методика уточнялась, но идеология внутрихозяйственной оценки земель осталась почти неизменной. Таким образом, здесь безоговорочно признается верховенство хозяйства над населением и тем более над ландшафтом. В итоге геотриада преобразуется в систему «хозяйство – территория – население» или другие вариации, в которых на первом месте всегда находится конкретное хозяйство. Конечно же, такой подход возможен в основном для экономически преуспевающих и экологически обеспеченных территорий хозяйств. Поэтому земельная реформа (точнее, ее отсутствие) показала всю трудность применения таких методических рекомендаций на практике.

Методика внутрихозяйственной оценки земель состоит из четырех основных процессов, разделенных на отдельные процедуры.

1. Оценка производственных свойств: 1) бонитировка почв, 2) оценка по урожайности культур, 3) оценка продуктивности кормовых угодий.

2. Оценка технологических свойств: 1) энергоемкости почв, 2) контурности полей, 3) рельефа угодий, 4) каменистости земель, 5) удаленности земель, 6) урожайности как фактора затрат, 7) благоприятности выполнения работ.

3. Оценка по затратам на возделывание культур.

4. Оценка по эффективности затрат.

Рассмотрим некоторые из процедур обработки информации, чтобы понять функциональные недостатки этого внутрихозяйственного способа. Вполне очевидно, что ориентация на прошлое хороша только там, где это прошлое было удачным по урожайности культур и эффективности понесенных затрат (передовики социалистического соревнования в сельском хозяйстве СССР). В 1990 г. была официально опубликована методика оценки земель. В 1970–1990 гг. в сельском хозяйстве СССР были неплохие урожаи.

Сейчас системный социально-экономический кризис России продолжается. Сельское хозяйство находится в «провальной яме». Национальная программа «Развитие АПК» имеет внутриотраслевой, чисто производственный (хозяйственный) характер, который не способен дать рывок к возрождению аграрной и одновременно сырьевой России.

Проблема официальной методики оценки земельных угодий заключается в потере основания прогноза, которое стало явно непредсказуемым из-за откровенной «лжи в числах» официальных статистических сборников СССР, а затем и России. За прошедшие 17 лет были низкие урожаи сельскохозяйственных культур.

В мировой практике известно, что затратный метод экономических расчетов имеет смысл только в политически и экономически стабильном государстве. Иначе говоря, политическая стабильность и достаточно устойчивое равновесие среди других государств становятся главными факторами роста и развития национальной экономики. При прочих равных и достаточно устойчивых на 5–10 лет условиях функционирования сельское хозяйство вполне можно оценивать по текущим статьям издержек, так как общегосударственные и иные внешние по отношению к сельскому хозяйству издержки становятся в разряды постоянных и условно-постоянных затрат.

Поэтому внутри относительно устойчивых социально-экономических процессов, происходивших по воле коммунистической партии в бывшем СССР, вполне разумно было считать только статьи непосредственных производственных затрат на сельское хозяйство. При оценке ценности и стоимости земель нет принципиальной разницы в том, каким политическим режимом эта устойчивость и стабильность достигались. Поэтому методологически относительно верным было учитывать только переменные издержки при условии, что практически постоянные издержки в СССР

не менялись на планируемую пятилетку и даже на десятилетия (это было видно из сборников норм и расценок на виды работ в сельском хозяйстве).

Но в бурные годы кризиса и дефолта все постоянные когда-то издержки вдруг стали переменными, даже импульсными. А экономическая теория в СССР предполагала существование только одного принципа – «неуклонного роста». Советские экономисты откровенно смеялись над зарубежными коллегами, яростно критиковали буржуазных ученых за то, что они занимаются колебаниями рынка и циклическими экономическими процессами. В эти годы и произошел крах теории социалистической экономики и научного коммунизма, а зарубежные ученые уже научились управлять крупными кризисами и дефолтами.

Поэтому нам приходится всему заново учиться, причем опять же на своих российских ошибках хозяйствования. Хотя давно ясно, что Запад и даже Восток это когда-то уже проходили, а зарубежные ученые старались на основе колебательных возмущений внешних затрат найти возможность учета и планирования внутрихозяйственных издержек и теоретически доказать наличие хоть небольшой, но все же динамически развивающейся выручки. В результате за годы своего развития (почти за столетие) западные и восточные страны вполне научились преодолевать даже крупные транснациональные кризисы.

Такова современная реальность в практике землепользования России, когда все теоретические каноны советских времен стали просто неприемлемыми. Не исключение и методика оценки земель 1990 г.

## 10.5. Оценка земель по урожайности культур

Одни и те же почвы неодинаково благоприятны для произрастания различных культур. Поэтому необходима оценка почв по отношению к различным культурам (группам культур) растений. В зависимости от природных и экономических условий, **наличия необходимой исходной информации** (выделено нами как ключевая исходная позиция. – П. М.), площади и интенсивности культур могут быть использованы следующие методы оценки почв по урожайности:

а) на основе регрессионного анализа многолетней урожайности культур и бонитетов почв и пашни хозяйств земельно-оценочного сельского района;

б) путем дифференциации значений показателей оценочной урожайности применительно к группам почв по разновидностям на основе их бонитировки;

в) по коэффициентам соотношения значений показателей урожайности различных сельскохозяйственных культур.

Зависимость урожайности культур от баллов бонитета пашни хозяйств анализируется по линейной или криволинейной (показательной, степенной, параболической и др.) функциям.

К сожалению, в методике 1990 г. это была принципиально неверная позиция, когда принимается методология аппроксимации исходных данных любым видом уравнения вместо того, чтобы идентифицировать устойчивые, причем явно нелинейные по конструкции, законы. Парабола и другие конструкции полинома вообще не имеют никакого содержательного смысла. А волновые закономерности у авторов официальной методики оценки земель даже в виде вопроса не стоят.

Вот и накатанная дорога применения классической математической статистики. Как утверждают авторы методики [117], по данным регрессионного анализа отбирается наиболее достоверное уравнение, которое лучше других отражает анализируемую зависимость. На его основе составляется шкала оценки почв по урожайности культур, совмещенная со шкалой бонитетов почв.

В методическом примере оценка по урожайности зерновых ( $B_3$ , балл), силосных ( $B_C$ , балл), однолетних ( $B_O$ , балл) и многолетних трав ( $B_M$ , балл) в зависимости от бонитетов почв ( $B_B$ , балл) описывается уравнениями:

$$B_3 = B_B, \quad (10.1)$$

$$B_C = -37 + 1,76B_B - 0,004B_B^2, \quad (10.2)$$

$$B_O = -2,1 + 1,51B_B - 0,005B_B^2, \quad (10.3)$$

$$B_M = 0,4 + 1,79B_B - 0,008B_B^2. \quad (10.4)$$

Разновидности почв можно также оценивать на основе шкал оценки групп почв, разработанных при обследовании земель на уровне хозяйств. При этом оценочная урожайность групп почв дифференцируется по разновидностям пропорционально бонитету почв. Разновидности подвергаются бонитировке в пределах групп почв по изложенным выше принципам. Балл оценки почв по урожайности определяется делением оценочной урожайности разновидности на базисную цену балла.

Методику 1990 г. нетрудно сохранить, если взять натуральные показатели по фактическим исходным данным и исключить все балльные показатели. Для этого нужно получить комплекс статистических закономерностей по устойчивым законам распределения, а затем включить их в автоматизированную систему расчетов по оценке земель.

**Оценка почв на основе расчета коэффициента соотношения урожайности культур** может быть использована в случаях, когда при оценке земель на уровне хозяйств по какой-либо культуре шкала не составлялась. Коэффициент соотношения урожайности показывает во сколько раз урожайность определенной культуры больше или меньше урожайности зерновых или другой ведущей культуры, принимаемой за единицу. Этот коэффициент определяется делением *средней многолетней урожайности* (такого хозяйства на практике не существует. – П. М.) конкретной культуры на урожайность ведущей культуры по данным урожайности культур в хо-

зяйствах, внутрихозяйственных подразделениях, в составе пашни которых преобладает данная группа почв, а при разной качественности земель – подтип или тип почв с их подразделением по механическому составу. Тогда **оценочная урожайность** почвенной разновидности по отношению к определенной культуре находится умножением оценочной урожайности по ведущей культуре на коэффициент соотношения урожайности культур в типе или подтипе почв, к которому относится данная разновидность.

## 10.6. Оценка продуктивности кормовых угодий

Сенокосы и пастбища оцениваются в баллах (считаем, что баллы – это интуитивное средство, когда нет исходных данных в натуральных размерностях. – П. М.) продуктивности по выходу кормовых единиц и перевариваемого протеина на основе **зональных шкал** (наиболее зональной и даже международной является шкала измерения в системе СИ, т. е. в натуральной размерности ц/га, кг/га и др., поэтому зональные шкалы – это возврат в пещерный век исчисления, так как в конечном счете все исчисление снова упрется в необходимость разработки шкалы для каждого отдельного сельского хозяйства. – П. М.), разработанных при оценке земель на уровне хозяйств.

Внутрихозяйственную оценку кормовых угодий целесообразно проводить в областях, где геоботаническое обследование проведено на территории не менее 30% от всей площади сенокосов и пастбищ. Имея же единичный материал почвенного обследования, неэффективно оценивать кормовые угодья на основании продуктивности, которая приведена в геоботаническом очерке, так как нет в наличии **выровненной характеристики** (в исходных данных любое выравнивание [117] приводит к ложной идентификации, поэтому нужны первичные исходные данные, а не выровненные) по зоне на конкретный тип кормового угодья в привязке к его месторасположению. Здесь имеется в виду почвенная группа, мелиоративное и культуротехническое состояния.

Предлагаемый метод 1990 г. можно разбить на два этапа.

**Первый этап.** Для получения сопоставимых баллов между хозяйствами области по кормовым единицам и содержанию протеина создается шкала продуктивности кормовых угодий, имеющая выровненные характеристики по сочетаниям почвенных групп, типологии кормовых угодий, мелиоративному и культуротехническому состояниям.

По существу, это ряды распределения тех или иных показателей, где нужны первичные показатели, а не их балльные замещения. Поэтому все процедуры в созданной в 1990 г. методике оперируют с преобразованной для удобства применения нормального закона и соответствующей этому закону классической математической статистикой. Если в машиностроении это возможно, да и то на множествах простых деталей и узлов, то

в биологии и ее хозяйственной организации в виде сельского хозяйства это вообще неприемлемо. Недаром сама статистика развивалась в основном на работах ученых, занимающихся счетом овец в Австралии (Пирс) или же зерна в Англии (Фишер) и др.

Не нужно удивляться тому, что при разработке методики 1990 г. необходимо было пересмотреть всю классическую статистику на предмет ее применимости к внутрихозяйственной оценке земель. Прежде чем создавать предлагаемую теорию территориального экологического равновесия, мы вынуждены были отказаться от существующей практики аппроксимации и полностью перейти на теорию идентификации устойчивых законов на экспериментальные распределения статистических рядов. Иначе говоря, полная версия геотриадной теории «ландшафт – население – хозяйство» потребует отказа от многих механистических или антропоцентристских теорий.

**Второй этап.** Оценка кормовых угодий по продуктивности сельскохозяйственных земель, дифференцированных в зависимости от сочетаний почвенных групп, типологии кормовых угодий, мелиоративного и культуртехнического состояний.

Для создания шкалы предлагается применять следующую систему показателей<sup>16</sup>:

1. Для определения размера почвенной группы используется весь перечень почвенных разновидностей, присутствующих в конкретной зоне (области), где проводится оценка кормопочвенной разновидности. Необходимо присвоить определенный код.

2. Для типологии кормовых угодий предусматривается сочетание из номера класса и номера подкласса.

3. По мелиоративному состоянию предлагается выделять следующие виды: немелиорированные, орошаемые, осушенные, недостаточно осушенные, недостаточно осушенные на орошаемых участках.

4. По культуртехническому состоянию предлагается выделять земли: улучшенные и культурные; чистые; покрытые кочками слабо; покрытые кочками средне и сильно; заросшие кустарником и мелколесьем слабо; заросшие кустарником и мелколесьем средне и сильно; заросшие лесом слабо; заросшие лесом средне и сильно. При наличии сбитых угодий их продуктивность приводится к аналогичному виду культуртехнического состояния из расчета, что сбитость понижает продуктивность кормового угодья на 30% (на основе многолетних данных института Центргипрозем). Таким образом, продуктивность умножается на коэффициент 0,7 (напомним, что любой эмпирический коэффициент является границей между знанием и незнанием). В других экономических районах, краях и областях эти показатели могут быть индивидуальными, отражающими их специфику.

---

<sup>16</sup> Попытка создать полную систему показателей всегда является неблагоприятным делом, так как что-то всегда окажется упущенным.

5. В случае отсутствия геоботанического обследования на всей территории зоны шкала формируется на основании хозяйств, по которым имеются материалы геоботанического обследования (не менее 30% от всей зоны). Продуктивность создаваемой шкалы увязывается с тремя параметрами: 1) почвенная группа, 2) мелиоративное состояние, 3) культуртехническое состояние.

Далее по созданной шкале можно проводить оценку кормовых угодий и той части зоны, по которой отсутствовали материалы геоботанического обследования. Таким образом, для получения продуктивности на единичном сочетании по четырем и трем параметрам необходимо иметь шкалу питательности кормов, привязанную к кормовым угодьям, или в случае отсутствия материалов геоботанического обследования шкалу, привязанную к почвенной группе, для которой характерны конкретные типы кормовых угодий (в той же привязке, что и сама шкала, полученная экспертным путем). Информация для получения шкалы кормовых угодий по продуктивности приводится в одной входной форме.

Имея шкалу продуктивности, можно приступить ко второму этапу, т. е. проводить саму оценку кормовых угодий.

Объектом оценки могут выступать геоботанические или топографические контуры, обобщенные до уровня сенокосооборота, гуртового участка или мелких разрозненных участков, далее до уровня отделения (бригад) и хозяйства в целом.

При оценке продуктивности кормовых угодий принята следующая цена балла. По выходу кормовых единиц за 100 баллов принято 50 кормовых единиц; по содержанию перевариваемого протеина – пять единиц этого протеина. Почему именно так, а не иначе, никто не знает, кроме авторов, но со временем и они забывают – такова сила природы.

Для получения продуктивности на единичном сочетании по геоботаническому или топографическому контуру необходимо питательность кормов из шкалы по кормовым угодьям умножить на урожайность сухой массы, полученной из шкалы продуктивности по сочетаниям, и разделить на 100 (по кормовым единицам и переваримому протеину). Балл по выходу кормовых единиц получается как частное от деления продуктивности по кормовым единицам на 0,5 и содержания перевариваемого протеина на 0,06. При наличии признака сбитости угодий урожайность сухой массы, полученная из шкалы продуктивности по сочетаниям, понижается на процент, установленный в данном оценочном районе.

## **10.7. Оценка урожайности как фактора затрат**

Урожайность культур как нормообразующий фактор на полевых уборочных работах оценивается коэффициентом ( $K_{ПВ}$ ), отражающим сравнительную производительность уборочных агрегатов в зависимости от урожай-

ности ( $У$ , ц/га). Исходными данными служат типовые нормы сменной выработки полевых механизированных агрегатов. Для определения  $K_{ПУ}$  в зависимости от наиболее распространенных в земельно-оценочном районе комбайнов, уборочных агрегатов, типичных технологий работ при длине гона более 1000 м выбирают нормы выработки агрегатов при различной урожайности культур (а где найти ныне все это? – *Л. М.*).

Если технология уборки включает несколько видов работ, то нормы выработки на каждом из них выражают в относительных величинах, а из средних значений строят шкалу трудоемкости полевых уборочных работ в зависимости от урожайности. При этом за базис сравнения принимается величина, соответствующая урожайности культуры, ниже которой нормы выработки не дифференцируются. Для зерновых это, например, 10 ц/га, кукурузы на силос – 100 ц/га и т. д.

При изменении урожайности зерновых от 10 до 20–25 ц/га  $K_{ПУ}$  практически находится в прямолинейной зависимости от урожайности и может быть рассчитан по уравнению

$$K_{ПУ} = 0,71 + 0,029У. \quad (10.5)$$

При урожайности зерновых более 25 ц/га в зависимости от  $K_{ПУ}$  следует выразить уравнением криволинейной связи.

Технологические свойства земель по-разному влияют на выполнение отдельных видов работ: например, энергоемкость почв – только на производительность пахотных агрегатов, контурность и рельеф – на все полевые работы, а на полевых уборочных работах затраты зависят, кроме того, от урожайности культур.

В связи с этим для последующей оценки земель по затратам на возделывание культур все работы группируются по их зависимости от технологических свойств земель и урожайности на пахотные, непахотные, полевые уборочные, стационарные уборочные, транспортные и прочие. С учетом технологических свойств земель и урожайности как фактора затрат вычисляются показатели (баллы) благоприятности выполнения групп работ на оцениваемых участках. Так, группа пахотных работ включает отвальную, безотвальную вспашку и работы по глубокой противозерозионной обработке почв.

Производительность агрегатов на этих работах прямо пропорциональна оценке контурности в баллах и обратно пропорциональна оценке энергоемкости почв, рельефа и каменности. В связи с этим балл благоприятности выполнения пахотных работ ( $B_{П}$ ) вычисляется по формуле

$$B_{П} = 100B_{К} / B_{ЭП} \times K_{Р} \times K_{КЛ}, \quad (10.6)$$

где  $B_{К}$  – балл контурности пашни;  $B_{ЭП}$  – балл энергоемкости почв;  $K_{Р}$ ,  $K_{КЛ}$  – коэффициенты оценки рельефа и каменности.

Во вторую группу объединены полевые непахотные работы: снегозадержание, боронование, прикатывание, культивация, посев и т. п., на выполнение которых, в отличие от пахотных работ, не влияет энергоёмкость почв.

Поэтому балл благоприятности выполнения непахотных работ ( $B_{НП}$ ) вычисляется по формуле

$$B_{НП} = B_K / K_P \times K_{Кл}. \quad (10.7)$$

Полевые механизированные уборочные работы (скашивание трав, силосных, зерновых культур, подбор и обмолот валков и т. п.) выделены в отдельную группу, так как затраты на их выполнение зависят не только от технологических свойств земель, но и от урожайности.

Балл благоприятности выполнения полевых уборочных работ ( $B_{ПУ}$ ) рассчитывается по формуле

$$B_{ПУ} = B_{НП} / K_{ПУ}. \quad (10.8)$$

Группа стационарных уборочных работ включает полевые и не полевые работы, объем которых зависит от урожайности, но не зависит от технологических свойств земель. К ней относятся разгрузка, очистка, сортировка зерна, скирдование сена и соломы, силосование зеленой массы и т. п.

Объем стационарных уборочных работ прямо пропорционален урожайности. Следовательно, чем выше урожайность, тем ниже благоприятность выполнения этих работ (для единообразия форм связи рекомендуется пользоваться характеристикой «благоприятность выполнения» и для стационарных уборочных работ). Балл благоприятности их выполнения обратно пропорционален урожайности сельскохозяйственных культур ( $Y$ , ц/га).

При этом за 100 баллов принимается та же урожайность, ниже которой ( $Y_{\min}$ , ц/га) нормы выработки полевых уборочных агрегатов в сборнике типовых норм не дифференцируются.

В связи с этим балл благоприятности выполнения стационарных уборочных работ ( $B_{СУ}$ ) определяется по формуле

$$B_{СУ} = 100Y_{\min} / Y. \quad (10.9)$$

Пятая группа включает в себя транспортные работы на перевозку урожая. Объем затрат на нее прямо пропорционален урожайности, удаленности и качеству дорог (т. е. чем хуже качество, тем выше затраты). Балл благоприятности перевозки урожая обратно пропорционален урожайности сельскохозяйственных культур и удаленности участка. При этом за 100 баллов принимается урожайность, ниже которой нормы выработки полевых агрегатов в сборнике типовых норм не дифференцируются, расстояние от хозцентра равно 1 км; стоимость перевозок учитывается по перевозкам на автомобиле.

В связи с этим балл на перевозки ( $B_T$ ) определяется по формуле

$$B_T = [(Y_{\min O} \Pi + Y_{\min П} \Pi) / (Y_{IO} \Pi_{IL} + Y_{IP} \Pi_{IL})] \times 100, \quad (10.10)$$

где  $Y_{\min O}$ ,  $Y_{\min П}$  – урожайности основной и побочной продукции, ниже которой нормы выработки не дифференцируются, ц/га;  $\Pi$  – тарифная цена перевозки грузов на автомобиле на расстояние до 1 км, р./т;  $Y_I$  – урожайность на  $i$ -м участке, ц/га;  $Y_{IO}$  – урожайность основной продукции на  $i$ -м участке, ц/га;  $Y_{IP}$  – урожайность побочной продукции на  $i$ -м участке, ц/га;  $\Pi_{IL}$  – тарифная цена на перевозку с  $i$ -го участка в зависимости от его удаленности ( $L$ , км), класса грузов и качества дорог, р./т.

Шестая группа включает в себя транспортные перевозки, не зависящие от урожая, но зависящие от местоположения участков и качества дорог (например, перевозки при внесении органических удобрений на рабочие участки).

Как и в пятой группе, балл благоприятности перевозок прочих грузов, зависящих от местоположения участка и качества дорог ( $B_{ТПГ}$ ), обратно пропорционален весу грузов и удаленности участка (понятие удаленности – весьма относительная величина при условии улучшения дорог). За 100 баллов принимается вес грузов в 1 т, так как цены в тарифном сборнике приведены из расчета на 1 т веса; расстояние от хозяйства равно 1 км, стоимость перевозок учитывается по перевозкам на тракторе.

В связи с этим балл на прочие перевозки грузов определяется по формуле

$$B_{ТПГ} = (\Pi_T / T_I \Pi_{IL}) \times 100, \quad (10.11)$$

где  $\Pi_T$  – тарифная цена перевозки грузов на тракторе на расстояние до 1 км, р./т;  $T_I$  – вес прочих грузов, доставляемых до  $i$ -го участка, т;  $\Pi_{IL}$  – тарифная цена на перевозку прочих грузов с  $i$ -го участка, в зависимости от его удаленности ( $L$ , км), р./т.

Седьмая группа объединяет работы, не зависящие от технологических свойств земель и урожайности: погрузка и внесение органических удобрений, подработка семян, авиахимическая прополка и др. Затраты на эти работы, как правило, обусловлены зональными особенностями технологии возделывания культур. Поэтому оценка благоприятности их выполнения в земельно-оценочном районе принимается повсеместно за 100 баллов.

К сожалению, в рыночных отношениях все эти параметры не смогут быть исчислены по простой причине – нет промежуточных данных у сельских фермеров и даже хозяйств. А многие хозяйства просто канули в лета. Поэтому трудно и порой невозможно рассчитать по многим вышеприведенным формулам что-то объективное. В результате уточнения стоимости земель в новых трактовках методики 1990 г. проводятся не по приведенным формулам, а совершенно по другим понятиям.

## 10.8. Оценка земель по затратам на возделывание культур

При одинаковой агротехнике и интенсивности земледелия затраты на возделывание культур различаются за счет их урожайности, технологических свойств земель, удаленности участков от хозяйственных центров. Комплексное (весовое) влияние факторов затрат устанавливается с учетом их структуры по группам работ. Для этого по каждой группе на основе типовых зональных технологических карт определяются базисные (средние в оценочном районе) затраты на возделывание культур [117].

Структура затрат по группам работ вычисляется в процентах от суммарных затрат по технологической карте. Искомые базисные затраты – прямые затраты труда, энергетические затраты (заметьте, что физически это затраты носителей энергии, а не самой энергии) и затраты на оплату труда – определяются путем распределения средних за предыдущие пять лет затрат в земельно-оценочном районе пропорционально их структуре по технологической карте.

Для определения базисных издержек производства по группам работ все элементы затрат подразделяются на зависящие и не зависящие от технологических свойств земель и урожайности культур. К первой группе затрат относятся прямая оплата труда, стоимость семян (кроме покупных), горючего и смазочных материалов, затраты на амортизацию и текущий ремонт основных средств и на транспорт; ко второй – все остальные элементы затрат (на удобрения, покупные семена, прочие прямые затраты, общехозяйственные и общепроизводственные расходы).

Дифференцируемые элементы затрат распределяются по группам различных видов сельскохозяйственных работ.

Базисные затраты на горючее и смазочные материалы, амортизацию и текущий ремонт основных средств распределяются по группам работ согласно структуре энергетических затрат. Относительно суммы этих элементов затрат и оплаты труда вычисляется их структура по группам работ, пропорционально которой распределяют затраты на семена (собственные). Суммированием абсолютных значений элементов затрат в группах работ получают базисные дифференцируемые издержки производства.

Нормативы земельно-оценочных затрат на возделывание культур определяются по формуле

$$Z_i = (Z_{пБп} / B_{п}) + (Z_{нпБнп} / B_{нп}) + (Z_{пуБпу} / B_{пу}) + (Z_{суБсу} / B_{су}) + \\ + (Z_{тБт} / B_{т}) + (Z_{тпгБтпг} / B_{тпг}) + Z_{пр} , \quad (10.12)$$

где  $Z_{п}$ ,  $Z_{нп}$ ,  $Z_{пу}$ ,  $Z_{су}$ ,  $Z_{т}$ ,  $Z_{тпг}$ ,  $Z_{пр}$  – базисные затраты на пахотные, непахотные, полевые, стационарные уборочные, транспортные уборочные, прочие транспортные и прочие работы, ед. изм./га;  $B_{п}$ ,  $B_{нп}$ ,  $B_{пу}$ ,  $B_{су}$ ,  $B_{т}$ ,  $B_{тпг}$  – баллы благоприятности выполнения пахотных, непахотных, поле-

вых, стационарных уборочных, транспортных уборочных, транспортных прочих работ соответственно в зоне и  $i$ -м объекте оценке.

При оценке земель по трудоемкости в качестве базисных затрат выступают затраты труда в человеко-часах, по энергоемкости – энергозатраты в гектарах условной эталонной пахоты, по затратам живого и овеществленного труда в целом – производственные затраты в рублях.

Показатели оценки земель по затратам на возделывание культур выражаются в относительных величинах – индексах оценочных затрат ( $I_{0i}$ ) относительно затрат в эталонных условиях ( $Z_{0Э}$ , ед. изм/га).

$$I_{0i} = Z_{0i} / Z_{0Э}. \quad (10.13)$$

Эталонные условия соответствуют следующим показателям оценки земель: баллы энергоемкости почв и контурности участков равны 100, рельеф ровный ( $K_p = 1,00$ ), каменистость отсутствует ( $K_k = 1,00$ ), урожайность культур минимальная (ниже которой нормы выработки полевых механизированных агрегатов не дифференцируются), условия грузоперевозок эталонные. В этих условиях благоприятность выполнения групп работ стобальная, а оценочные затраты минимальные.

Громоздкость расчетов, причем без учета постоянных, условно-постоянных и переменных по значениям параметров, невозможность использования основания прогноза кризисного периода и других условий для обоснования баллов и иных эвристических переменных стали тормозом к применению методики 1990 г.

Главный недостаток методики [117] заключается в том, что оценка земель выполняется внутри некоторого хозяйства. А необходимо, чтобы были обоснованы сами сельские и несельские хозяйства и их взаимное расположение на территории ландшафта на основе изучения и сохранения свойств смежных ландшафтов, учета пределов роста населения, а также по отдельным видам животных и растений.

## 10.9. Способы измерения продуктивности земель

Техническое решение используется в учете и оценке земель сельскохозяйственного назначения для научного управления земельными ресурсами в условиях сельскохозяйственных и иных предприятий, а также в землеустройстве и земельном кадастре. Оно может быть применено при оценке продуктивности сельскохозяйственных угодий по показателю урожайности за многолетний период, значения которого получены по результатам обследования сельскохозяйственных угодий. В результате обследования уточняются земельные кадастры и геоинформационные системы для выполне-

ния мероприятий экологически ответственного природообустройства и рационального природопользования (землепользования).

Известен способ измерения урожайности сельскохозяйственных земель с использованием учетных площадок определенного размера (от 0,25 до 10 м<sup>2</sup>), заложенных в пределах промысловой заросли или массива культурных растений для определения массы сырья, численности растений или учета проективного покрытия<sup>17</sup>. Размер площадки устанавливают в зависимости от величины взрослых экземпляров изучаемого вида растения. Оптимальным считается тот размер, при котором на площадке помещается не менее пяти взрослых экземпляров растений. Форма площадки (прямоугольная, круглая, квадратная) не играет существенной роли.

Oриентировочные данные о числе площадок, необходимых для достижения достаточной точности результатов (при ресурсоведческих определениях достаточно точными считаются результаты, где при статистической обработке исходных данных ошибка средней арифметической составляет не более 15% от значения самого среднего арифметического), можно получить на основании разницы между минимальной и максимальной массой сырья, собранного с одной учетной площадки. Так, если минимальное и максимальное значения при 15-ти заложенных площадках различаются не более чем в 5–7 раз, можно ограничиться этим числом площадок. При разнице в 15–20 раз необходимо заложить еще 15–20 площадок.

Недостатком этого способа является вычисление среднего арифметического значения по всем учетным площадкам, хотя биологам хорошо известно, что урожайность земель зависит от множества факторов: как относящихся к самому растению (генетические факторы), к почве, так и от факторов климата (освещенность, тепло, влага и др.). Поэтому изменчивость урожая сельскохозяйственных земель является объективным свойством, не сводимым математически к среднему арифметическому значению урожайности. В сущности, чем больше изменчивость, тем лучше происходит адаптация биологического вида к окружающей среде. Поэтому по аналогу можно определять среднюю урожайность только при использовании однородных учетных площадок, например, расположенных на одном поле. При этом учетные площадки из разных полей нельзя усреднять по урожайности, а надо искать статистические закономерности влияния тех или иных факторов. Кроме того, этот способ не позволяет сопоставлять урожайность различных лет.

Известен также способ измерения урожайности сельскохозяйственных земель по фактически достигнутой урожайности культуры (например, с использованием метода учетных площадок по аналогу или же, что происходит чаще всего, по отношению валового сбора сельскохозяйственной продукции растениеводства к посевной или уборанной площади земель), которую вычисляют как простую среднеарифметическую за последние 3–5 лет.

---

<sup>17</sup> <http://www.spera.ru/slr/ad-vanced/index.html>

Планируемую урожайность выбирают исходя из трех ее уровней с учетом, что она должна быть несколько больше достигнутой (обычно на уровне действительно возможной урожайности), но реальной для условий хозяйства [148, с. 43].

Кроме того, известен аналогичный способ<sup>18</sup>, который предполагает, что рассчитывается средняя фактическая урожайность основных сельскохозяйственных культур (групп культур) и сенокосов в субъектах РФ за 1966–1998 гг., т. е. не менее чем за 20 лет (п. 2.1.1 указанной методики). Средняя оценочная продуктивность одного гектара посевов рассчитывается путем вычисления оценочной продуктивности культур как средневзвешенной величины в зависимости от структуры посевных площадей по субъекту РФ, сложившуюся в среднем за последние три года (п. 2.1.3 этой же методики). Оценочная продуктивность гектара пашни определяется умножением средней оценочной продуктивности одного гектара посевов на долю всех посевов в площади пашни.

Недостатком прототипа и других технических решений снова является принятие среднеарифметической урожайности (за 3–5 лет, за последние три года, за более чем 20 лет в уточненной методике 1990 г.), что не позволяет учитывать динамику урожайности и поэтому не дает возможность определять достоверные прогнозы о возможных в будущем значениях показателя урожайности и объемов валовых урожаев на тех или иных сельскохозяйственных землях.

## **10.10. Предлагаемый способ измерения продуктивности земель**

Технический результат – повышение точности учета продуктивности земель по урожайности культурных и некультурных растений, а также точности прогнозирования урожайности сельскохозяйственных земель при оценке их стоимости.

Этот технический результат достигается тем, что за многолетний период, учитывающий, по крайней мере, один цикл солнечной активности, для убранной площади сельскохозяйственных земель принимают значения фактически достигнутой урожайности. Затем выявляют статистическую закономерность изменения среднестатистической урожайности в виде основной тенденции динамики урожайности, показывающей изменение средней урожайности сельскохозяйственных земель и используемой для ее прогноза. В зависимости от природных и иных факторов выявляют остатки, вычисленные как разница между фактически достигнутыми значениями урожайности и расчетными значениями по основной тенденции динамики урожайности. Дополнительно выделяют характерные года с ми-

---

<sup>18</sup> Методика кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий на уровне субъектов Российской Федерации.

нимальными и максимальными значениями урожайности сельскохозяйственных земель и для выполнения интервального прогноза выявляют статистические закономерности динамики минимальной и максимальной урожайности сельскохозяйственных земель.

Итак, для выявления динамики кризиса за период с 1985–1998 гг. и по настоящее время для убранной площади сельскохозяйственных земель принимают значения фактически достигнутой урожайности в течение 2005–2009 гг. Тогда после 2010 г. динамический ряд может начинаться и с 1995–2007 гг. При этом последние 6–7 лет, т. е. не менее половины цикла солнечной активности, учитываются без разрывов по годам во времени, а динамический ряд для выявления волновых закономерностей изменения среднестатистической урожайности на всем учетном периоде желательно принимать по всем годам учета урожайности сельскохозяйственных земель.

Основную тенденцию изменения средней урожайности выявляют по закону экспоненциального роста в виде математической формулы

$$\bar{y} = y_0 \exp(a_1 t^{a_2}), \quad (10.14)$$

где  $\bar{y}$  – среднестатистическое значение урожайности сельскохозяйственных земель в динамике, показывающее основной тренд влияния времени и циклов солнечной активности (эффекта Чижевского) на продуктивность растений;  $y_0$  – начальное значение урожайности, показывающее предысторию закономерности к началу периода учета урожайности;  $t$  – время (лет) с момента учета урожайности, причем  $t = 0$  для начала изучаемого периода;  $a_1$  – активность экспоненциального роста среднестатистической урожайности;  $a_2$  – интенсивность экспоненциального роста среднестатистической урожайности сельскохозяйственных земель.

Зависимости от природных и иных факторов выявляют по остаткам, вычисленным как разница между фактически достигнутыми значениями урожайности и расчетными значениями по основной тенденции динамики урожайности по формуле

$$\Delta y = \hat{y} - y, \quad (10.15)$$

где  $\Delta y$  – остатки значений урожайности, на которые влияют генетические, природные (экологические) и технологические факторы растениеводства;  $\hat{y}$  – значения фактически достигнутой урожайности;  $y$  – расчетные значения урожайности по основной тенденции динамики (тренду) урожайности сельскохозяйственных земель.

По минимальным значениям урожайности сельскохозяйственных земель дополнительно выделяют характерные года и для выполнения прогноза по минимально возможным значениям урожайности выявляют ста-

тистические закономерности динамики минимальной урожайности сельскохозяйственных земель по устойчивым законам распределения.

По максимальным значениям урожайности сельскохозяйственных земель также выделяют характерные года и для выполнения прогноза выявляют статистические закономерности динамики максимальной урожайности сельскохозяйственных земель по устойчивым законам распределения. К ним дополняют закономерности колебательного возмущения значений урожайности.

Для выполнения интервального прогноза учитывают статистические закономерности динамики минимальной и максимальной урожайности сельскохозяйственных земель, между которыми вычисляются интервалы возможных значений урожайности по продуктивности сельскохозяйственных земель.

Относительно достоверный прогноз урожайности осуществляют до горизонта прогноза, равного одной трети основания прогноза, по трем уровням (минимальному, среднестатистическому и максимальному) с учетом выявленных статистических закономерностей.

Ориентировочный прогноз выполняют на упреждение горизонта прогноза, равного основанию прогноза, по трем уровням (минимальному, среднестатистическому и максимальному) с учетом выявленных статистических закономерностей.

В своей работе «К вопросу о переоценке земель европейской и азиатской России» В. В. Докучаев привел методiku оценки земель (Нижегородская методика оценки земель). По методологии В. В. Докучаева выполняется ежегодное обследование сельскохозяйственных земель. Если предположить неизменность всех названных выше природных, экономических и иных условий, то можно считать, что ценность естественной почвы будет одинаковой, и тем самым можно принять среднеарифметическое значение (в нашем случае урожайности земель) этой ценности.

Но время само по себе является важнейшим фактором, комплексно учитывающим все другие условия и активно влияющим на них. Поэтому сущность предлагаемого технического решения заключается в следующем:

1) выделяется комплексный фактор, который в соответствии с эффектом Чижевского главным образом влияет на жизнь биологических сообществ, в том числе и культурных растений;

2) эффект Чижевского больше всего влияет на максимумы урожайности, а не на минимумы и даже не на среднестатистические значения урожайности сельскохозяйственных земель (последнее для окончательного доказательства требует учета всех лет принятого значительного диапазона времени);

3) существующая и официально принятая методика внутрхозяйственной оценки земель вообще не учитывает эффект Чижевского и при этом пользуется математическими зависимостями, не имеющими физического (в данном случае биологического и экологического) смысла.

Авторы этой методики ошибочно полагают, что зависимость урожайности культур от баллов бонитета пашни хозяйств анализируется по линейной или криволинейной (показательной, степенной, параболической и др.) функциям. По данным регрессионного анализа отбирается наиболее достоверное уравнение, которое лучше других отражает анализируемую зависимость. На его основе составляется шкала оценки почв по урожайности культур, совмещенная со шкалой бонитетов почв. Таким образом, авторы полностью воспринимают машиностроительную концепцию классической статистики и оперируют участками сельскохозяйственных земель, как бездушными статистическими равнозначными выборками, при полном игнорировании биологического разнообразия участков земель с культурными или естественно растущими растениями. При этом превалирует затратный принцип оценки земель, что приводит к безумному расходованию ресурсов.

Данное техническое решение не отрицает поэлементный подход к системному анализу показателей оценки земель. Поэтому сущность его заключается также в том, что предлагаемый способ действительно становится системным подходом ко всему периоду учета (можно предположить, что теоретически возможно обрабатывать статистические данные урожайности за весь период существования растениеводства на Земле, т. е. за все прошедшие 8000 и более лет). В связи с этим надо отметить, что до сих пор отсутствовал целостный (системный) подход к оценке земель, в частности сельскохозяйственных.

Положительный эффект достигается тем, что предлагаемое техническое решение максимально учитывает прошлый опыт растениеводства и в целом земледелия на данной конкретной территории за весь период существования сельского хозяйства, и этот опыт экстраполируется на будущее с учетом возможных структурных и иных функциональных изменений в жизнедеятельности населения и поведении руководящей надстройки.

Новизна технического решения состоит в том, что впервые используются законы устойчивого развития для оценки прошлого растениеводства по урожайности сельскохозяйственных культур, а также впервые предлагается проводить осознанные прогнозы, по крайней мере, по трем уровням анализа и синтеза значений урожайности: среднестатистической тенденции, минимальным и максимальным значениям показателя урожайности.

## **10.11. Методика измерения продуктивности земель**

Измерение урожайности сельскохозяйственных земель, например зерновых с убранный площади, выполняется следующим образом.

Вначале составляется как можно более полный динамический ряд значений урожайности, например у одного сельскохозяйственного предприятия или множества предприятий субъекта Российской Федерации, по

всем видам культурных растений. Лучше всего группировать данные не по хозяйствам, а по территориям, и группировку урожайности культур или продуктивности земель вести по естественным ландшафтам: экосистемам, водосборным бассейнам, предгорным долинам (как это произошло 9000 лет назад в южной Турции при возникновении сельского хозяйства). Но пока официальные данные существуют только по административным образованиям, наименьшими из которых являются сельские районы субъектов Российской Федерации.

Данные статистического ряда должны быть достоверными и наиболее полными за многолетний период, который должен учитывать, по крайней мере, один цикл солнечной активности. Для убранной площади сельскохозяйственных земель принимают значения фактически достигнутой урожайности, например зерновых культур. Неубранные площади, как и залежи, принимаются за сельскохозяйственные отходы. Они становятся главными критериями оценки конкретного хозяйства и территориального образования. Затем выявляют статистическую закономерность изменения среднестатистической урожайности.

После этого дополнительно выделяют характерные годы с минимальными и максимальными значениями урожайности сельскохозяйственных земель, и для выполнения интервального прогноза выявляют статистические закономерности динамики минимальной и максимальной урожайности. Далее выполняют статистическое моделирование по вышеизложенной закономерности. При необходимости среднестатистическую закономерность доводят до полной модели с учетом многих волновых составляющих для детального сопоставления с природными и антропогенными явлениями и процессами, происшедшими за учетный период.

## **10.12. Динамика урожайности зерновых культур**

В последующих примерах были рассмотрены все показатели урожайности земель с убранной площади по территории РМЭ за 1913–2003 гг.

По официально опубликованному статистическим данным сельскохозяйственные земли имели урожайность (ц/га), известную с разрывами во времени с 1913 г., но при этом последние девять лет приводились по ежегодной динамике (это больше половины цикла солнечной активности).

Как было показано ранее, волновую динамику можно получить за весь период измерения, если известны ежегодные данные без значительных пробелов.

Каждый показатель урожайности рассматривался на трех уровнях: среднестатистическом (не равен среднеарифметическому количественному значению, а является динамичным трендом множества значений показателя), минимальном и максимальном. Затем были сделаны попытки найти волновые составляющие общей статистической закономерности.

**Среднестатистическая тенденция** или основной тренд динамики урожайности всех зерновых с убранной площади на территории РМЭ (табл. 10.1) получился в виде формулы

$$\bar{y} = 6,72 \exp(0,014732t^{0,90077}), \quad (10.16)$$

где  $\bar{y}$  – среднестатистическая урожайность всех зерновых культур, ц/га;  $t$  – время, лет ( $t = 0$  для 1913 г.).

Формула (10.16) является законом экспоненциального роста, и по ней ориентировочный прогноз возможен вплоть до 2100 г. При этом к 2030 г. в РМЭ может быть достигнута урожайность земель на уровне максимально достигнутой урожайности в 1978 и 1990 гг., а к 2100 г. как у передовых в советское время сельскохозяйственных предприятий (колхозов и совхозов).

В дальнейшем можно искать зависимости остатков  $\Delta u$  от влияния гидротермических и иных среднегодовых параметров и последовательно определять динамику воздействия различных климатических, метеорологических, технологических и других показателей на урожайность сельскохозяйственных земель в том или ином году. Такой подход принципиально отличается от балльных оценок, когда постоянно встает один и тот же методологический вопрос в ходе исследования «а эксперты-то кто?».

**Минимум урожайности** изменяется по статистической закономерности (табл. 10.2), состоящей из формулы с двумя составляющими, т. е. в виде совокупности законов экспоненциальной гибели и биотехнического позитивного возбуждения

$$y_{\min} = 7,90 \exp(-5,4320t) + 0,01920t^{1,8523} \exp(-0,02426t). \quad (10.17)$$

В статистической модели (10.17) первая составляющая является законом гибели, который широко известен в биологии (закон Ципфа), экономике (закон Парето) и физике (закон Мандельброта). Она всегда характеризует естественную закономерность и в нашем примере показывает естественную убыль урожайности земель. Вторая составляющая является биотехническим законом, который был предложен проф. П. М. Мазуркиным. Причем вторая и последующие составляющие модели показывают, как правило, результаты антропогенного влияния на процессы и явления.

В нашем примере вторая составляющая характеризует стрессовое возбуждение работников села РМЭ. Максимум положительного возбуждения населения и работников села по поводу урожайности всех зерновых культур в 9,3 ц/га пришелся на 1989 г.

Адекватность статистической модели (10.17) оценивается максимальной относительной погрешностью  $\Delta_{\max}$ , значение которой в табл. 10.2 выделено курсивом. В этом случае доверительная вероятность вычисляется как  $D = 100 - |\Delta_{\max}|$ . В данном примере доверие к формуле (10.17) будет не ниже  $100 - 9,71 = 90,29\%$ .

Т а б л и ц а 10.1

Динамика урожайности всех зерновых культур с убранный площади, ц/га

Годы учета	Время $t$ , лет	Фактическое значение урожайности $y$	Расчетная урожайность $\bar{y}$ по тренду (10.16)	Остаток $D_u$ для учета влияния других факторов
1	2	3	4	5
<i>Основание прогноза</i>				
1913	0	7,9	6,7	1,2
1940	27	10,7	9,0	1,7
1950	37	6,5	9,8	-3,2
1955	42	8,3	10,3	-2,0
1960	47	7,0	10,8	-3,8
1965	52	8,9	11,3	-2,4
1966	53	8,8	11,4	-2,6
1970	57	12,1	11,8	0,3
1971	58	15,4	11,9	3,5
1972	59	9,7	12,0	-2,3
1973	60	10,0	12,1	-2,1
1974	61	15,7	12,2	3,5
1975	62	11,2	12,3	-1,1
1978	65	19,7	12,7	7,0
1979	66	13,7	12,8	0,9
1985	72	17,0	13,4	3,6
1990	77	20,1	14,0	6,1
1995	82	12,9	14,7	-1,8
1996	83	18,1	14,8	3,3
1997	84	18,0	14,9	3,1
1998	85	13,3	15,0	-1,7
1999	86	9,1	15,2	-6,1
2000	87	10,7	15,3	-4,6
2001	88	16,9	15,4	1,5
2002	89	15,1	15,6	-0,5
2003	90	14,2	15,7	-1,5
<i>Горизонт прогноза</i>				
2010	97	–	16,7	–

1	2	3	4	5
2020	107	–	18,1	–
2030	117	–	<b>19,7*</b>	–
2040	127	–	21,4	–
2050	137	–	23,2	–
2060	147	–	25,2	–
2070	157	–	27,3	–
2080	167	–	29,5	–
2090	177	–	32,0	–
2100	187	–	<b>34,6**</b>	–

*Примечание.* \* Примерно равно максимальной фактической урожайности. \*\* Максимальная урожайность, достигнутая в отдельных хозяйствах.

Таким образом, всю статистическую выборку можно оценивать на выявление основного тренда по формуле (10.16), оставляя разлагаемые остатки  $\Delta y$  для последующей идентификации влияния климатических и иных факторов. Поэтому многофакторное моделирование (здесь не приводится) позволяет постепенно превращать делимые остатки  $\Delta y$  в неделимые  $-\varepsilon$ , и только по последним значениям оценивать адекватность всей статистической модели, содержащей несколько статистических зависимостей.

Из табл. 10.2 видно, что естественная составляющая быстро сводится к нулю, подтверждая, что зерновые культуры без ухода за ними не будут давать урожаи. Поэтому минимальная урожайность достигается за счет антропогенных усилий, а для высокой урожайности требуются большие энергетические вложения в земли под зерновые культуры. Если не принимать никаких мер по устойчивому развитию сельских территорий (важнейшая функция Министерства сельского хозяйства), то минимальная урожайность всех зерновых в РМЭ снизится в 3 раза и составит к 2100 г. всего 3,3 ц/га.

**Максимум урожайности** всех зерновых культур на территории РМЭ изменяется по статистической закономерности (табл. 10.3) в виде уравнения

$$y_{\max} = 8,2868 \exp(0,002625t) + 8,5274 \cdot 10^{-10} t^{6,1989} \exp(-0,001831t^{1,7696}) - A \cos(\pi t / p_{0,5} - 1,1217), \quad (10.18)$$

$$A = 0,06742t^{1,0026} \exp(-0,008875t),$$

$$p_{0,5} = 5,5864,$$

где  $\pi = 3,14159\dots$ ;  $A$  – половина амплитуды колебательного возмущения значений изучаемого показателя, ц/га;  $p_{0,5}$  – половина периода колебательного изменения урожайности сельскохозяйственных культур, лет.

Т а б л и ц а 10.2

## Динамика минимальной урожайности всех зерновых культур

Годы учета	Время $t$ , лет	Факт. значение $\hat{y}_{\min}$ , ц/га	Расчетные значения (10.17)			Составляющие	
			$y_{\min}$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$y_{\min 1}$ , ц/га	$y_{\min 2}$ , ц/га
1913	0	7,9	7,9	-9,5e-8	-0,00	7,9	0,0
1950	37	6,5	6,3	0,21	3,23	0,0	6,3
1960	47	7,0	7,9	-0,68	-9,71	»	7,7
1966	53	8,8	8,3	0,50	5,68	»	8,3
1999	86	9,1	9,1	-0,03	-0,33	»	9,1
2010	97	–	8,7	–	–	»	8,7
2020	107	–	8,2	–	–	»	8,2
2030	117	–	7,6	–	–	»	7,6
2040	127	–	7,0	–	–	»	7,0
2050	137	–	6,3	–	–	»	6,3
2060	147	–	5,6	–	–	»	5,6
2070	157	–	5,0	–	–	»	5,0
2080	167	–	4,4	–	–	»	4,4
2090	177	–	3,8	–	–	»	3,8
2100	187	–	3,3	–	–	»	3,3

*Примечание.*  $y_{\min}$  – минимальные расчетные значения урожайности земель;  $t$  – время с начала измерения статистических данных, т. е. с 1913 г.;  $\varepsilon$  – неделимые остатки, не позволяющие в дальнейшем выявление других факторов (кроме времени), т. е. абсолютная погрешность формулы (10.17) по разнице, вычисляемой как  $\varepsilon = \hat{y}_{\min} - y_{\min}$ ;  $\Delta$  – относительная погрешность статистической модели, вычисляемая по неделимым остаткам  $\varepsilon$  с использованием математического выражения  $\Delta = 100\varepsilon/\hat{y}_{\min}$ .

Конструкция статистической закономерности состоит из трех составляющих. Первая составляющая является известным законом экспоненциального роста при интенсивности роста, равной единице (т. е. общеизвестный закон Ципфа-Парето-Мандельброта, а также функция Лапласа), и эта естественная составляющая показывает положительную тенденцию роста максимальных урожаев всех зерновых культур на территории РМЭ. Вторая составляющая является биотехническим законом проф. П. М. Мазуркина в полной форме, т. е. когда все четыре параметра модели имеют отличающиеся от нуля и единицы значения. При этом вторая составляющая также имеет положительную тенденцию, показывающую значимое (табл. 10.3) возбуждение работников сельского хозяйства в советский период.

Т а б л и ц а 10.3

## Динамика максимальной урожайности всех зерновых культур

Годы учета	Время $t$ , лет	Факт. значение $Y_{\max}$ , ц/га	Расчетные значения (10.18)			Составляющие модели (10.18)			
			$Y_{\max}$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$Y_{\max 1}$ , ц/га	$Y_{\max 2}$ , ц/га	$A$	$Y_{\max 3}$ , ц/га
1913	0	7,9	8,3	-0,39	-4,94	8,3	0,0	0,0	0,0
1940	27	10,7	9,1	1,57	14,67	8,9	0,3	1,4	0,1
1970	57	12,1	13,8	-1,70	-14,05	9,6	6,2	2,3	2,1
1971	58	15,4	13,8	1,64	10,65	9,6	6,5	2,4	2,4
1974	61	15,7	17,3	-1,55	-9,87	9,7	7,1	2,4	-0,5
1978	65	19,7	19,1	0,64	3,25	9,8	7,6	2,5	-1,6
1990	77	20,1	18,5	1,58	7,86	10,1	7,8	2,7	-0,6
1996	83	18,1	17,3	0,78	4,31	10,3	7,0	2,7	-0,0
1997	84	18,0	18,6	-0,64	-3,56	10,3	6,9	2,7	-1,5
2001	88	16,9	17,5	-0,56	-3,31	10,4	6,1	2,7	-0,9
2002	89	15,1	15,8	-0,67	-4,44	10,5	5,9	2,8	0,6
2003	90	14,2	14,3	-0,06	-0,42	10,5	5,7	2,8	2,0
2010	97	–	17,8	–	–	10,7	4,3	2,8	<b>-2,8</b>
2020	107	–	15,8	–	–	11,0	2,6	2,8	-2,3
2030	117	–	13,3	–	–	11,3	1,3	2,8	-0,8
2040	127	–	11,1	–	–	11,6	0,6	2,8	1,1
2050	137	–	9,7	–	–	11,9	0,2	2,8	2,4
2060	147	–	9,6	–	–	12,2	0,1	2,7	2,7
2070	157	–	10,7	–	–	12,5	0,0	2,7	1,9
2080	167	–	12,6	–	–	12,8	0,0	2,6	0,3
2090	177	–	14,5	–	–	13,2	0,0	2,5	-1,3
2100	187	–	15,8	–	–	13,5	0,0	2,4	-2,3

*Примечание.* У второй составляющей  $Y_{\max 2}$  максимум 8,0 ц/га наблюдался при  $t^* = 72$  года, т. е. в 1985 г. Максимальная амплитуда 2,8 ц/га колебательного возмущения по третьей составляющей будет наблюдаться при  $t^{**}$  в 2010 г.

Из табл. 10.3 видно, что доверие к модели (10.18) не ниже 85,95%, и это вполне сопоставимо с требуемой точностью (до 30%) научных исследований в сельском хозяйстве. Тогда точность статистической модели

возрастает к концу периода основания прогноза, составляя в 1966–2003 гг. максимальную погрешность всего 4,44%, т. е. повышая доверие до 95,56%. Первая естественная составляющая нарастает устойчиво до 13,5 ц/га к 2100 г., почти достигая среднестатистического уровня урожайности всех зерновых. При этом положительное стрессовое возбуждение работников сельского хозяйства, характерное для советского периода и нарастающее с 1913 до 1985 г., в периоды перестройки и перехода к рыночной экономике ускоренно снижается, и эта тенденция полностью сойдет со сцены аграрного комплекса РМЭ к 2060 г.

Интересно колебательное изменение максимальной урожайности всех зерновых культур. Половина периода циклического изменения равна 5,5864 г., тогда полный период колебания составит  $2 \times 5,5864 = 11,1728$  лет, что совпадает с циклом Чижевского, т. е. циклом солнечной активности.

Поэтому следует признать и сделать методологический вывод о том, что на максимумы урожайности растений, в данном примере всех зерновых культур, влияют циклы солнечной активности. Перед третьей составляющей имеется знак «–», поэтому она является в целом кризисной закономерностью. Но из-за волнового изменения значений урожайности при отрицательных значениях  $u_{\max}$  происходит положительная прибавка общей урожайности растений. Поэтому весь исследованный период 1913–2003 гг. можно разделить на отдельные этапы, которые будут наиболее достоверными только при полной статистической выборке урожайности по всем годам исследования основания прогноза:

а) 1913–1971 гг. – влияние солнечной активности было в основном кризисным и тормозило рост максимальной урожайности всех зерновых культур на территории РМЭ;

б) 1974–2001 гг. – солнечная активность помогала людям в поддержании должного уровня урожайности всех зерновых культур;

в) 2002–2003 гг. и далее – максимум солнечной активности<sup>19</sup> снижает максимальную урожайность зерновых культур и, по-видимому, эта тенденция сохранится 2–3 десятилетия;

г) 2010–2030 гг. – солнечная активность явно поможет людям в росте урожайности всех зерновых культур на территории РМЭ;

д) 2040–2080 гг. – этап торможения роста урожайности зерновых солнечной активностью.

Более точную периодизацию прошедшего и будущего столетий возможно выполнить только при полной статистической выборке, учитывающей все года по значениям показателя. Поэтому наиболее достоверно все минимумы и максимумы могут быть выявлены при полном статистическом динамическом ряде, т. е. при учете всех лет в измеряемом периоде урожайности.

---

<sup>19</sup> Ныне наблюдается 23-й цикл с момента исследования астрономами солнечной активности.

### 10.13. Модель динамического ряда урожайности зерновых

Рассмотрим полную статистическую закономерность наращиванием *статистического тренда* (10.16). На рис. 10.1 приведем весь имеющийся динамический ряд в виде роя точек с трендом.

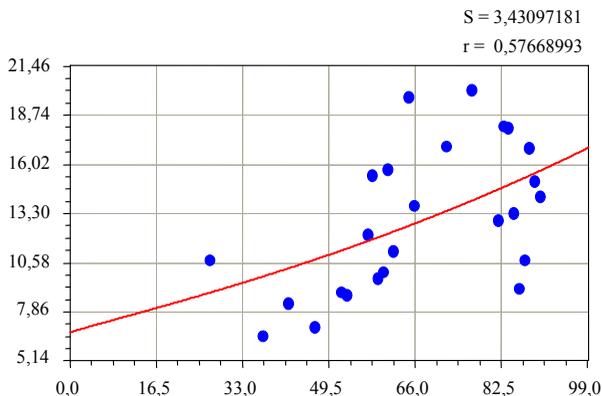


Рис. 10.1. Расположение точек относительно тренда (10.16)

Из табл. 10.1 видно, что в динамическом ряду имеются два участка времени с ежегодными данными – это 1970–1975 и 1995–2003 гг. В таком случае идентификация проходит успешнее из-за того, что график искомого уравнения имеет две опоры, а не одну. Это позволяет находить волновые зависимости и на участках времени с разрывами более года. Однако, как было показано ранее, лучшим является динамический ряд со всеми годами, без пропусков данных.

Тренд с первым волновым возмущением, являющимся позитивно адаптивным по увеличению урожайности всех зерновых культур на территории РМЭ, приведен на рис. 10.2 по формуле

$$y = 6,1894 \exp(0,014428t^{0,92668}) + A_1 \cos(\pi t/p_1 - 2,79239), \quad (10.19)$$

$$A_1 = 0,00014574t^{3,03107} \exp(-0,032117t^{1,04983}),$$

$$p_1 = 1,84751 + 9,4922 \cdot 10^{-5} t^{1,26391}.$$

Коэффициент корреляции равен всего 0,7924, поэтому нужно искать другие волновые составляющие. Однако напрямую программа CurveExpert-1.3 этого не позволяет сделать. В результате приходится идентифицировать новую составляющую к формуле (10.19) по соответствующим остаткам, приведенным на рис. 10.3.

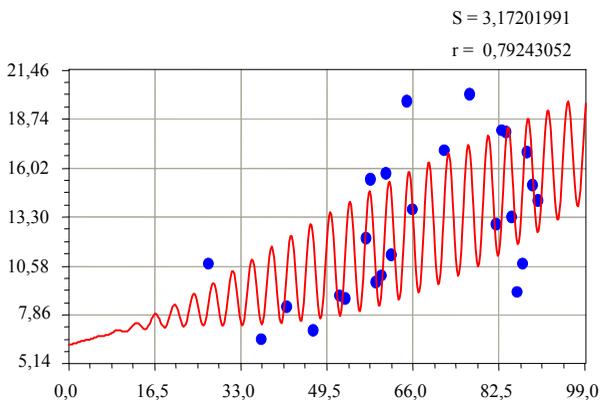


Рис. 10.2. Расположение точек относительно тренда и волновой составляющей по формуле (10.19)

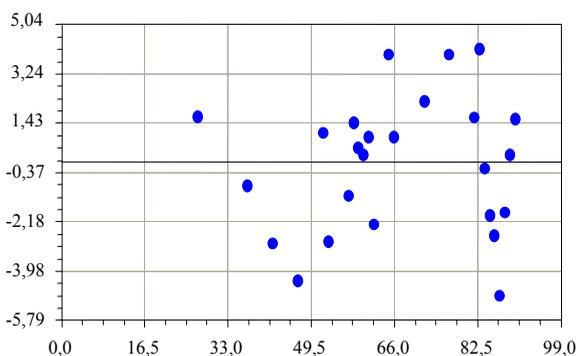


Рис. 10.3. Остатки модели (10.19) с двумя составляющими

Максимальная относительная погрешность формулы (10.19) для 2000 г. равна.  $100 \times 4,8830 : 10,7 = 45,64\%$ . Современная математическая статистика вообще не учитывает индивидуальные точки – члены динамического ряда. Однако из остатков на рис. 10.3 видно, что могут быть найдены и другие составляющие в виде вейвлет-функций проф. П. М. Мазуркина. Их оказалось более 30. Программный комплекс CurveExpert-1.3 не может «утрясти» по значениям параметров найденную модель с составляющими более двух (более 20 параметров модели), что несколько снижает точность моделирования. Результат идентификации обеих составляющих дает изменение значений параметров и первого тренда. Поэтому нужна новая среда, позволяющая «встряхивать» каждый раз после получения новой составляющей всю модель относительно динамического ряда исходных данных.

Но точность измерения урожайности в  $\pm 0,05$  ц/га всегда хуже по сравнению с точностью статистического моделирования. Поэтому последовательным анализом остатков удастся получить достаточно добротные общие статистические закономерности.

Для удобства все составляющие, в том числе и первую, можно записать в матричной форме, например в виде модели из девяти одной составляющей. В общем случае вейвлет-функция (биотехническая функция) выражается формулой

$$y = \sum_{i=1}^n A_i \cos(\pi t/p_i + a_{i0}), \quad (10.20)$$

$$A_i = a_1 t^{a_2} \exp(-a_3 t^{a_4}),$$

$$p_i = a_5 + a_6 t^{a_7} \exp(-a_8 t^{a_9}),$$

где  $i$  – номер составляющей общей статистической закономерности, полученной после идентификации биотехнической функции, включая первую составляющую в виде тренда;  $n$  – количество составляющих готовой статистической модели.

В табл. 10.4 приведены значения параметров модели, причем во всех примерах по урожайности было получено  $a_8 = 0$  и  $a_9 = 1$ , поэтому они исключены из матрицы. При этом первая составляющая в виде закона экспоненциального роста по конструкции биотехнической волновой функции записывается как амплитуда колебания, у которой половина периода одной волны значительно превышает изучаемый промежуток времени с 1913 по 2003 г. Иначе говоря, эта первая волна может оказаться периодом в 300 и более лет.

Тогда логика наращивания конструкции биотехнической функции понятна. Вначале выявляется отрезок волны, значительно превышающей измеряемый отрезок времени, а затем определяются волны с периодичностью менее длины динамического ряда. Получается, что чем больше изучаемый отрезок времени, тем должно быть больше и количество волновых составляющих после основного тренда. Но российские экономисты грешат тем, что берут короткие отрезки времени в 3–5 лет и не находят в этом промежутке ни волн динамики, ни нелинейных зависимостей.

Такая практика анализа тенденций и выявления математических закономерностей не приводит к душевному равновесию – как удовлетворению четвертым признаком территориального равновесия, а ведет со временем к полному отторжению математики. Это противоречие нужно преодолевать с помощью предлагаемого метода идентификации биотехнических функций.

Из 36 составляющих модели типа (10.20), которые показаны в табл. 10.4, только № 1, 2, 21, 25 и 36 имеют перед собой положительный знак, т. е. относятся к волновым возмущениям позитивной адаптации к повышению

Т а б л и ц а 10.4

Параметры уравнений биотехнических сигналов урожайности всех зерновых РМЭ  
(вейвлет-функций проф. П. М. Мазуркина)

№ п/п	Половина амплитуды колебания				Половина периода колебания			Сдвиг
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_{10}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6,1894	0	-0,014428	0,92668	0	0	0	0
2	0,00014574	3,03107	0,032117	1,04983	1,84751	9,4922e-5	1,26391	-2,79329
3	-0,12230	1,12153	0,040554	0,86834	27,8852	-0,0090218	1,12893	0,98766
4	-6,8729e-8	1,94238	-0,10892	0,98696	26,5426	-0,17498	1,00532	0,60715
5	-41,0889	0	2,75001	0,092419	13,1050	-0,35100	0,21588	1,61228
6	-7,6421e-5	3,32153	0,12613	0,88172	11,4056	-0,050547	0,97898	3,08640
7	-1,5824e-12	8,49699	0,093450	1,06877	4,91541	-0,0097026	1,08060	2,78652
8	-1,7640e-16	12,0390	0,20850	1	1,12660	-6,5922e-8	1	3,57533
9	-0,014178	1,12994	0,018835	1	10,6887	0	1	4,24099
10	-1,2072e-6	4,15983	0,069008	1	1,85163	-3,1824e-5	1	2,37921
11	-7,4127e-21	15,5599	0,24486	1,01980	5,88611	-1,73285	1	0,42223
12	-8,1661e-19	10,7750	0,010543	1,48609	1	0	1	0
13	-3,1359e-8	4,17056	0,018088	1,00136	1,28102	1,4514e-6	1	6,27667
14	-2,9327e-12	8,60980	0,16884	1,00022	0,77605	-6,1231e-6	0,85461	0,02182
15	-4,6252e-14	9,42810	0,14365	1	0,46473	0	1	4,78865
16	-2,1733e-15	9,65417	0,085851	1,07768	2,35989	0,0062679	1,03504	-3,64540

Окончание табл. 10.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	-0,0012677	1,25392	0,0030317	1	2,22931	-7,7763e-5	1,20465	5,78060
18	-5,2970e-7	8,15342	0,23490	1,09456	4,88473	0,00052599	1,34688	-3,07171
19	-2,7879e-11	6,67680	0,19074	0,81728	1,20453	0,011310	1,07505	-2,32786
20	-4,6107e-13	7,90349	0,092482	1,03156	1,79854	0,0036798	1,06209	-2,63605
21	2,1226e-11	8,97562	0,27680	0,99851	3,52146	-0,0098060	0,98137	0,93847
22	-1,8620e-13	8,22305	0,056738	1,15010	1,04660	5,9954e-7	1	-2,72140
23	-1,3925e-12	7,78375	0,084496	1,07551	1,89411	0,00030481	1,25878	-2,08313
24	-1,0665e-7	5,76923	0,15715	1,05003	9,19814	-0,019717	0,69502	-1,71268
25	2,1010e-9	5,08804	0,043063	1,10143	1,78815	0	1	-0,93795
26	-6,8875e-10	5,86691	0,089551	1	1,16877	1,9259e-6	1	-2,93921
27	-4,0044e-8	3,52509	0,023315	0,99995	1,03780	5,4357e-8	1	-3,48917
28	-0,00016169	1,64013	0,018054	0,97685	8,95745	0,037009	0,99613	-6,10116
29	-1,6119e-8	4,03246	0,049316	0,99985	69,6188	-0,034198	1,03169	3,51623
30	-2,7467e-9	5,78420	0,12888	0,98196	0,55014	0	1	0,77115
31	-1,6765e-12	7,14082	0,091492	1	1,67849	0,0033541	1	-5,88731
32	-8,2954e-12	6,82925	0,049164	1,16394	2,58550	0,0059068	1,08588	-1,44313
33	-8,0694e-6	2,00816	0,0012905	1,11102	167,120	0,00049647	1,41203	-0,01087
34	-3,2466e-7	2,73533	0	1	1,58515	8,5200e-5	1	2,78938
35	-2,7556e-9	4,59692	0,051618	0,99972	2,35014	-0,0017123	1,00247	3,20692
36	3,4546e-13	7,45004	0,099032	1	16,39273	-0,024327	1	-2,26781

урожайности всех зерновых культур с годами. Все остальные 29 составляющих являются кризисными, снижающими урожайность зерновых.

По сути, все 36 членов, показанные в табл. 10.4, являются составляющими показателя для комплексной оценки сельских территорий РМЭ. При этом не нужно разбирать отдельные факторы, так как занятие это чаще всего не приводит к комплексному критерию из-за многочисленности влияющих на урожайность культур (продуктивность почвы) переменных факторов. Нужно также учитывать взаимные синергетические влияния этих факторов друг на друга.

Предлагаемая методология позволяет обойти факторный анализ и через первичные показатели урожайности культур выйти на оценку продуктивности сельскохозяйственных земель. Причем надо также учесть, что урожайность культур и продуктивность земель – это не одно и то же. Все зависит от поведения человека в изменениях урожайности, но продуктивность почвы сельхозугодий зависит больше от природы.

Территориально четко существует набор видов растений, которые без человека могли бы сами по себе довести свою урожайность до оптимальных для внешних условий значений. Это было видно на динамике урожайности травы естественных и улучшенных сенокосов.

Любая математическая модель нужна для обоснования будущих решений человека. Не все составляющие выйдут за пределы изучаемого промежутка времени 1913–2003 гг., т. е. за период учета в 90 лет. Только часть составляющих общей статистической модели выйдет за пределы основания прогноза. А из них еще меньшая часть будет действовать в течение всего периода упреждения прогноза в 90 лет до 2093 г.

Такое прогнозирование и формирование прогнозной статистической модели будет показано в последнем разделе данной главы. А для эвристического объяснения сущности происшедших явлений и процессов в динамике урожайности растений потребуются все 36 составляющих.

Для определения значимости вычисляются долевые участия всех составляющих с учетом знаков перед ними. По отношению к первой составляющей общей модели вычисляются коэффициенты приспособляемости. Кризис также относится к мерам приспособляемости, но он не управляется в России людьми, поэтому возникает стихийно.

Управление земельными ресурсами – это управление кризисными (естественными и антропогенными) явлениями и процессами с целью минимизации их воздействия на урожайность растений.

На рис. 10.4 приведены остатки от фактических значений урожайности всех зерновых на территории РМЭ после вычитания расчетных значений по модели (10.20).

Максимальная относительная погрешность для точки № 62 (1975 г.) равна 0,62%. Доверие к модели (10.20) будет не ниже 99,38%. При этом из остатков заметно, что 1974 г. стал импульсной функцией. Однако точность измерений урожайности составляет  $\pm 0,05$  ц/га.

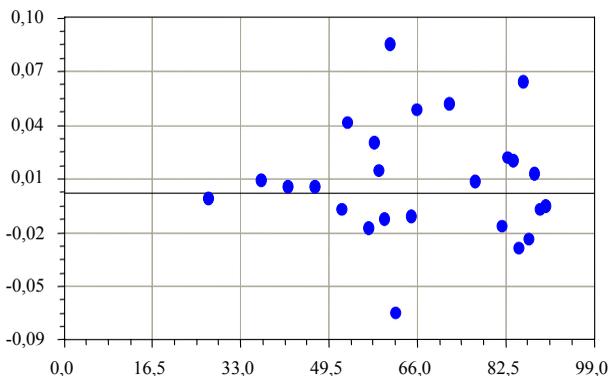


Рис. 10.4. Остатки модели (10.20) с параметрами, приведенными в табл. 10.4, с 36-ю составляющими

Поэтому остатки на рис. 10.4 дальше не подвергаем статистическому моделированию. Эту допустимую погрешность превышают три точки из общего множества.

#### 10.14. Динамика урожайности озимой пшеницы

Озимая пшеница культивируется в климатических условиях РМЭ, но официальные данные по этой культуре известны только с 1940 г., с которого и вводится шкала времени ( $t = 0$ ).

**Среднестатистическая тенденция** в виде тренда (табл. 10.5) выражается формулой известного закона экспоненциального роста вида

$$\bar{y} = 10,2840 \exp(0,06496t^{0,4776}). \quad (10.21)$$

Фактически достигнутый максимум урожайности 28,0 ц/га озимой пшеницы был в 1978 г. Прогноз возможен на период, равный основанию прогноза, т. е. на  $2003 - 1940 = 63$  г. или до  $2003 + 63 = 2066$  г. Основной тренд показывает, что даже к 2060 г. еще останется значительный резерв для повышения среднестатистической урожайности озимой пшеницы на территории РМЭ.

**Минимум урожайности** озимой пшеницы изменяется по статистической закономерности (табл. 10.6) в виде формулы

$$y_{\min} = 12,40 \exp(-1,31330t) + 3,35126t^{0,25294}. \quad (10.22)$$

Т а б л и ц а 10.5

Динамика урожайности озимой пшеницы с убранной площади, ц/га

Годы учета	Время $t$ , лет	Фактическое значение урожайности $y$	Расчетная урожайность $\bar{y}$ по тренду (10.21)	Остаток $\Delta u$ для учета влияния других факторов
1	2	3	4	5
Основание прогноза				
1940	0	12,4	10,3	-2,1
1950	10	6,0	12,5	-6,5
1955	15	9,9	13,0	-3,1
1960	20	10,4	13,5	-3,1
1965	25	13,6	13,9	-0,3
1966	26	11,4	14,0	-2,6
1970	30	15,1	14,3	0,8
1971	31	20,1	14,4	5,7
1972	32	13,2	14,4	-1,2
1973	33	11,6	14,5	-2,9
1974	34	18,7	14,6	4,1
1975	35	14,0	14,7	-0,7
1978	38	28,0	14,9	13,1
1979	39	13,4	14,9	-1,5
1985	45	18,6	15,3	3,3
1990	50	25,3	15,7	9,6
1995	55	12,6	16,0	-3,4
1996	56	18,5	16,0	2,5
1997	57	19,7	16,1	3,6
1998	58	12,1	16,2	-4,1
1999	59	9,6	16,2	-6,8
2000	60	10,2	16,3	-6,1
2001	61	18,3	16,3	2,0
2002	62	15,2	16,4	-1,2
2003	63	13,1	16,5	-3,4
Горизонт прогноза				
2010	70	–	16,9	–
2020	80	–	17,4	–

Окончание табл. 10.5

1	2	3	4	5
2030	90	–	18,0	–
2040	100	–	18,5	–
2050	110	–	19,0	–
2060	120	–	19,5	–

Т а б л и ц а 10.6

Динамика минимальной урожайности озимой пшеницы

Годы учета	Время $t$ , лет	Факт. значение $y_{\min}$ , ц/га	Расчетные значения (10.22)			Составляющие	
			$y_{\min}$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$y_{\min 1}$ , ц/га	$y_{\min 2}$ , ц/га
1940	0	12,4	12,4	1,8e-7	0,0	12,4	0,0
1950	10	6,0	6,0	1,5e-5	0,0	0,0	6,0
1999	59	9,4	9,4	-6,8e-6	-0,0	0,0	9,4
2010	70	–	9,8	–	–	0,0	9,8
2020	80	–	10,2	–	–	0,0	10,2
2030	90	–	10,5	–	–	0,0	10,5
2040	100	–	10,7	–	–	0,0	10,7
2050	110	–	11,0	–	–	0,0	11,0
2060	120	–	11,2	–	–	0,0	11,2

Минимальная урожайность земель снижается с 1940 г. (влияние военных лет), а затем медленно нарастает вплоть до 2060 г. При этом минимальный уровень и к этому времени не доходит до урожайности, достигнутой в 1940 г.

**Максимум урожайности** озимой пшеницы на территории сельских районов РМЭ изменяется по статистической закономерности (табл. 10.7) в виде уравнения

$$y_{\max} = 12,40 \exp(-0,04283t) + 3,0481 \cdot 10^{-10} t^{9,0486} \exp(-0,2058t). \quad (10.23)$$

В отличие от модели (10.18) здесь отсутствует третья волновая составляющая, так как она оказалась малозначимой.

Поэтому, по возможности, при анализе продуктивности земель нужно использовать статистические ряды отдельных сельскохозяйственных культур, а не урожайность их совокупностей. Понятно, что трава является одним видом растений, озимая пшеница то же.

Т а б л и ц а 10.7

## Динамика максимальной урожайности озимой пшеницы

Годы учета	Время $t$ , лет	Фактическое значение $y_{\max}$ , ц/га	Расчетные значения (10.23)			Составляющие	
			$y_{\max}$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$y_{\max 1}$ , ц/га	$y_{\max 2}$ , ц/га
1940	0	12,4	12,4	-5,7e-7	-0,00	<b>12,4</b>	0,0
1965	25	13,6	12,2	1,43	10,51	4,3	7,9
1970	30	15,1	18,2	-3,07	-20,33	3,4	14,7
1971	31	20,1	19,4	0,67	3,33	3,3	16,1
1978	38	28,0	26,7	1,44	5,14	2,6	24,1
1990	50	25,3	25,9	-0,62	-2,45	1,5	<b>24,4</b>
1997	57	19,7	20,0	-0,33	-1,68	1,1	18,9
2001	61	18,3	16,3	2,02	11,04	0,9	15,4
2002	62	15,2	15,4	-0,17	1,12	0,9	14,5
2003	63	13,1	14,5	-1,37	10,46	0,8	13,7
2005	65	–	12,8	–	–	0,8	12,0
2010	70	–	9,0	–	–	0,6	8,4
2020	80	–	4,0	–	–	0,4	3,6
2030	90	–	1,6	–	–	0,3	1,3

*Примечание.* Расчетное значение максимума второй составляющей 26,4 ц/га наблюдалось при  $t^* = 44$  года в 1984 г.

Первая составляющая формулы (10.23) определяет естественную убыль продуктивности почвы по урожайности озимой пшеницы при условии невмешательства человека в повышение плодородия земель. Вторая составляющая показывает, что стрессовое возбуждение работников сельского хозяйства РМЭ резко стало убывать с 1990 г., т. е. с начала системного социально-экономического кризиса в России (с 1988 г.) с учетом лага запаздывания кризиса на периферию от центра России в два года.

Максимум по второй составляющей 24,4 ц/га достигается в 1990 г. (см. табл. 10.7), т. е. через два года после начала системного кризиса в бывшем СССР. Однако, если не принимать никаких мер по комплексному развитию сельских территорий, уже с 2010 г. произойдет обвальное снижение урожайности озимой пшеницы на территории РМЭ.

## 10.15. Модель динамики урожайности озимой пшеницы

Основной тренд урожайности озимой пшеницы характеризуется законом экспоненциального роста

$$\bar{y} = 10,2757 \exp(0,064920t^{0,47871}), \quad (10.24)$$

который почти не отличается от тренда (10.21). Причем эти минимальные отличия объясняются различиями в типах компьютеров и разрядности представления чисел в их памяти. Модель (10.24) была получена позднее на более мощной операционной системе.

Очевидно, что чем короче промежутки времени учета статистического ряда, тем меньше составляющих, например, в табл. 10.8.

Из общего числа составляющих, по данным табл. 10.8, к позитивной адаптации урожайности озимой пшеницы относятся 10 составляющих, а остальные 17 являются кризисными, снижающими урожайность данной культуры. Сопоставление с динамикой параметров погоды, ландшафта и т. п. может дать объяснение тому, к какому внешнему воздействию могут быть отнесены те или иные составляющие модели типа (10.20).

Однако это задача последующего исследования. Вначале же нужно дать комплексную оценку сельской территории, в нашем примере РМЭ. А для этого необходимо сравнение моделей типа (10.20) всех соседей по одной природной зоне.

Внутри одного субъекта Федерации такое сравнение конкретных вариаций модели типа (10.20) возможно провести по сельским районам.

Всего было найдено 27 составляющих, остатки после которых приведены на рис. 10.5 в виде некоторой закономерности. Однако абсолютные значения достигли уровня ошибки измерения  $\pm 0,05$  ц/га. Поэтому дальше моделирование не проводим.

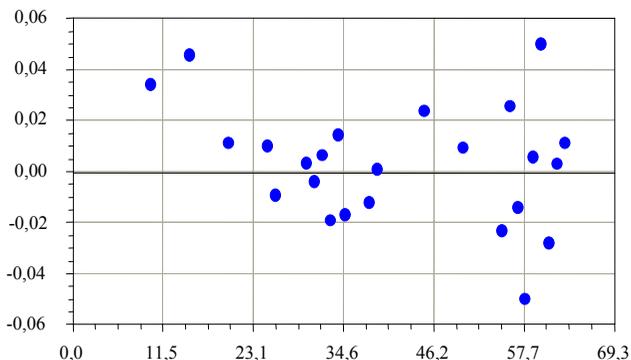


Рис. 10.5. Остатки модели (10.20) с параметрами, приведенными в табл. 10.7, с 27-ю составляющими

Таблица 10.8

Параметры уравнений биотехнических сигналов урожайности озимой пшеницы  
(вейвлет-функций проф. П. М. Мазуркина)

№ п/п	Половина амплитуды колебания				Половина периода колебания			Сдвиг
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_{10}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10,2757	0	-0,064920	0,47871	0	0	0	0
2	-4,33595	0	-0,0034419	1	28,5155	-0,016994	1	-1,72236
3	-5,9456e-16	13,2679	0,29901	1,00260	1,62163	0,0037520	0,95270	-2,49475
4	-1,69754	0	-0,0077373	1	7,34596	-0,20827	0,40919	2,09887
5	-3,6146e-25	20,6735	0,41981	1,02866	33,3215	-0,26634	0,97961	0,66162
6	-0,60750	0,98225	0,35872	0,58277	12,1519	-0,30963	0,64170	-3,54605
7	-3,6803e-12	10,8950	0,46984	0,89857	1,01947	0,0054401	1,08485	0,23501
8	-2,1533e-20	16,7251	0,29492	1,06752	1,84023	0,0078470	1,09726	-4,78439
9	0,0011081	3,33629	0,34108	0,77104	2,13127	0,0010285	1,12324	2,31042
10	-2,1087e-12	8,86517	0,14130	1,03900	0,56027	0	1	5,90178
11	6,5225e-12	7,21749	0,044633	1,04925	1,64690	-0,0025686	1,09687	2,08259
12	5,4987e-19	20,7783	0,87401	1,03855	0,73910	0,0069117	1,01243	-3,97753
13	0,14007	0	-0,00013488	2,27830	1,59462	-0,0039368	0,50988	-0,10565
14	1,7288e-21	16,4804	0,28633	1,05410	1,15255	0,00051215	1,25757	-3,40420
15	-7,6989e-10	7,86748	0,28874	0,95636	2,44867	-0,076913	0,58188	2,78858
16	-1,6634e-16	12,6816	0,30475	0,99606	0,80592	0,0017546	1,01255	-3,62927

Окончание табл. 10.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	0,39019	0	0,044916	1	19,7278	-2,57125	0,31940	-0,40942
18	-5,0014e-10	11,1304	0,35575	1,16863	1,26678	-0,00034170	1,33035	4,64366
19	-7,5946e-13	10,04264	0,33201	0,94066	2,16845	0,0015877	1,25039	-1,62568
20	-8,3636e-20	15,2254	0,31077	1,04905	1,06873	-0,00017887	1	4,22829
21	0,048391	0	0,0017358	1	1,91137	0,00017415	1,40253	-0,10459
22	-2,1202e-15	12,0272	0,29892	1,01990	28,2230	-0,17488	1,02954	2,05235
23	3,2816e-9	6,80372	0,58111	0,72394	1,41444	-0,0019872	0,75357	-5,00029
24	0,088873	0	0,015314	1	3,07652	0,0021193	1	-5,20870
25	-5,0440e-15	14,6341	0,65877	1	0,55567	-1,8174e-6	1	2,13465
26	0,026105	0	0,024890	1	4,94542	-0,0085789	1	0,41775
27	-3,2713e-10	6,17442	0,11433	1	58,8949	-0,18704	1	0,59500

Максимальная относительная погрешность модели (10.20) с параметрами табл. 10.8 для 2000 г. ( $t = 60$  лет) равна 0,47%. Тогда доверие к этой закономерности будет не менее 99,53%.

## 10.16. Динамика урожайности картофеля

Эта культура наиболее распространена на территории РМЭ, поэтому изучение динамики урожайности картофельных полей как основного источника питания сельского населения и домашних животных представляет научно-практический интерес.

**Среднестатистическая тенденция** изменения урожайности картофеля получила статистическую закономерность (табл. 10.9) в виде уравнения

$$\bar{y} = 64,14 \exp(0,17406t^{0,29422}). \quad (10.25)$$

Как и в предыдущих примерах, эта закономерность для всех культур растениеводства одинакова по форме, поэтому в общем виде конструкцию формулы (10.25) вполне можно принять за устойчивый закон изменения урожайности сельскохозяйственных земель в среднем (напоминаем: не в среднеарифметическом, а в среднестатистическом).

Из табл. 10.9 видно, что средняя урожайность картофеля к 2100 г. значительно уступает фактически достигнутой максимальной урожайности картофеля 176,0 ц/га в 1995 г. Глобальный минимум 58,0 ц/га, полученный в 1972 г., объясняется сильной засухой, когда летом температура воздуха достигала 42°C.

**Минимальная урожайность** картофеля характеризуется также стабильным ростом по экспоненциальному закону, если не учитывать импульсную функцию снижения урожайности в 1972 г. Поэтому была получена закономерность (табл. 10.10) в виде формулы

$$y_{\min} = 64,37 \exp(-0,00003357t^{1,97580}). \quad (10.26)$$

В прогнозе минимальный уровень урожайности картофельных полей на территории РМЭ начнет превышать среднестатистическую урожайность примерно с 2075 г., достигнув при  $t = 162$  года значения 139,6 ц/га.

**Максимальная урожайность** картофеля изменяется по сложной зависимости (табл. 10.11) в виде формулы

$$y_{\max} = 64,21 + 2,4962 \cdot 10^{-7} t^{6,2052} \exp(-0,09758t) - A \cos(\pi t / p_{0,5} + 2,4970), \quad (10.27)$$

$$A = 11,7052 t^{0,3256} \exp(-0,005663t),$$

$$p_{0,5} = 5,9361.$$

Т а б л и ц а 10.9

Динамика среднестатистической урожайности картофеля  
с убранной площади, ц/га

Годы учета	Время $t$ , лет	Фактическое значение урожайности $y^t$	Расчетная урожайность $\bar{y}$ по тренду (10.25)	Остаток $Du$ для учета влияния других факторов
1	2	3	4	5
Основание прогноза				
1913	0	65,0	64,1	0,9
1940	27	90,0	101,5	-11,5
1950	37	132,0	106,1	25,9
1955	42	66,0	108,2	-42,2
1960	47	92,0	110,2	-18,1
1965	52	127,0	111,9	15,1
1966	53	113,0	112,3	0,7
1970	57	134,0	113,6	10,4
1971	58	139,0	114,0	25,0
1972	59	58,0	114,3	-56,3
1973	60	175,0	114,6	60,4
1974	61	98,0	114,9	-16,9
1975	62	150,0	115,3	34,7
1978	65	75,0	116,2	-41,2
1979	66	131,0	116,5	14,5
1985	72	94,8	118,4	-23,6
1990	77	111,4	119,8	-8,4
1995	82	176,0	121,2	54,8
1996	83	151,2	121,5	29,7
1997	84	124,9	121,8	3,1
1998	85	147,0	122,0	25,0
1999	86	144,1	122,3	21,8
2000	87	105,6	122,6	-17,0
2001	88	106,0	122,8	-16,8
2002	89	81,2	123,1	-41,9
2003	90	85,5	123,4	-37,9

Окончание табл. 10.9

1	2	3	4	5
Горизонт прогноза				
2010	97	–	125,2	–
2020	107	–	127,7	–
2030	117	–	130,0	–
2040	127	–	132,3	–
2050	137	–	134,5	–
2060	147	–	136,6	–
2070	157	–	138,6	–
2080	167	–	140,6	–
2090	177	–	142,5	–
2100	187	–	144,4	–

Таблица 10.10

Динамика минимальной урожайности картофеля с уборной площади

Годы учета	Время $t$ , лет	Фактическое значение $\hat{y}_{\min}$ , ц/га	Расчетные значения (10.26)		
			$y_{\min}$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %
1913	0	65,0	64,4	0,63	0,97
1955	42	66,0	67,9	-1,95	-2,95
1972	59	58,0	–	–	–
1978	65	75,0	73,2	1,82	2,43
2002	89	81,2	81,7	-0,51	0,63
2010	97	–	85,4	–	–
2020	107	–	90,7	–	–
2030	117	–	96,9	–	–
2040	127	–	104,2	–	–
2050	137	–	108,2	–	–
2060	147	–	122,4	–	–
2070	157	–	133,9	–	–
2080	167	–	147,2	–	–
2090	177	–	162,8	–	–
2100	187	–	181,1	–	–

Т а б л и ц а 10.11

## Динамика максимальной урожайности картофеля

Годы учета	Время $t$ , лет	Фактическое значение $y_{\max}$ , ц/га	Расчетные значения (10.27)			Составляющие модели (10.27)			
			$y_{\max}$ , ц/га	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$y_{\max 1}$ , ц/га	$y_{\max 2}$ , ц/га	$A$	$y_{\max 3}$ , ц/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1913	0	65,0	64,2	0,79	1,22	64,2	0,0	0,0	-0,0
1940	27	90,0	91,7	-1,75	-1,94		13,6	29,4	-13,9
1950	37	132,0	131,2	0,82	0,62		36,3	30,8	-30,6
1970	57	134,0	129,5	4,46	3,33		75,4	31,6	10,1
1971	58	139,0	146,8	-7,83	-5,63		76,2	31,6	-6,4
1973	60	175,0	171,7	3,33	1,90		77,3	31,6	-30,1
1996	83	151,2	149,2	2,03	1,34		61,4	30,8	-23,6
1998	85	147,0	151,5	-4,55	-3,10		58,6	30,7	-28,8
1999	86	144,1	140,7	3,41	2,37		57,1	30,7	-19,4
2001	88	106,0	107,2	-1,22	-1,15		54,2	30,6	11,2
2003	90	85,5	85,3	0,19	0,22		51,2	30,4	30,1
2005	92	–	94,2	–	–	64,2	48,3	30,3	18,3
2010	97	–	132,7	–	–		41,2	30,0	-27,3
2015	102	–	69,2	–	–		34,5	29,6	29,5
2020	107	–	117,4	–	–		28,5	29,2	-24,7
2025	112	–	73,4	–	–		23,3	28,8	14,1
2030	117	–	83,3	–	–		18,7	28,4	-0,4

Окончание табл. 10.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2035	122	–	92,1	–	–	64,2	14,9	28,0	-13,0
2040	127	–	53,1	–	–		11,7	27,6	22,9
2045	132	–	100,4	–	–		9,2	27,2	-27,0
2050	137	–	46,6	–	–		7,1	26,7	24,7
2055	142	–	86,1	–	–		5,4	26,3	-16,5
2060	147	–	63,6	–	–		4,1	25,9	4,7
2065	152	–	59,5	–	–		3,1	25,4	7,8
2070	157	–	84,6	–	–		2,3	25,0	-18,0
2075	162	–	42,3	–	–		1,7	24,5	23,6
2080	167	–	88,9	–	–		1,3	24,1	-23,4
2085	172	–	47,5	–	–		1,0	23,6	17,7
2090	177	–	72,9	–	–		0,7	23,2	-8,0
2095	182	–	68,0	–	–		0,5	22,7	-3,2
2100	187	–	51,3	–	–	0,4	22,3	13,3	

*Примечание.* У второй составляющей  $y_{\max 2}$  максимум 78,1 ц/га наблюдался при  $t^* = 64$  г/, т. е. в 1977 г. Максимальная амплитуда 31,6 ц/га колебательного возмущения по третьей составляющей наблюдалась при  $t^* = 57$  в 1970 г., и это возмущение завершится только через 1250 лет, поэтому волновое изменение является устойчивой закономерностью.

На максимальную урожайность значительно влияет «человеческий фактор», т. е. усилия работников сельского хозяйства по поддержанию уровня максимальной урожайности земель под картофель.

Первая составляющая показывает стабильное прошлое (до 1913 г.), т. е. характеризуется устойчивым законом типа  $y = y_0$ . Вторая и третья составляющие аналогичны конструкции статистической модели (10.27). При этом сдвиг начала отсчета кризисной волновой составляющей происходит на  $2,4970\rho_{0,5}/\pi$  лет, т. е. на  $2,4970 \times 5,9361 : 3,14156 = 4,72$  г. (округленно пять лет). Тогда колебательное возмущение урожайности картофеля на территории РМЭ начинается с  $1913 + 5 = 1918$  г., т. е. с началом гражданской войны.

Прогнозы максимальной урожайности картофеля вполне надежны до 2100 г. При этом наблюдались в прошлом и теоретически будут ожидать в будущем максимумы урожайности картофельных полей на территории РМЭ в следующие моменты времени:

1938 год	25 лет	103,5 ц/га
1950	37	131,2
1962	49	159,7
1974	61	172,7
2009	96	136,7
2021	108	120,8
2033	120	108,7
2045	132	104,4
2080	167	88,9
2092	189	87,5
2104	191	86,3

Эти прогнозные данные могут стать ориентирами при оценке стоимости сельскохозяйственных земель под картофельные поля.

### 10.17. Модель динамики урожайности картофеля

Среднестатистический тренд урожайности картофеля пшеницы характеризуется законом экспоненциального роста

$$\bar{y} = 64,1430 \exp(0,17406t^{0,29422}), \quad (10.28)$$

который почти не отличается от тренда (10.25), причем эти минимальные отличия объясняются различиями в типах компьютеров и разрядности представления чисел в их памяти. Модель (10.28) была получена позднее на более мощной операционной системе.

По остальным 26 волновым составляющим значения параметров модели типа (10.20) приведены в табл. 10.12.

Т а б л и ц а 10.12

Параметры уравнений биотехнических сигналов урожайности картофеля по РМЭ  
(вейвлет-функций проф. П. М. Мазуркина)

№ п/п	Половина амплитуды колебания				Половина периода колебания			Сдвиг $a_{10}$
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	64,1430	0	-0,17406	0,29422	0	0	0	0
2	-0,00058355	2,50137	0	1	21,7806	-0,031365	1,20897	5,31480
3	-2,8746e-10	8,58224	0,10820	1,09495	1,02794	0	1	-3,64452
4	-0,0088654	2,97990	0,12683	0,87688	1,84295	0,0023327	0,94434	-0,26537
5	0,054634	3,04937	0,18062	0,91069	3,42123	0,018507	1,02667	-0,69933
6	-1,2978e-14	10,8893	0,13607	1,05169	2,59042	0,0025211	1,07920	-3,35356
7	-1,0830e-20	14,5369	0,15249	1,06763	11,7798	-0,016312	1,20795	4,48963
8	-1,4141e-17	12,6171	0,16545	1,03018	7,78486	0,072457	1,07477	-2,17325
9	-0,027047	1,57495	0,014161	1	1,07278	-2,7651e-5	1	-2,86113
10	2,5185e-50	35,6012	0,50936	0,99218	2,12134	-0,0012951	1,12319	5,78230
11	2,4590e-55	39,8951	0,59423	1,00249	3,48184	-0,0045813	1,11061	0,21968
12	-6,9962e-9	5,29699	0,016216	1,18618	1,06388	0	1	2,16597
13	1,1588e-7	5,35798	0,078721	1	1,18599	4,0772e-5	1	-0,62858
14	-9,8236e-10	6,85612	0,20242	0,85458	7,18868	-0,017098	0,64189	-3,22680
15	-0,00067145	2,89317	0,035780	1,14059	1,27162	0,014798	0,87659	-0,76461
16	0,00057059	1,79708	0	1	2,12023	-0,00078778	1	2,33536

Окончание табл. 10.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	-1,8260e-11	8,94061	0,26281	0,91882	4,39918	-0,014298	0,83992	1,14927
18	1,10804	0	0,016282	1	2,06835	-0,00049335	1,21818	0,81238
19	3,0910e-6	3,85715	0,066288	1	3,04182	-0,0032136	1	1,05882
20	-2,1886e-51	34,6253	0,44068	1	1,63749	2,5587e-7	1	2,59857
21	-7,1895e-57	40,0157	0,57536	1	1,39403	0,00022969	1	-4,34345
22	0,089819	1,15362	0,24381	0,59589	4,50995	0,015891	0,82903	-0,49959
23	-2,8874e-54	37,5962	0,61355	0,96358	1,89853	-0,00060910	0,89936	0,75420
24	-9,5576e-60	40,8563	0,53330	1	1,14244	7,6827e-6	1	1,78551
25	-7,4202e-64	44,4261	0,62636	1	0,56103	0	1	-0,70524
26	8,9218e-9	4,22244	0,00026197	1,85146	262,318	-2,51106	0,99415	3,90441
27	-4,2741e-8	4,76443	0,064594	1	0,96556	0	1	-2,80696

Очевидно, что чем однороднее по биологическим видам учет урожайности культурных и некультурных растений, тем меньше количество составляющих общей статистической модели типа (10.20). Вот почему изучение продуктивности земель по урожайности картофеля оказывается более эффективным по сравнению с зерновыми культурами, у которых весьма разнообразны стрессовые отклики на поведение людей, применяющих удобрения, уходы и другие меры.

Таким образом, общая концепция постепенно проясняется. На первом этапе необходимо узнать естественное плодородие земель, что совпадает с методологией В. В. Докучаева. А затем нужно отказаться от пути «хозяйство – территория», который применили в методических указаниях 1990 г. На втором этапе надо узнать прогнозы по максимально возможным в будущем урожаям тех или иных видов культур, причем с учетом широких севооборотов. А для потенциально возможных урожаев, как известных на данном ландшафте, так и интродуцируемых видов культурных растений, необходимо разработать методику прогноза урожайности при агротехнических и других условиях.

Как известно, селекционеры научились выводить новые сорта картофеля для конкретной местности и конкретных метеоусловий. Эти лабораторные и участковые эксперименты на опытных площадках по фактическому урожаю вполне можно принять за показатели достигнутой урожайности. Из таких урожаев и нужно оценивать стоимость земельных угодий. Задача земельного арендатора – добиваться максимально возможных урожаев, а с помощью селекционных лабораторий их превышение в дальнейшем. Стоимость же земель должна исходить из достижений по урожайности на экспериментальных полях сортоиспытательных станций, а не на захудалых. Тем самым полностью исключается влияние на показатель урожайности конкретных сельских пользователей (хозяйства и пользователи тоже являются частью населения), и они должны будут следовать в фарватере генетической и сортоиспытательной науки.

Такова стратегия осуществления триады «ландшафт + население + хозяйство», когда при оценке кадастровой стоимости земельных угодий под хозяйством понимается только урожайность сортоиспытательных станций, имеющих в каждом сельском районе.

Из общего числа составляющих, по данным табл. 10.12, к позитивной адаптации урожайности картофеля относятся девять составляющих, а остальные 18 являются кризисными, снижающими урожайность данной культуры. По сравнению с озимой пшеницей число кризисных составляющих на одну меньше. Это значит, что сопоставление с динамикой параметров погоды, ландшафта и т. п. вполне может дать объяснение той или иной составляющей. Причем на картофель влияет на одно меньшее число внешних неучтенных факторов.

Всего было найдено 27 составляющих, что на девять меньше по сравнению с группой зерновых культур. Остатки после расчетов по этим со-

ставляющим приведены на рис. 10.6. Они имеют некоторую закономерность, хотя найти ее было трудно. Дальше моделирование не проводилось, так как ошибка исходной информации больше 0,1 ц/га.

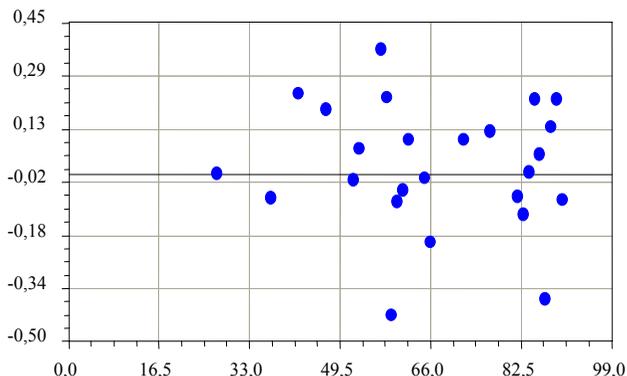


Рис. 10.6. Остатки модели (10.20) с параметрами, приведенными в табл. 10.12

Максимальная относительная погрешность модели (10.20) с параметрами табл. 10.12 для самого засушливого лета 1972 г. ( $t = 59$  лет) равна 0,73%. Тогда доверие к этой статистической закономерности будет не менее 99,27%. Такое высокое доверие вполне позволяет использовать статистическую модель в прогнозировании. Причем оно возможно на период, равный основанию прогноза с 1913 г., т. е. до горизонта прогноза на 2093 г.

Не все составляющие будут участвовать в прогнозе, поэтому необходим отбор влияющих переменных.

### 10.18. Отбор моделей динамики

Для выполнения процедуры отбора в программе Excel проводится прямой расчет по всем составляющим, в интервале времени  $t = 0 \dots 200$  лет через каждый год.

Вначале по параметрам моделей, приведенных в табл. 10.4, 10.8 и 10.12, были получены расчетные значения модели (10.20). Результаты сравнения с фактическими данными представлены в табл. 10.13.

В табл. 10.13 значения максимальной относительной погрешности малы и для трех моделей составляют соответственно 2,89; 0,52 и 0,62%. Доверие не ниже 97,11; 99,48 и 99,38%, т. е. высокое. Это позволяет в дальнейших расчетах различного назначения отказаться от табличных моделей с фактическими числовыми значениями показателей урожайности и перейти к использованию готовых моделей типа (10.20).

Т а б л и ц а 10.13

Сравнение фактических и расчетных значений по модели (10.20), ц/га

Все зерновые (табл. 10.4) с 1913 г.			Озимая пшеница (табл. 10.8) с 1940 г.					Картофель (табл. 10.12) с 1913 г.			
<i>t</i> , лет	$\hat{y}$	<i>y</i>	$\Delta$ , %	<i>t</i> , лет	$\hat{y}$	<i>y</i>	$\Delta$ , %	<i>t</i> , лет	$\hat{y}$	<i>y</i>	$\Delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	7,9	7,89	0,08	0	12,4	12,40	0,02	0	65,0	64,91	0,15
27	10,7	10,71	-0,10	10	6,0	5,97	0,48	27	90,0	90,00	-0,00
37	6,5	6,50	-0,04	15	9,9	9,85	0,52	37	132,0	132,06	-0,04
42	8,3	8,31	-0,06	20	10,4	10,39	0,14	42	66,0	65,77	0,36
47	7,0	7,01	-0,13	25	13,6	13,60	0,03	47	92,0	91,76	0,26
52	8,9	8,92	-0,27	26	11,4	11,42	-0,14	52	127,0	127,01	-0,00
53	8,8	8,77	0,32	30	15,1	15,10	0,03	53	113,0	112,94	0,06
57	12,1	12,13	-0,28	31	20,1	20,10	0,00	57	134,0	133,57	0,32
58	15,4	15,39	0,08	32	13,2	13,19	0,10	58	139,0	138,83	0,12
59	9,7	9,70	-0,03	33	11,6	11,61	-0,11	59	58,0	58,36	-0,62
60	10,0	10,03	-2,89	34	18,7	18,68	0,10	60	175,0	175,14	-0,08
61	15,7	15,63	0,46	35	14,0	14,01	-0,07	61	98,0	98,01	-0,01
62	11,2	11,29	-0,80	38	28,0	28,01	-0,04	62	150,0	149,70	0,06
65	19,7	19,73	-0,16	39	13,4	13,40	0,00	65	75,0	75,06	-0,08
66	13,7	13,67	0,19	45	18,6	18,57	0,14	66	131,0	131,18	-0,14
72	17,0	16,96	0,24	50	25,3	25,29	0,04	72	94,8	94,77	0,04

Окончание табл. 10.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
77	20,1	20,11	-0,04	55	12,6	12,63	-0,20	77	111,4	111,35	0,05
82	12,9	12,92	-0,19	56	18,5	18,48	0,12	82	176,0	176,09	-0,05
83	18,1	18,08	-0,11	57	19,7	19,71	-0,07	83	151,2	151,28	-0,05
84	18,0	17,98	0,11	58	12,1	12,15	-0,37	84	124,9	124,94	-0,03
85	13,3	13,33	-0,23	59	9,6	9,59	0,11	85	147,0	146,74	0,18
86	9,1	9,03	0,78	60	10,2	10,15	0,51	86	144,1	144,03	0,05
87	10,7	10,72	-0,16	61	18,3	18,32	-0,14	87	105,6	106,00	-0,38
88	16,9	16,88	0,12	62	15,2	15,20	0,03	88	106,0	105,79	0,20
89	15,1	15,10	-0,01	63	13,1	13,09	0,08	89	81,2	81,04	0,20
90	14,2	14,20	0,02					90	85,5	85,51	-0,01

Далее рассмотрим каждую модель в отдельности.

**Все зерновые культуры.** Особенно опасной на будущее является четвертая составляющая, которая лимитирует горизонт прогноза всего на 10 лет до 2013 г. Таким образом, модель типа (10.20) с 36-ю составляющими по конструкции становится избыточной для прогнозирования.

Кроме того, некоторые составляющие полностью потеряли прогностическую способность, реализуясь в прошлом (№ 8, 14, 18, 21, 24, 30, 32). Значительная группа составляющих (№ 7, 10, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 29) только частично будет участвовать в прогнозировании на начальный период упреждения. Поэтому 20 составляющих не будут участвовать в расчетах на горизонт прогноза.

Недостаток исходного статистического ряда заключается в больших пропусках по годам. И это обстоятельство также требует более внимательного отношения к формированию длины основания прогноза.

В связи с указанными причинами статистические модели динамики следует разделять на две группы:

а) закономерности, позволяющие сравнивать готовую модель с моделями других влияющих на урожайность факторов (температура, число дней с положительной температурой в месяце, влажность воздуха, число дождливых дней, гидротермический коэффициент и др.);

б) модели, предназначенные специально для целей прогнозирования значений изучаемого показателя.

Таким образом, все три предыдущие готовые модели типа (10.20) относятся к первой группе, т. е. могут использоваться для научно-познавательных целей. Для прогнозирования необходимы другие типы моделей, основанные на управлении продолжительностью основания прогноза.

**Озимая пшеница.** Если динамический ряд достаточен по количеству членов на всем основании прогноза, то одна и та же готовая модель может быть использована для обеих целей, указанных выше. На рис. 10.7 приведен график модели типа (10.20) для озимой пшеницы с 27-ю составляющими, значения параметров которых даны в табл. 10.8.

Горизонт прогноза оказался возможным на 32 года от окончания основания прогноза, т. е. до  $2003 + 32 = 2035$  г. Хотя теоретически прогнозировать можно и до  $2003 + 63 = 2066$  г., однако с 2036 г. начинаются сильные колебательные возмущения. Конечно же, эти динамические составляющие нужно погасить уже в настоящее время, т. е. до 2010 г. Кроме того, в модели типа (10.20) с учетом табл. 10.8 имеются и «лишние» для процесса прогнозирования вейвлет-функции. Частично задействованы в прогнозе будущие составляющие № 3, 5, 10, 14, 16, 19 и 22, совсем не влияют на будущую урожайность – № 7, 8, 9, 12, 15, 17, 18, 20 и 25. Поэтому участвуют в прогнозе всего  $27 - 16 = 11$  составляющих.

Для удобства составления прогнозов и сценариев роста и развития урожайности озимой пшеницы необходимо создать прогностическую модель с формированием нового основания прогноза.

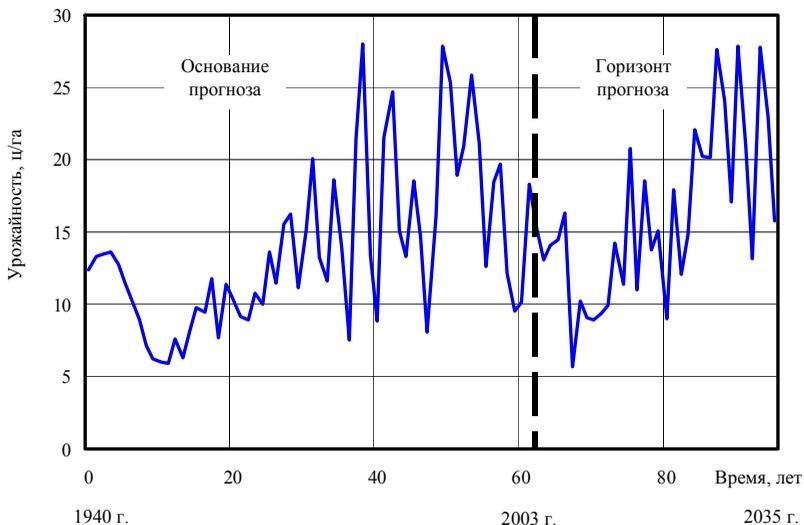


Рис. 10.7. Биотехническая функция динамики урожайности озимой пшеницы

Вместе с тем из графика на рис. 10.7 видно, что после 2030 г. будет наблюдаться так называемый стационарный случайный процесс изменения урожайности озимой пшеницы на территории РМЭ около некоторого постоянного значения с цикличностью в 6–8 лет. Такие же циклы находил проф. И. Б. Загайтов [61].

**Картофель.** На рис. 10.8 приведен график модели в виде биотехнической функции, описывающей основание прогноза в 90 лет на период 1913–2003 гг., а также показано прогнозное продолжение на упреждение 37 лет, т. е. на горизонт  $2003 + 37 = 2040$  г. Основным циклом становится нарастающая амплитуда с периодом в два цикла солнечной активности, т. е. примерно 22 года.

Таким образом, основание прогноза урожайности картофеля в 90 лет дало увеличение горизонта прогноза всего на пять лет по сравнению с основанием прогноза урожайности озимой пшеницы в 63 года. Поэтому длина динамического ряда незначительно влияет на оптимальный период упреждения прогноза.

Это происходит из-за того, что волновые составляющие не позволяют увеличить горизонт прогноза до теоретически возможного уровня 2093 г. Тогда основные мероприятия по повышению урожайности картофеля на территории РМЭ должны быть направлены на быстрое погашение различных флуктуаций, многие из которых, как было показано ранее, зависят от людей.

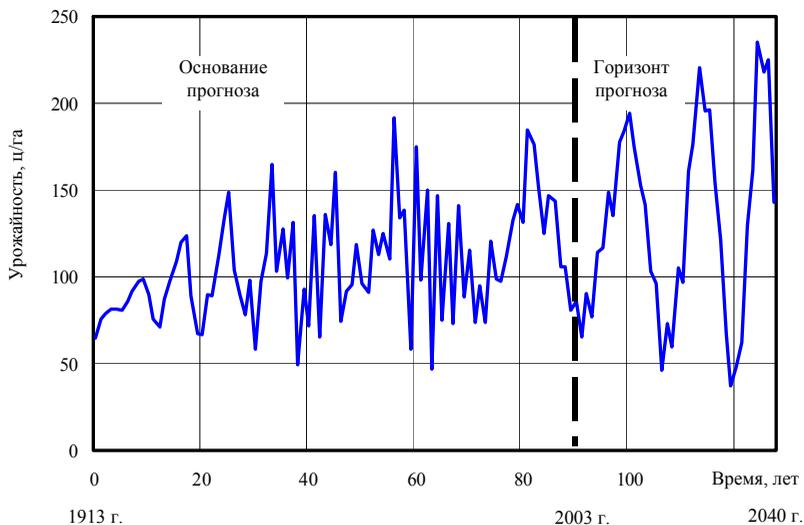


Рис. 10.8. Биотехническая функция динамики урожайности картофеля

Нужно определить рациональный статистический ряд с оптимальной длиной основания прогноза в связи с тем, что после 2003 г. частично участвуют в поведении динамического ряда картофельных полей РМЭ составляющие № 4, 6, 7, 8, 10, 19, 20, 24 и вообще не участвуют – № 3, 5, 11, 15, 17, 21, 23 и 25.

### 10.19. Формирование основания прогноза

Процесс формирования основания прогноза из имеющегося статистического ряда динамики значений изучаемого показателя покажем на примере урожайности всех зерновых культур на территории РМЭ с 1913 по 2003 г.

Очевидно, что нужно отсекать динамический ряд слева, т. е. убирать из него статистические данные давно прошедших лет.

Анализ модели типа (10.20) с учетом данных табл. 10.4 показал, что отрицательные расчетные значения изучаемого показателя появляются в интервалах времени 14–16 лет (1927–1929 гг.), 23–26 (1936–1939 гг.), 33–36 лет (1946–1949 гг.) и 44 года (1957 г.). Очевидно, что такие отрицательные отклонения практически невозможны, поэтому причиной искажения отдельных составляющих является только неполнота динамического ряда исходных данных. По сути процессов достижения территориального экологического равновесия отрицательные значения урожайности показыва-

ют, что человек должен отдавать полям удобрения, и такие ситуации вполне возможны при подсчетах предотвращенного экологического ущерба.

Удаление тех точек, между которыми находились отрицательные значения урожайности всех зерновых культур, позволяет начать динамический ряд с 1970 г. (происходит перенос начала координат «время – урожайность» с новым значением начала оси абсцисс  $t = 0$ ).

Тренд получил две составляющие (рис. 10.9) в виде уравнения

$$\bar{y} = 12,1661 \exp(-8,1992 \cdot 10^{-5} t) + 0,0099554 t^{3,59134} \exp(-0,16495 t^{1,10045}). \quad (10.29)$$

Из роя точек видно, что образовался некоторый канал, по сторонам которого наблюдаются две линии точек. Они образуют волновые составляющие, которые можно идентифицировать биотехнической функцией по остаткам, приведенным на рис. 10.10.

Остатки по знакам показывают некоторую ритмичность. А по значениям амплитуды видны две группы остатков (до 18 лет и после них).

Третья составляющая будет определяться закономерностью (рис. 10.11) вейвлет-функции проф. П. М. Мазуркина для характеристики кризисного возмущения вида

$$y_3 = -A \cos(\pi t/p_{0,5} + 2,83273), \quad (10.30)$$

$$A = 5,2456 \cdot 10^{-9} t^{8,80507} \exp(-0,25433 t^{1,06456}),$$

$$p_{0,5} = 2,62761.$$

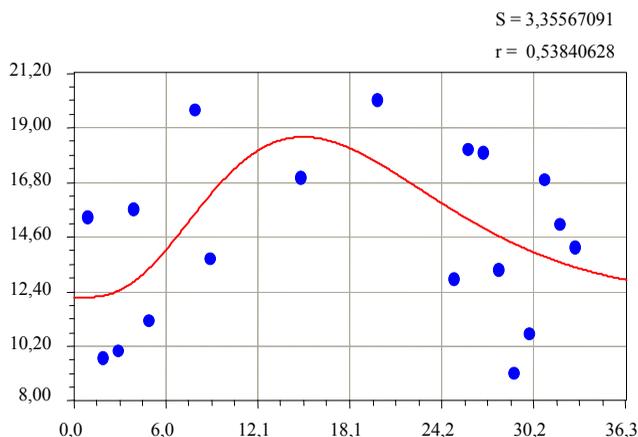


Рис. 10.9. Основной и вспомогательный тренды динамики урожайности (ц/га) всех зерновых культур на территории РМЭ

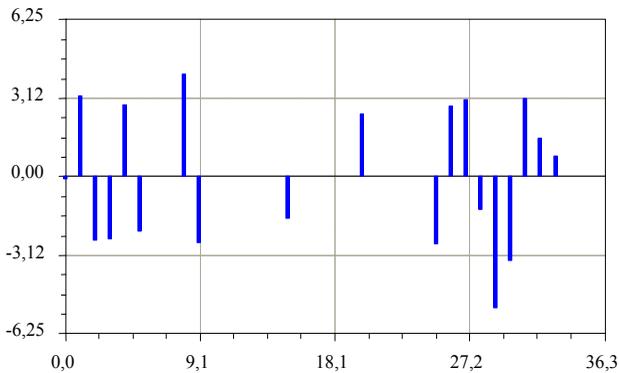


Рис. 10.10. Остатки модели тренда (10.29) с двумя составляющими

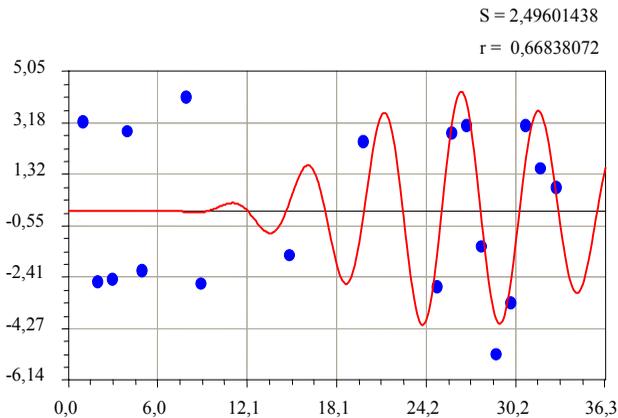


Рис. 10.11. Третья волновая составляющая модели урожайности (ц/га) всех зерновых культур на территории РМЭ

Этот график не затрагивает период до 1985 г., и поэтому в дальнейшем будут дополнительные составляющие, не участвующие в прогнозе. Тогда начало в виде 15-летнего периода можно выбросить из динамического ряда. А начало координат снова перенесем, приняв за условие  $t = 0$  в 1985 г., и затем вернемся к новому динамическому ряду.

Для озимой пшеницы и картофеля примем в дальнейшем это же начало координат по основанию прогноза.

**Все зерновые культуры.** После повторной идентификации модель (10.30) изменилась по знакам некоторых своих параметров. В результате была получена закономерность (рис. 10.12) в виде формулы

$$\bar{y} = 17,0239 \exp(0,046115t^{0,92900}) - 0,0019244t^{4,20260} \exp(-0,041679t^{1,47901}). \quad (10.31)$$

Приближение начала у промежутка основания прогноза к правому краю динамического ряда изменило знаки перед параметрами модели. Первая составляющая стала законом экспоненциального роста вместо закона гибели, а вторая составляющая биотехнического возбуждения стала кризисной, соответствующей циклу социально-экономического системного кризиса России (цикл затяжной и до сих пор не завершился).

Вместе с третьей волновой составляющей модель (рис. 10.13) стала трехчленной формулой вида

$$y = 17,0146 \exp(0,022590t^{0,83941}) - 0,0022107t^{4,19906} \exp(-0,047573t^{1,55162}) + A \cos(\pi t/p_{0,5} + 4,87335), \quad (10.32)$$

$$A = 0,42342t^{3,51001} \exp(-0,76132t^{0,83642}),$$

$$p_{0,5} = 6,61380 - 0,046411t^{1,48874}.$$

Из-за совместной параметрической идентификации всех трех составляющих первые две также изменились. Половина периода изменяется от 6,61380 лет и менее со значительным ускорением. Это означает, что частота кризисного возмущения повышается и может стать опасной для поведения изучаемой системы.

Отсатки, как показывает рой точек на рис. 10.14, позволяют получить еще одну волновую составляющую.

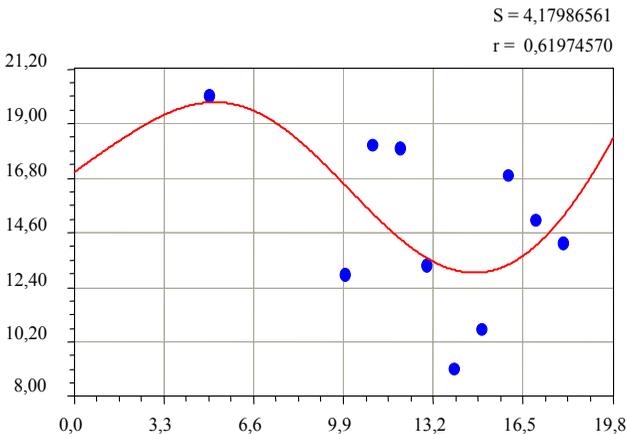


Рис. 10.12. Тренд урожайности (ц/га) всех зерновых культур на территории РМЭ с 1985 г.

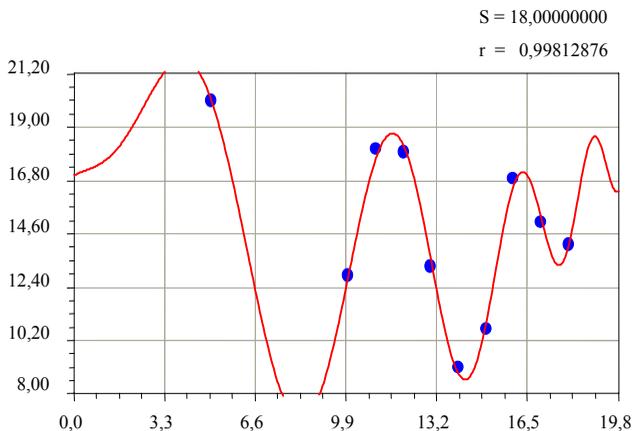


Рис. 10.13. Тренд с третьей волновой составляющей модели урожайности (ц/га) всех зерновых культур на территории РМЭ с 1985 г.

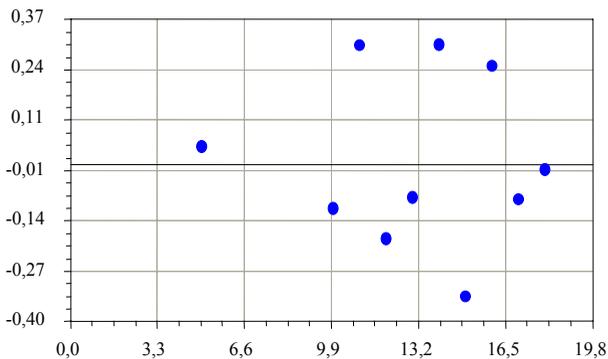


Рис. 10.14. Остатки модели тренда и волновой составляющей (10.32) с тремя составляющими

Четвертая составляющая характеризуется моделью (рис. 10.15) в виде уравнения

$$y_4 = -A \cos(\pi t / p_{0,5} + 2,26120), \quad (10.33)$$

$$A = 1,0392 \cdot 10^{-6} t^{8,17809} \exp(-0,75085t^{0,93453}),$$

$$p_{0,5} = 2,08840 - 0,029681t^{1,01509}.$$

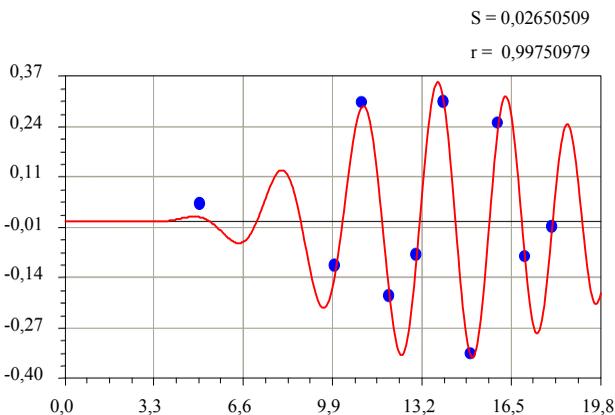


Рис. 10.15. Четвертая волновая составляющая модели урожайности (ц/га) всех зерновых культур на территории РМЭ с 1985 г.

По всем четырем составляющим остатки стали значительно меньше погрешности измерения урожайности зерновых культур (рис. 10.16).

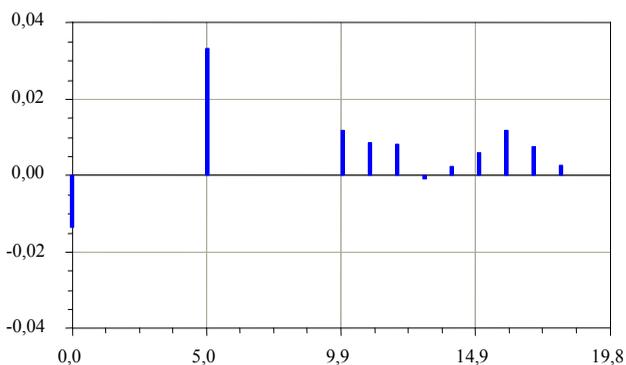


Рис. 10.16. Остатки модели тренда и двух волновых составляющих по уравнениям (10.32) и (10.33)

Максимальная относительная погрешность *прогнозной модели* урожайности всех зерновых культур равна 0,18%, поэтому доверие будет не ниже 99,82%.

В итоге были получены два адаптивных волновых возмущения. Третья составляющая прогнозной модели является позитивной адаптацией, т. е. население РМЭ пыталось в ходе системного российского кризиса сдерживать снижение урожайности всех зерновых культур. Вторая волна (четвер-

тая составляющая) является кризисной адаптацией, т. е. с 1995 г. «процесс пошел», и кризис, т. е. нежелательное изменение, приводящее к худшим условиям жизнедеятельности, нарастал. Хотя кризис по значимости незначителен, и он прекратился с 2008 г.

**Озимая пшеница.** По шкале времени с 1985 г. была получена модель с двумя составляющими (рис. 10.17), из которых вторая является волновой составляющей

$$y = 21,1587 \exp(-0,0022225t^{1,963871}) + A \cos(\pi t/p_{0,5} - 4,21134), \quad (10.34)$$

$$A = 0,00011192t^{6,99087} \exp(-0,54449t),$$

$$p_{0,5} = 0,72458 + 0,044831t.$$

Видно, что точка 1990 г. резко вырывается вверх и образует свою волну, которая ныне уже не действует, так как сельское хозяйство также начинает выходить из системного кризиса. Поэтому эту точку убираем из статистического ряда для формирования прогнозной статистической модели.

Параметрическая идентификация дала модель (рис. 10.18) вида

$$y = 18,6000 \exp(-0,070089t^{0,53790}) + A_1 \cos(\pi t / 2,49543 + 4,26454) - A_2 \cos(\pi / 1,15758 + 3,12568), \quad (10.35)$$

$$A_1 = 1,7007 \cdot 10^{-7} t^{11,39408} \exp(-0,91160t),$$

$$A_2 = 9,5057 \cdot 10^{-12} t^{13,4598} \exp(-0,70642t).$$

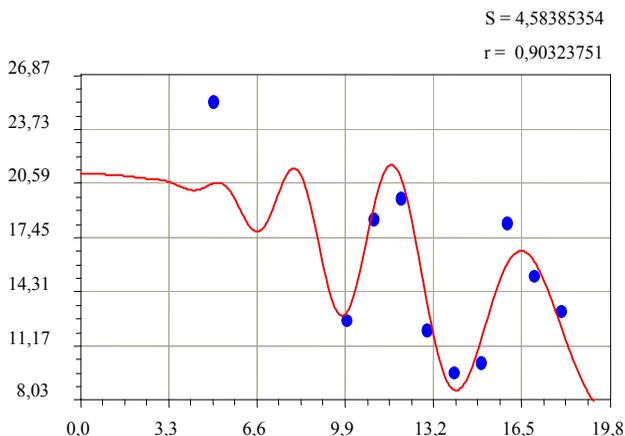


Рис. 10.17. Тренд со второй волновой составляющей модели урожайности (ц/га) озимой пшеницы на территории РМЭ с 1985 г.

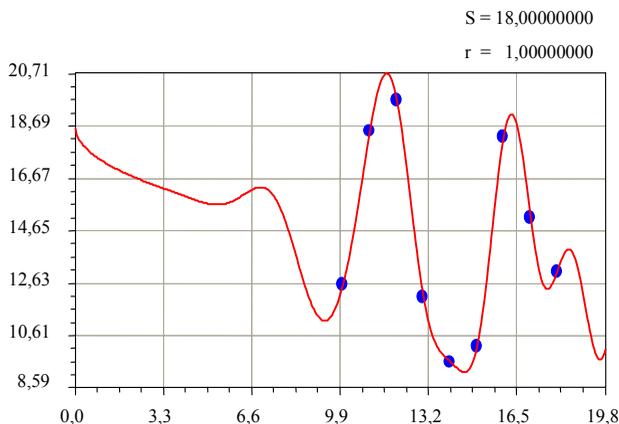


Рис. 10.18. Прогнозная модель урожайности (ц/га) озимой пшеницы РМЭ с 1985 г.

Четыре составляющие определили однозначную прогнозную модель практически с нулевой относительной погрешностью.

**Картофель.** По статистическим данным РМЭ с 1985 г. урожайность этой культуры изменялась (рис. 10.19) по трехчленной формуле

$$y = 95,1708 \exp(-0,039578t^{1,27351}) + 0,27261t^{4,76814} \exp(-0,63245t^{0,89486}) - A \cos(\pi / 1,91526 - 0,55755t), \quad (10.36)$$

$$A = 3,9313 \cdot 10^{-7} t^{13,01574} \exp(-1,21272t).$$

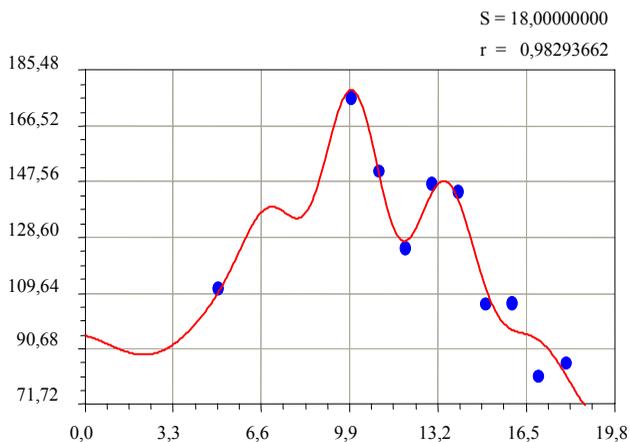


Рис. 10.19. Модель урожайности (ц/га) картофеля с 1985 г. с тремя составляющими

Уравнение по конструкции похоже на модель урожайности всех зерновых культур. При этом заметно сильное позитивное возбуждение населения на системный российский кризис. Картофель для сельских жителей является вторым хлебом, поэтому положительная вторая составляющая вполне объяснима, а третья – является достаточно сильным кризисом.

Из остатков, приведенных на рис. 10.20, видно, что вполне возможна и четвертая составляющая, причем с колебательным возмущением, переходящим на период упреждения прогноза.

После параметрической идентификации биотехнического закона была получена статистическая модель еще одной кризисной волны возмущения (рис. 10.21) в виде четвертой составляющей

$$y_4 = -A \cos(\pi t/p_{0,5} + 3,95608), \quad (10.37)$$

$$A = 0,10139t^{0,57431} \exp(+0,18846t),$$

$$p_{0,5} = 0,84731 + 060060797t^{1,19271}.$$

Эта закономерность на будущее опасна тем, что амплитуда изменяется по закону «двойного роста», когда первая компонента биотехнического закона становится показательной, а вторая – экспоненциальным ростом. В итоге значение показателя до всего горизонта прогноза резко нарастает.

Необходимо срочно выяснять причины такого изменения, чтобы быстрее гасить динамику возмущения урожайности картофеля по четвертой составляющей найденной статистической закономерности.

Остатки приведены на рис. 10.22, из которых видно, что возможна еще одна малозначимая составляющая.

Максимальная относительная погрешность готовой прогнозной статистической модели равна 1,67%.

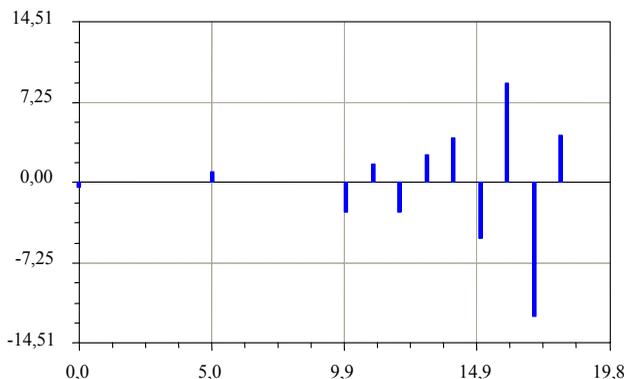


Рис. 10.20. Остатки двухчленного тренда и одной волновой составляющей по уравнению (10.36)

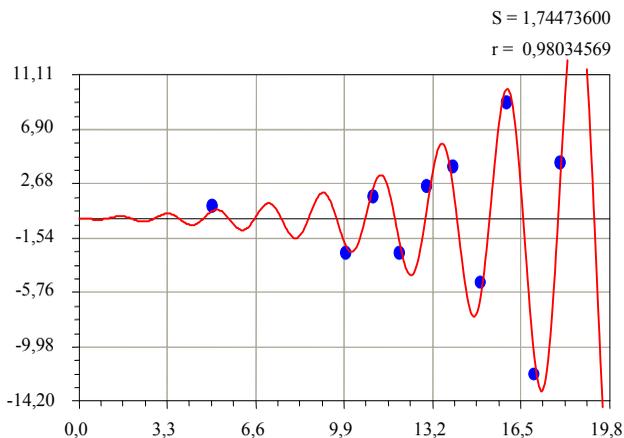


Рис. 10.21. Четвертая волновая составляющая модели урожайности (ц/га) картофеля на территории РМЭ с 1985 г.

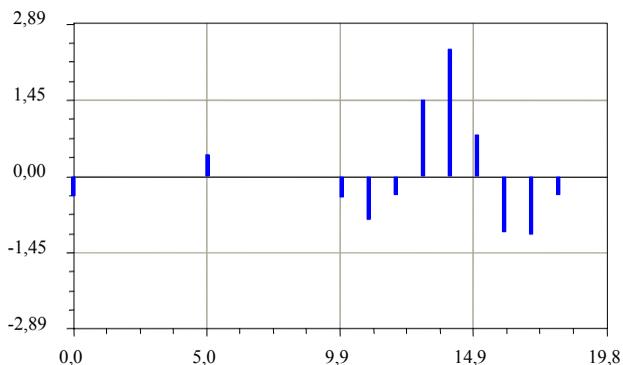


Рис. 10.22. Остатки двухчленного тренда и двух волновых составляющих по уравнениям (10.36) и (10.37)

Пятую составляющую определять не будем из-за того, что ее влияние завершается к концу основания прогноза.

Все три прогнозные модели готовы для составления прогнозов.

## 10.20. Составление прогнозов и сценариев развития

Сценарии роста и развития составляются по результатам прогнозов, в том числе не только параметрических, но и структурных и, что еще важнее,

эвристических прогнозных ситуаций на то или иное время, максимально учитывающих интересы всего населения данной территории.

В связи со сложностью эвристического и структурного этапов методологии составления сценариев в данном обзоре не рассматриваем. Ясно только, что прогнозные модели позволяют определить количественные пределы роста и качественные возможности развития при условии, что в поведении управляющей подсистемы населения почти ничего не изменится (политический, экономический строй, жизненный уклад и др.).

Составление количественных прогнозов на период упреждения до горизонта, равного по длине основанию прогноза, на основе применения статистически сформированных прогнозных моделей подразделяется на две стадии:

а) анализ прогнозных моделей, эвристическая и структурная идентификация возможных актов поведения на будущее системы управления территорией по результатам этого анализа;

б) оценка структурных и концептуальных сдвигов в территориальной системе хозяйства, поведении людского и иного населения, а также экспертное измерение в конструкциях и параметрах отдельных составляющих прогнозных моделей и превращение их в новые формулы поведения в триаде «ландшафт – население – хозяйство».

При выполнении второй стадии должны соблюдаться, по крайней мере, два важных условия:

1) все сдвиги как проектируемые для будущего освоения мероприятия должны приближать территорию к экологическому равновесию, а не удалять от него;

2) экспертное измерение должно проводиться, как это делается во всех цивилизованных странах, по результатам анкетирования людского населения, а не чиновников и специалистов, что и будет действительно *экологической экспертизой* намечаемых на будущее структурных и иных мероприятий и территориальных программ хозяйственных действий.

Далее кратко рассмотрены свойства прогнозных моделей по каждому примеру. При этом не приведены результаты анализа значимости каждой составляющей прогнозных моделей, а также не рассмотрена приспособляемость людского населения к естественному тренду в виде закона экспоненциальной гибели или роста. Такая работа должна быть отдельным этапом аванпроектирования ландшафтов, видового разнообразия населения и территориальных хозяйств людей и животных.

**Все зерновые культуры.** На рис. 10.23 приведены графики урожайности всех зерновых культур на территории РМЭ с 1985 до 2021 г.

Из динамики на рис. 10.23, представленной видно, что первая составляющая нарастает по принципу «неуклонного» роста. Вторая составляющая является кризисной, так как вычитается из первой, но она сойдет с арены будущего времени примерно через 30 лет от начала основания прогноза, т. е. с 2015 г. Третья составляющая сильно меняется в интервале

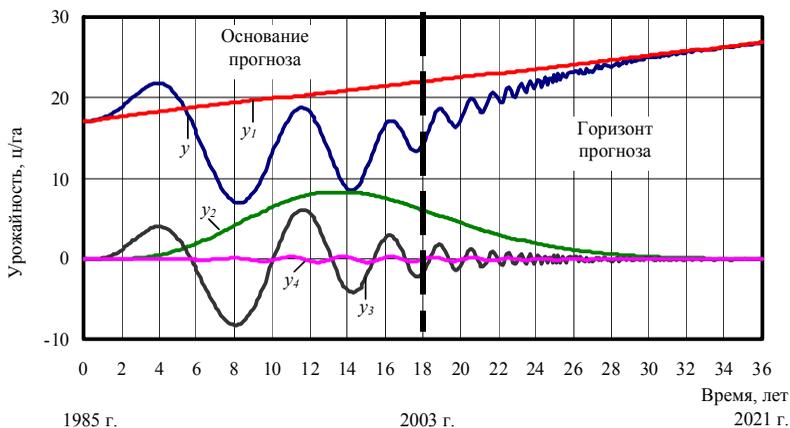


Рис. 10.23. Графики по составляющим модели прогнозной урожайности (ц/га) всех зерновых культур на территории РМЭ с 1985 г.

1988–2010 гг., а потом также уходит из сферы сельского хозяйства РМЭ. Четвертой составляющей практически можно пренебречь.

При реализации осознанных поворотов в сельском хозяйстве с 2015 г. будет действовать только первая составляющая, поэтому в дальнейшем прогноз будет выполняться по формуле

$$y = 17,0239 \exp(0,046115t^{0,92900}). \quad (10.38)$$

Это первый член уравнения (10.31).

Из проведенного анализа статистического ряда данных и синтеза прогнозной закономерности (10.38) в виде устойчивого закона экспоненциального роста следует, что системный кризис экономики дал слишком много дополнительных колебательных возмущений. С поднятием сельского хозяйства они сходят с исторической сцены.

**Озимая пшеница.** Наиболее важная зерновая культура не характерна для территории РМЭ, относящейся к зоне рискованного земледелия. Поэтому с ослаблением внимания к удобрениям и процессам ухода за полями и пашнями под озимую пшеницу, как это видно по первой составляющей закономерности (10.35) на рис. 10.24, происходит «неуклонный» спад урожайности. Здесь тенденция (градиент изменения показателя) по первой составляющей такова, что в будущем спад урожайности уменьшится. Еще раз напомним, что все рассуждения действительны при условии отсутствия каких-либо изменений. Все останется так же в поведении работников сельского хозяйства РМЭ вплоть до 2021 г., как это было во времена основания прогноза.

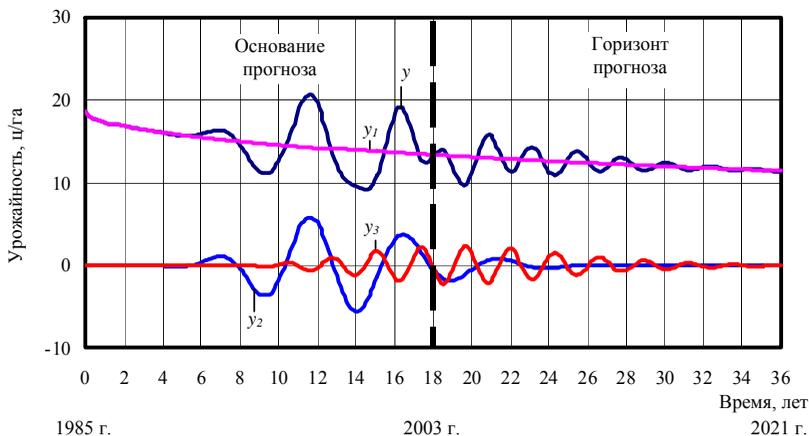


Рис. 10.24. Графики по составляющим модели прогнозной урожайности (ц/га) озимой пшеницы на территории РМЭ с 1985 г.

Примерно с 2020 г. при неизменных внешних условиях дальнейший прогноз определяется уравнением закона гибели

$$y = 18,6000 \exp(-0,070089t^{0,53790}). \quad (10.39)$$

Это означает, что структурные сдвиги в выращивании озимой пшеницы (новые сорта, введение удобрений и новых технологий земледелия и пр.) дадут своеобразные «подпорки» для кривой первой составляющей и поднимут ее по новой закономерности показательного закона. Тогда тренд будет характеризоваться суммой двух устойчивых законов – медленно затухающего закона гибели и быстро нарастающего закона показательного роста.

**Картофель.** Прогнозный горизонт динамики урожайности картофеля на территории РМЭ явно неустойчив, что видно из графиков на рис. 10.25, в особенности по изменению четвертой составляющей.

В связи с этим возможны, по крайней мере, два сценария поведения работников сельского хозяйства РМЭ:

1) если ничего не предпринимать (не делать структурных сдвигов в экономике сельского хозяйства и осознанных поворотов в политике комплексного развития сельских территорий), то мало изменяющаяся волна четвертой составляющей станет причиной сокрушения всей системы картофелеводства РМЭ с 2010 г.;

2) если за трехлетний плановый период 2011–2013 гг. принять комплексную программу территориального развития сельского хозяйства РМЭ, в особенности в картофелеводстве, то есть надежда убрать всю четвертую составляющую с арены динамики урожайности картофеля.

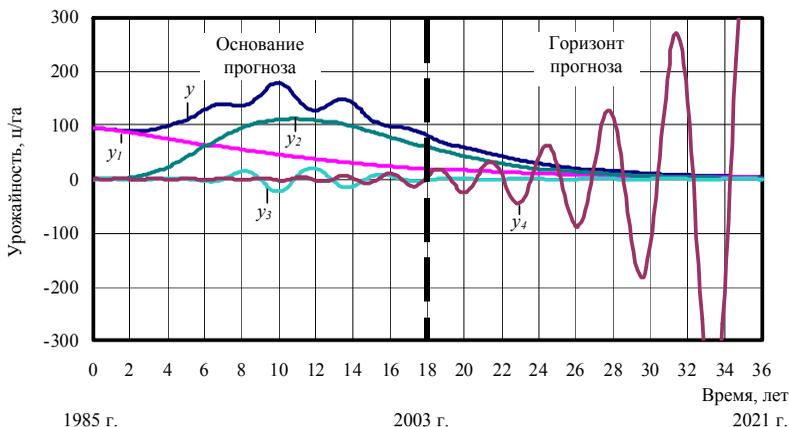


Рис. 10.25. Графики по составляющим модели прогнозной урожайности (ц/га) картофеля на территории РМЭ с 1985 г.

Примерно к 2015 г. все составляющие уравнения (10.36) по своим значениям сведутся к нулю. Даже позитивное стрессовое возбуждение в производстве картофеля, характерное периоду 1988–2012 гг., не помогает изменению ситуации. Поэтому нужен революционный «щелчок» или «прыжок» (по доктрине Грефа) системы картофелеводства РМЭ, чтобы уже с 2008 г. началось зарождение нового тренда по закону экспоненциального роста в виде уравнения

$$y = y_0 \exp(a_1 t^{a_2}). \quad (10.40)$$

С 2004 по 2007 г. произошли определенные изменения, поэтому начальное значение  $y_0$  урожайности можно принять по факту урожайности картофеля 2007 г.

Неизвестные параметры  $a_1$  и  $a_2$  модели (10.40) можно оценивать интервалами численных значений после анализа программных мероприятий, принятых в будущем для возрождения сельских территорий.

Из вышеприведенных примеров видно, что изучение динамики позволяет заглядывать в будущее далеко вперед.

Причем необходимо формировать табличные модели по ежегодным данным урожайности естественного и искусственного растительного покрова без пропусков годовых результатов. Анализ готовых статистических моделей дает возможность обосновать группу таких программных мероприятий, которые не были заметны без учета достижимости территориального экологического равновесия.

Предлагаемый способ может быть применен на различных организационно-управленческих уровнях – от конкретного одного участка земли

(например, одного поля) до сельского хозяйства каждого субъекта и всей Российской Федерации. По динамике урожайности и среднестатистическим тенденциям (посевные площади, сенокосы, пастбища, сады, участки под овощи, ягодники и др.) возможно сопоставление растениеводства на данной территории с данными по урожайности в различных странах и регионах мира.

В итоге дополнение программно-целевого подхода предлагаемым в данном обзоре способом статистического моделирования во времени (динамика значений изучаемых показателей) и в срезах времени (ранжирование и относительные показатели экологического состояния и отклонений от экологического равновесия по растительному покрову на данной территории) позволяет всю систему мер представить в виде двух взаимосвязанных частей:

а) подсистема мер, составленная по принципу устранения недостатков «от достигнутого»;

б) подсистема мер, сформированная по осознанным поворотам в поведении и сознании людей, структурным сдвигам в хозяйстве, расселении людей, животных и растений, природно-техногенных объектов, а также параметрическим «прыжкам вверх» значений изучаемых показателей сельских и городских территорий по доктрине Грефа.

При этом становится ясным, что учет всех четырех уровней экологического равновесия, а также всех составляющих триады Земли «ландшафт + население + хозяйство» позволит в дальнейшем существенно углубить предложенную теорию территориального экологического равновесия.

## 10.21. Выводы

Статистический подход к оценке продуктивности почвы по урожайности культурных растений позволит разрабатывать принципиально новые способы измерения урожайности. А модели динамики урожайности зерновых, кормовых и других культур дадут возможность составления прогнозов и сценариев достижения прогнозных горизонтов на далекое будущее. В итоге предлагаемые способы измерения и методы прогнозирования продуктивности почвы исходят из различных возможностей сельхозпредприятий вносить в почву питательные вещества для достижения исторически гарантированных урожаев культурных растений.

Одновременно предлагаемый статистический подход открывает новые горизонты в исследованиях динамики не только естественных почв, но и почв искусственного происхождения, в будущем создаваемых на неплодородных и громадных по площади территориях. На Земле много участков земель с хорошим климатом для выращивания сельскохозяйственных культур, но на них нет слоя плодородной почвы. А без этого слоя не может существовать растение, тем более окультуренное. Такой заколдованный

круг можно разомкнуть формированием продуктивного верхнего слоя земельных участков, ныне не имеющих слоя почвы.

За земледелием, когда человек научится управлять не только урожайностью культурных растений на имеющихся плодородных почвах, но и возникновением, ростом и развитием самого почвенного слоя, будущее человечества. Новые технологии возделывания почвы позволят, наконец, решить извечную проблему расселения людей: в дальнейшем люди будут создавать города и населенные пункты не на территориях с плодородной почвой, созданной самим растительным покровом, а начнут расселяться на неудобных для ведения сельского хозяйства землях, формируя за короткое время слои плодородных почв биологическими способами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян, А. В. Рациональное использование и охрана водных ресурсов : учеб. пособие / А. В. Авакян, В. М. Широков. – Екатеринбург : Виктор, 1994. – 110 с.
2. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В. И. Филатов [и др.] ; ред. В. И. Филатов. – М. : Колос, 2004. – 724 с.
3. Агрэкология / В. А. Черников [и др.] ; ред. В. А. Черников, А. И. Чекерес. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
4. Айдаров, Н. П. Природообустройство – основа устойчивого функционирования экосистем // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. I. – М. : МГУП, 2006. – С. 3–17.
5. Алексеенко, Л. Н. Продуктивность луговых растений в зависимости от условий среды. – Л., 1867. – 168 с.
6. Алтунин, Д. А. Улучшение и рациональное использование пойменных лугов России / Д. А. Алтунин [и др.]. – М. : Россельхозиздат, 1987. – 150 с.
7. Андреев, Н. Г. Луговое хозяйство. – М. : Сельхозгиз, 1961. – 568 с.
8. Андреев, Н. Г. Луговое и полевое кормопроизводство. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Агропромиздат, 1989. – 540 с.
9. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М., 1970. – 491 с.
10. Базилевич, Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М. : Наука, 1993. – 293 с.
11. Банников, А. Г. Основы экологии и охрана окружающей среды / А. Г. Банников, А. А. Вакулин, А. К. Рустамов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1999. – 304 с.
12. Бейдеман, И. Н. Методика фенологических наблюдений при геоботанических исследованиях. – М.-Л., 1965. – 131 с.
13. Бейдеман, И. Н. Изучение фенологии растений // Полевая геоботаника. – Л., 1960. – Т. 2. – С. 333–366.
14. Беличенко, Ю. П. Рациональное использование водных ресурсов : учеб. пособие / Ю. П. Беличенко, В. Г. Березюк, О. Б. Дубровина, Н. В. Микшевич. – Свердловск, 1990. – 176 с.
15. Бигон, М. Экология / М. Бигон, Д. Харпер, К. Таунсенд. – М., 1989. – Т. 1. – 668 с.
16. Бондарик, Г. К. Полевые методы инженерно-геологических исследований / Г. К. Бондарик, И. С. Комаров, В. И. Ферронский. – М. : Недра, 1967. – 374 с.
17. Борисова, И. В. Сезонная динамика растительного сообщества // Полевая геоботаника. – Л., 1972. – Т. 4. – С. 5–94.

18. Важнов, А. Н. Гидрология рек : учеб. для студентов спец. «География». – М. : МГУ, 1976. – 339 с.
19. Васильева, Д. П. Ландшафтная география Марийской АССР. – Йошкар-Ола : Маркнигоиздат, 1999. – 133 с.
20. Васильева С. И. О ландшафтно-инженерных работах на разрушенных оврагами землях // Материалы 54-й межвузовской студенческой научно-технической конференции (г. Йошкар-Ола, 16–26 апр. 2001 г.). – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001. – С. 177–178.
21. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М. : Колос, 1973. – 200 с.
22. Вильямс, В. Р. Естественнаучные основы луговодства, или луговедение. Общее земледелие. – М., 1922. – Ч. 2. – 298 с.
23. Водный обмен растений и их продуктивность : сб. ст. – М. : Наука, 1968. – 292 с.
24. Водный режим сельскохозяйственных растений : сб. ст. – М. : Наука, 1969. – 415 с.
25. Воронцов, А. П. Рациональное природопользование: учеб. пособие. – М. : ЭКМОС, 2000. – 304 с.
26. Воскресенская, О. Л. Большой практикум по биоэкологии : учеб. пособие / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – Ч. 1. – 107 с.
27. Геофизика и антропогенные изменения ландшафтов Чукотки / И. В. Игнатенко [и др.]. – М. : Наука, 1986. – 271 с.
28. Голованов, А. И. Основы природообустройства : учеб. / А. И. Голованов [и др.]. – М. : Колос, 2001. – 264 с.
29. Голованов, А. И. Природно-техногенные комплексы природообустройства : учеб. пособие / А. И. Голованов, И. В. Корнеев. – М. : МГУП, 2004. – 74 с.
30. Голубев, В. Н. К методике определения абсолютной продуктивности надземной части травяного покрова луговой степи // Ботан. журн. – 1963. – Т. 48, № 9. – С. 1338–1345.
31. Голубев, Г. Н. Геоэкология. – М. : ГЕОС, 1999. – 338 с.
32. Горошков, И. Ф. Гидрологические расчеты : учеб. пособие. – Л. : Гидрометеоздат, 1979. – 431 с.
33. Горчаковский, П. Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов. – Екатеринбург, 1999. – 156 с.
34. Гурова, Т. А. Оценка природных кормовых угодий пойм реки Оки и Угры в целях рационального использования // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы междунар. науч.-практ. конф. – М. : МГУП, 2006. – Ч. 1. – С. 69–75.
35. Дажо, В. Основы экологии : пер. с фр. – М. : Прогресс, 1975. – 416 с.
36. Даль, В. И. Толковый словарь русского языка. Современная версия. – М. : Эксмо, 2006. – 736 с.
37. Данилов, М. Д. Растительность Марийской АССР. – Йошкар-Ола : Маркнигиздат, 1962. – 378 с.
38. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2000. – 414 с.
39. Демаков, Ю. П. Защита растений: жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – 221 с.
40. Демаков, Ю. П. Социально-экологическая безопасность государства: санитарно-эпидемиологический аспект : учеб. пособие / Ю. П. Демаков, Н. Н. Гаврицкова. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2005. – 138 с.

41. Денисов, А. К. Защитно-водоохранная роль прирусловых лесов и принципы хозяйства в них. – М. : Гослесбумиздат, 1963. – 140 с.
42. Денисов, С. А. Влияние леса на газовый состав, чистоту и гигиеничность атмосферы : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГУ, 1982. – 48 с.
43. Денисов, С. А. Лесоведение: гидрологическая роль леса : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 42 с.
44. Денисов, С. А. Практикум по лесоведению : учеб. пособие / С. А. Денисов, В. А. Закамский, Ю. Г. Мальков. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – 124 с.
45. Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Ч. 2. Методические разработки для студентов биологических специальностей. – М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1983. – 96 с.
46. Дмитриев, А. М. Луговодство с основами луговедения. – М., 1948. – 408 с.
47. Докучаев, В. В. Избранные сочинения. – М., 1954. – 680 с.
48. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
49. Евдокимова, Т. И. Роль травяной растительности в почвообразовательном процессе в условиях поймы р. Москвы / Т. И. Евдокимова, Л. А. Рудина // Почвоведение. – 1958. – № 9. – С. 80–87.
50. Евсеева, Н. С. Эколого-геохимические аспекты эрозии почв Томь-Яйского междуречья (Западная Сибирь) / Н. С. Евсеева, З. Н. Квасникова // География и природные ресурсы. – Иркутск, 2006. – С. 52–57.
51. Елиашевич, И. В. Мелиорация и продуктивность пойменных лугов. – Минск : Наука и техника, 1986. – 214 с.
52. Емельянов, А. Г. Основы природопользования : учеб. – М. : Академия, 2004. – 304 с.
53. Емельянов, Л. Г. Влагообеспечение растений на торфяной почве (физиологические аспекты). – Минск : Наука и техника, 1980. – 224 с.
54. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова, И. К. Мурри. – Л., 1972. – 456 с.
55. Железняков, Г. В. Инженерная гидрология и регулирование стока : учеб. / Г. В. Железняков, Е. Е. Овчаров. – М. : Колос, 1993. – 464 с.
56. Жирмунский, А. В. Критические уровни в развитии природных систем / А. В. Жирмунский, В. И. Кузьмин. – Л. : Наука. 1990. – 223 с.
57. Загайтов, И. Б. Прогноз колебаний природных условий сельскохозяйственного производства и всемирная статистика урожаев / И. Б. Загайтов, Л. С. Воробьева. – Воронеж, 1998. – 215 с.
58. Земельный кодекс Российской Федерации. – М. : Юнити-Дана, Закон и право, 2002. – 126 с.
59. Иванов, А. А. Экологическая оценка водосборов малых рек (на примере Республики Марий Эл) / А. А. Иванов, П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2007. – 108 с.
60. Избранные труды Г. Ф. Морозова : учеб. изд. / сост. М. Д. Мерзленко. – 2-е изд., доп. – М. : МГУЛ, 2004. – 168 с.
61. Изразль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. – 2-е изд., доп. – М. : Гидрометеониздат, 1984. – 560 с.
62. Инструкция для зональных агрохимических лабораторий по анализу кормов и растений. – М., 1968. – 56 с.
63. Калужская, В. М. Руководство по зольному анализу растений. – М., 1959. – 58 с.

64. Карасев, В. Н. Физиология растений : метод. указания к лабораторным работам / В. Н. Карасев, О. С. Соловьева. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 68 с.
65. Карасев, В. Н. Физиология растений : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001. – 299 с.
66. Карасев, В. Н. Физиология растений с основами биохимии : метод. указания к лабораторным работам / В. Н. Карасев, О. С. Соловьева. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 105 с.
67. Карасева, М. А. Эколого-физиологические и агротехнические основы выращивания культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в Среднем Поволжье. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2003. – 346 с.
68. Каштанов, А. Н. Оптимизация соотношения луга, леса и пашни на осушаемых землях / А. Н. Каштанов, Н. Г. Ковалев, Д. А. Иванов // Мелиорация и вод. хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 15–18.
69. Кереев, К. Н. Биологические основы растениеводства : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1982. – 408 с.
70. Кириллова, В. П. Биолого-морфологические исследования некоторых видов луговых растений при изучении их биологической продуктивности // Ботан. журн. – 1973. – Т. 58, № 1. – С. 78–89.
71. Клюкач, В. Экономическая наука АПК: анализ и итоги // АПК: экономика. управление. – 2007. – № 3. – С. 7–11.
72. Комментарий к закону о государственном земельном кадастре / ред. Е. А. Галиновская. – 2-е изд., стер. – М. : Юстицинформ, 2003. – 160 с.
73. Константинов, Н. М. Гидрология и гидрометрия : учеб. пособие. – М. : Высш. шк., 1980. – 199 с.
74. Коробкин, В. И. Экология : учеб. / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов н/Д : Феникс, 2001. – 576 с.
75. Кормопроизводство с основами земледелия / Н. Г. Андреев [и др.] ; ред. Н. Г. Андреев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1991. – 559 с.
76. Корякина, В. Ф. Особенности роста и развития многолетних кормовых растений. – М.-Л., 1964. – 288 с.
77. Костина, В. Ф. Повышение урожайности и качества продукции кормовых угодий. – М. : Россельхозиздат, 1987. – 80 с.
78. Кружилин, А. С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур. – М. : Колос, 1977. – 304 с.
79. Кучеров, И. Б. О принципе дополнительности в геоботанике. Методологические предпосылки возникновения комплементарных подходов к изучению растительности // Журн. общ. биологии. – 1995. – Т. 56, № 4. – С. 486–505.
80. Ларин, И. В. Избранные труды. – М. : Колос, 1978. – 432 с.
81. Лархер, В. Экология растений. – М. : Мир, 1978. – 384 с.
82. Луговые травянистые растения. Биология и охрана : справ. / И. А. Губанов, К. В. Киселев, В. С. Новиков, В. А. Тихомиров. – М. : Агропромиздат, 1990. – 183 с.
83. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии : учеб. / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
84. Мазур, И. И. Шанс на выживание: экология и научно-технический прогресс / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М. : Наука, 1992. – 100 с.
85. Мазуркин, П. М. Биотехническое проектирование : справ.-метод. пособие. – Йошкар-Ола : МарПИ, 1994. – 348 с.
86. Мазуркин, П. М. Геоэкология: закономерности современного естествознания. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 336 с.

87. Мазуркин, П. М. Закономерности загрязнения природы / П. М. Мазуркин, Е. А. Щербакова. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – 62 с.
88. Мазуркин, П. М. Закономерности кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий (на примере Республики Марий Эл) / П. М. Мазуркин, Г. Н. Ильменев, Ф. Н. Салахутдинов. – Йошкар-Ола, 2002. – 66 с.
89. Мазуркин, П. М. Закономерности распределения земельного фонда (на примере Республики Марий Эл) / П. М. Мазуркин, А. Н. Фадеев. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 127 с.
90. Мазуркин, П. М. Закономерности устойчивого развития. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – 302 с.
91. Мазуркин П. М. Лесоаграрная Россия и мировая динамика лесопользования. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2007. – 334 с.
92. Мазуркин, П. М. Идентификация функционирования природоохозяйственных систем ; Марийск. политех. ин-т. – М., 1989. – 335 с. – Деп. в ВНИПИЭИлес-пром, № 2536-л689.
93. Мазуркин, П. М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей : учеб. пособие / П. М. Мазуркин, А. С. Филонов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 292 с.
94. Мазуркин, П. М. Основы научных исследований : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 412 с.
95. Мазуркин, П. М. Статистическая модель периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 152 с.
96. Мазуркин, П. М. Лесистость и распаханность территории / П. М. Мазуркин, С. И. Васильева // Вестн. БГТУ. – 2004. – № 8, ч. V. – С. 83–85. – (Экология: образование, наука, промышленность и здоровье : материалы II междунар. науч.-практ. конф.).
97. Мазуркин, П. М. Распределение индекса уровня жизни (по субъектам Российской Федерации). – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 56 с.
98. Мазуркин, П. М. Распределение площади эродированных земель / П. М. Мазуркин, С. И. Васильева // Экология – образование, наука и промышленность : сб. докл. междунар. науч.-метод. конф. – Белгород : БелГТАСМ, 2002. – Ч. 2. – С. 241–246.
99. Мазуркин, П. М. Рациональное природопользование : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 1. Экологически ответственное землепользование / П. М. Мазуркин, С. Е. Анисимов, С. И. Михайлова ; ред. П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 176 с.
100. Мазуркин, П. М. Рациональное природопользование : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 2. Экологически ответственное водопользование / П. М. Мазуркин, С. Е. Анисимов, С. И. Михайлова ; ред. П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 216 с.
101. Мазуркин, П. М. Рациональное природопользование : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 3. Экологически ответственное лесопользование / П. М. Мазуркин, С. Е. Анисимов, С. И. Михайлова ; ред. П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 359 с.
102. Мазуркин, П. М. Статистическая гидрология : учеб. пособие / П. М. Мазуркин, В. И. Зверев, А. И. Толстухин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – 274 с.
103. Мазуркин, П. М. Статистическая экология : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 308 с.
104. Мазуркин, П. М. Статистическое моделирование. Эвристико-математический подход. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001. – 100 с.

105. Мазуркин, П. М. Теоретические подходы к рационализации природопользования / П. М. Мазуркин, С. И. Михайлова // Наука в условиях современности. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – С. 276–282.
106. Мазуркин, П. М. Фундаментальные закономерности для обоснования систем мероприятий рационального природопользования / П. М. Мазуркин, С. И. Михайлова, Е. Н. Попова // Современные проблемы естественнонаучного образования : материалы межвуз. метод. конф. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2005. – С. 54–59.
107. Мазуркин, П. М. Экологический мониторинг (Способы испытания деревьев) : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 224 с.
108. Макаревич, В. Н. О применении метода Раункиера при изучении луговых сообществ // Ботан. журн. – 1964. – Т. 49, № 1. – С. 93–99.
109. Макаревич, В. Н. Применение метода Чекановского при изучении динамики флористического состава лугового сообщества // Ботан. журн. – 1967. – Т. 52, № 11. – С. 1630–1639.
110. Макаревич, В. Н. О методике изучения продуктивности надземной массы мелкозлаково-разнотравного луга // Проблемы ботаники. – 1969. – Вып. 11. – С. 183–189.
111. Макаревич, В. Н. Некоторые результаты круглогодичных исследований первичной биологической продуктивности луговых растительных сообществ // Ботан. журн. – 1971. – Т. 56, № 1. – С. 48–61.
112. Малина Я. Природные катастрофы и пришельцы из космоса / Я. Малина, Р. Малинова. – М. : Прогресс, 1993. – 352 с.
113. Марков, М. В. Агрофитоценология: наука о полевых растительных сообществах. – Казань, 1972. – 269 с.
114. Мелкумов, Я. С. Экономическая оценка эффективности инвестиций. – М., 1997. – 160 с.
115. Менделеев, Д. И. Границ познанию предвидеть невозможно. – М. : Сов. Россия, 1991. – 592 с.
116. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. – М. : ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.
117. Методические рекомендации по внутривозрастной оценке земель / В. А. Руди, В. А. Махт, В. С. Миселев, Государственный институт земельных ресурсов ; М. С. Бражников, Омский агропромышленный комитет ; В. В. Алакоз, В. Н. Никонов, С. Г. Миродниченко, С. А. Липовецкий, С. М. Яковенко, Всероссийское производственное объединение «Росземпроект» ; А. К. Оглезнев, институт «Центргипрозем» ; Э. А. Гельвиг, Ю. К. Солодков, Омский филиал Запсибгипрозем.
118. Михайлова, С. И. Закономерность перехода категорий эрозии почв / С. И. Михайлова, П. М. Мазуркин // Защита и обустройство природной среды : сб. ст. школьников и студентов, бакалавров и магистров, аспирантов и молодых ученых. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2005. – С. 87.
119. Михайлова, С. И. Особенности эрозии растительного покрова и почвы // Наука в условиях современности. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – С. 282–287.
120. Михайлова, С. И. Рациональное землепользование в Кировской области / С. И. Михайлова, П. М. Мазуркин // Защита и обустройство природной среды : сб. ст. школьников и студентов, бакалавров и магистров, аспирантов и молодых ученых. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2005. – С. 70–73.
121. Мосолов, В. П. Сочинения. В 5 т. Т. 3. Многолетние травы и агротехнические основы севооборотов. – М. : Госсельхозиздат, 1953. – 536 с.

122. Найденко, В. В. Научные основы бассейнового принципа решения проблем устойчивого развития крупных регионов (на примере Волжского бассейна) // Генеральные доклады по проблемам экологического оздоровления великих рек мира. – Нижний Новгород, 1999. – Т. 1. – С. 113–134.
123. Непомнящий, Н. Н. Великая книга пророков. Кн. 2. Заглянувшие в будущее. – М. : ОЛМА-ПРЕСС Образование, 2005. – 320 с.
124. Никитин, Е. Д. Шагреновая кожа Земли. Биосфера – почва – человек / Е. Д. Никитин, Э. В. Гирусов. – М. : Наука, 1993. – 111 с.
125. Ниценко, А. А. К вопросу о влиянии осушительных канав на луговую растительность (по наблюдениям на Карельском перешейке) // Учен. зап. Ленингр. ун-та. Сер. Биологическая. – 1954. – № 67, вып. 34. – С. 48–63.
126. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек. – М. : Гранд, 2000. – 190 с.
127. Новое в улучшении и использовании сенокосов и пастбищ : материалы 8-го Междунар. лугопастбищ. конгр. – М., 1963. – 552 с.
128. Новоселов, С. И. Влияние доз азотных удобрений на биологическую активность дерново-подзолистой почвы / С. И. Новоселов, Т. Х. Гордеева, Ю. К. Зыкова // Физико-химические методы исследования структуры и динамики молекулярных систем : материалы Всерос. совещ. 27 июня – 2 июля 1994 г. – Йошкар-Ола : МарПИ, 1994. – С. 76–79.
129. Овчаров, Е. Е. Практикум по инженерной гидрологии и регулированию стока : учеб. пособие / Е. Е. Овчаров [и др.]. – М. : Колос, 1996. – 224 с.
130. Одум, Ю. Основы экологии. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
131. Одум, Ю. Экология. В 2 т. Т. 1. – М. : Мир, 1986. — 328 с.
132. Орлов, А. Я. Влияние избытка влаги и других почвенных факторов на корневые системы и продуктивности еловых лесов южной тайги // Влияние избыточного увлажнения почв на продуктивность лесов. – М., 1966. – С. 5–56.
133. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды : учеб. пособие для инженера-эколога / ред. А. Ф. Порядин, А. Д. Хованский. – М., 1996. – 350 с.
134. Пат. 2293290 Российская Федерация, МПК G 01 C 13/00 (2006.01). Способ измерения площади водосбора реки по длине и падению притоков / П. М. Мазуркин, А. А. Иванов, С. И. Михайлова, Л. О. Волкова (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. тех. ун-т. – № 2005101055/28 ; заявл. 18.01.2005 ; опубл. 10.02.2007, Бюл. № 4.
135. Петров, К. М. Геоэкология: основы природопользования. – СПб., 1994. – 216 с.
136. Полевой, В. В. Физиология растений : учеб. – М. : Высш. шк., 1989. – 464 с.
137. Полевой экологический практикум : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2000. – Ч. 1 – 112 с.
138. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР) / О. Е. Смирнова [и др.]. – Пушкино, 1990. – 92 с.
139. Потапов, В. Я. Углеводы и лигнин в кормовых травах Якутии. – М. : Наука, 1967. – 174 с.
140. Почвы и первичная биологическая продуктивность пойм рек Центральной России / И. Т. Кузьменко [и др.]. – М. : Наука, 1977. – 148 с.
141. Природа, хозяйство, экология Кировской области : сб. ст. / отв. ред. В. И. Колчанов, А. М. Прокашев. – Киров, 1996. – 592 с.
142. Природоохранные нормы и правила проектирования : справ. / ред. Ю. Л. Максименко, В. А. Глухарев. – М. : Стройиздат, 1990. – 527 с.

143. Природопользование : учеб. / ред. Э. А. Арустамов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2000. – 284 с.
144. Продуктивность луговых сообществ. – Л. : Наука, 1978. – 287 с.
145. Проектирование и создание систем противозерозионных и водоохранных мероприятий на водосборах (рекомендации) / Н. П. Калинин, А. П. Никитин, И. Г. Зыков, Н. Н. Приходько. – М. : Агропромиздат, 1990. – 32 с.
146. Работнов, Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. – 1950. – Вып. 6. – С. 7–204.
147. Работнов, Т. А. Изучение травянистых биоценозов // Программа и методика биогеоценологических исследований. – М., 1966. – С. 209–312.
148. Работнов, Т. А. Луговедение. – М., 1974. – 384 с.
149. Радченко, С. И. Температурные градиенты среды и растения. – М.-Л., 1966. – 389 с.
150. Раменская, М. Л. Луговая растительность Карелии. – Петрозаводск, 1958. – 400 с.
151. Растениеводство / Г. В. Коренев [и др.] ; ред. Г. В. Коренев. – М. : Колос, 1999. – 368 с.
152. Рациональное использование водных ресурсов : учеб. / С. В. Яковлев, И. В. Прозоров, Е. Н. Иванов, И. Г. Губий. – М. : Высш. шк., 1991. – 400 с.
153. Ревелль, П. Среда нашего обитания. В 4 кн. Кн. 1. Народонаселение и пищевые ресурсы / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М. : Мир, 1994. – 340 с.
154. Реймерс, Н. Ф. Природопользование : слов.-справ. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
155. Реймерс, Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М. : Россия молодая, 1994. – 367 с.
156. Ремезов, Н. П. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР / Н. П. Ремезов, Л. М. Быкова, К. М. Смирнова. – М., 1959. – 284 с.
157. Ремезов, Н. П. Методические указания к изучению биологического круговорота зольных веществ и азота наземных растительных сообществ в основных природных зонах умеренного пояса / Н. П. Ремезов, Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич // Ботан. журн. – 1963. – Т. 48, № 6. – С. 869–877.
158. Республика Марий Эл : стат. ежегодник. – Йошкар-Ола : ФСГС, 2004. – Ч. 1. – 342 с.
159. Родин, Л. Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л. Е. Родин, Н. П. Ремезов, Н. И. Базилевич. – Л., 1968. – 143 с.
160. Родин, Л. Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара / Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич. – М.-Л. : Наука, 1965. – 254 с.
161. Розенберг, Г. С. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов) / Г. С. Розенберг, В. К. Шитиков, П. М. Брусиловский. – Тольятти, 1994. – 182 с.
162. Румянцев, И. С. Влияние травянистых растений на гидравлические сопротивления потока / И. С. Румянцев, Н. К. Догембаева // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – М. : МГУП, 2006. – Ч. I. – С. 492–494.
163. Румянцев, И. С. Природоприближенное восстановление и эксплуатация водных объектов / И. С. Румянцев, Р. С. Чалов, Р. Кромер, Ф. Нестманн. – М. : МГУП, 2001. – 286 с.

164. Салаяев, Р. К. Полевой метод изучения живых и мертвых растительных тканей // Ботан. журн. – 1967. – Т. 52, № 9. – С. 1321–1324.
165. Сапцин, В. П. Восстановление рек и водоемов : учеб. пособие / В. П. Сапцин, У. В. Сапцина. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 60 с.
166. Сапцин, В. П. Гидротехнические сооружения комплексного и отраслевого назначения : лаборатор. практикум / В. П. Сапцин, А. В. Парфенов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006. – 50 с.
167. Семин, В. А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды : учеб. пособие. – М. : Высш. шк., 2001. – 320 с.
168. Серебряков, И. Г. О ритме сезонного развития растений подмосковных лесов // Вестн. Моск. ун-та. – 1947. – № 6. – С. 75–108.
169. Серебряков, И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М., 1952. – 391 с.
170. Серебряков, Т. И. Побегообразование и ритм сезонного развития растений заливных лугов Средней Оки // Учен. зап. Моск. пед. ин-та им. В. И. Ленина. – 1956. – Т. 97, вып. 3. – С. 45–120.
171. Серебрякова, Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. – М., 1971. – 359 с.
172. Синицина, Н. И. Агроклиматология / Н. И. Синицина, И. А. Гольцберг, Э. А. Струнников. – Л., 1973. – 344 с.
173. Сиротенко, О. Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л. : Гидрометеоиздат, 1981. – 168 с.
174. Сказкин, Ф. Д. Практикум по физиологии растений / Ф. Д. Сказкин, Е. И. Ловчинская, М. С. Миллер, В. В. Аникеев. – М., 1958. – 339 с.
175. Скоблин, Г. С. Луговое и полевое кормопроизводство / Г. С. Скоблин, В. И. Скоблина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропроиздат, 1988. – 271 с.
176. Смелов, С. П. Биологические основы луговодства. – М., 1947. – 232 с.
177. Смелов, С. П. Теоретические основы луговодства. – М., 1966. – 365 с.
178. Современный толковый словарь русского языка / ред. С. А. Кузнецов. – М. : Ридерз Дайджест, 2004. – 960 с.
179. Солдатова, В. А. Динамика твердых отходов / В. А. Солдатова, П. М. Мазуркин. – Чебоксары, 2006. – 257 с.
180. Сочава, В. Б. Опыт учета полной продуктивности надземной части травяного покрова / В. Б. Сочава, В. В. Липатова, А. А. Горшкова // Ботан. журн. – 1962. – Т. 47, № 4. – С. 473–484.
181. Справочник по сенокосам и пастбищам. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 335 с.
182. Степановских, А. С. Прикладная экология: охрана окружающей среды : учеб. – М. : Юнити-Дана, 2005. – 751 с.
183. Сукачев, В. Н. Развитие растительности как элемента географической среды в соотношении с развитием растительного сообщества // Географическая среда в лесном производстве. – Л., 1940. – С. 54–62.
184. Татаринова, Н. К. Методика изучения длительности жизни корней у луговых злаков // Ботан. журн. – 1964. – Т. 49, № 5. – С. 678–681.
185. Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование / ред. Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 404 с.
186. Терентьев, П. В. К истории биометрии // Методы современной биометрии. – М., 1978. – С. 5–22.

187. Территориальная организация природопользования / Т. Г. Рунова, И. Н. Волкова, Т. Г. Нефедова. – М. : Наука, 1993. – 208 с.
188. Технические указания по государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий в субъекте Российской Федерации. – М. : Госкомзем России, 2000. – 45 с.
189. Тимашев, И. Е. Ландшафтный прогнозный анализ при разработке региональных водохозяйственных систем (методологический подход) // Рациональное использование водных ресурсов. – Наука, 1988. – Вып. 12. – 224 с.
190. Тимофеев, А. Ф. Мелиорация сельскохозяйственных земель. – М. : Колос, 1982. – 240 с.
191. Тюльдюков, В. А. Теория и практика луговодства. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 223 с.
192. Улучшение и рациональное использование пойменных лугов России. – М. : Россельхозиздат, 1987. – 149 с.
193. Уранов, А. А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд-ние биологов. – 1960. – Т. 65, вып. 3. – С. 77–92.
194. Уфимцева, М. Д. Фитоиндикация экологического состояния урбоэкосистем Санкт-Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. – СПб. : Наука, 2005. – 339 с.
195. Фадеев, А. Н. Земельный кадастр (ведение, учет и оценка земель) : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 224 с.
196. Фадеев, А. Н. Моделирование биотехнических явлений : учеб. пособие. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – 51 с.
197. Федоров, А. К. Биология многолетних трав. – М. : Колос, 1968. – 176 с.
198. Федоров, В. Д. Экология / В. Д. Федоров, Т. Г. Гильманов. – М., 1980. – 464 с.
199. Федоров, В. М. Биосфера – земледелие – человечество. – М. : Агропромиздат, 1990. – 239 с.
200. Физиология сельскохозяйственных растений. В 12 т. Т. 3. Физиология водобмена растений. Устойчивость растительных организмов. Природа иммунитета / отв. ред. Б. А. Рубин. – М., 1967. – 412 с.
201. Физиология сельскохозяйственных растений. В 12 т. Т. 6. Зернобобовые растения. Многолетние травы. Хлебные злаки (рожь, ячмень, овес, просо) и гречиха / отв. ред. Н. С. Туркова. – М., 1970. – 654 с.
202. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н. Третьяков [и др.] ; ред. Н. Н. Третьяков. – М. : Колос, 1999. – 640 с.
203. Филиппов, Л. А. Водный режим растений: диагностика полива. – Новосибирск : Наука, 1962. – 153 с.
204. Чернова, Н. М. Экология : учеб. пособие / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М. : Просвещение, 1981. – 255 с.
205. Чернышенко, О. В. Экофизиологические аспекты водного обмена растущего дерева // Лесн. вестн. – 1998. – № 1. – С. 116–120.
206. Чистякова, С. Б. Охрана окружающей среды : учеб. – М. : Стройиздат, 1988. – 272 с.
207. Чогдон, Ж. Обводнение пастбищ. На примере Монгольской народной республики. – М. : Колос, 1980. – 256 с.
208. Шамсутдинов, З. Ш. Галофиты России, их экологическая оценка и использование / З. Ш. Шамсутдинов, И. В. Савченко, И. З. Шамсутдинов. – М. : РАСХН, 2000. – 399 с.

209. Шарашова, В. С. Устойчивость пастбищных экосистем. – М. : Агропромиздат, 1989. – 240 с.
210. Шенников, А. П. Луговоедение. – Л., 1941. – 510 с.
211. Шенников, А. П. Введение в геоботанику. – Л., 1964. – 447 с.
212. Шестопал, О. С. Гидрология и гидрометрия рек : учеб. для техникумов. – М. : М-во речн. флота СССР, 1946. – 247 с.
213. Шорин, В. М. Земельные ресурсы и их качественная оценка : учеб. пособие. / В. М. Шорин [и др.] ; ред. В. М. Шорин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2005. – 272 с.
214. Шульц, Г. Э. Вопросы методики и организации фитофенологических наблюдений // Методы физиологических наблюдений при ботанических исследованиях. – М.-Л., 1966. – С. 5–23.
215. Экологические проблемы эрозии почв и русловых процессов / ред. Р. Ч. Чалов. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 198 с.
216. Экология : учеб. для техн. вузов / Л. И. Цветкова [и др.]. – СПб., 1999. – 552 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Мазуркин Петр Матвеевич – заведующий кафедрой «Природообустройство» Марийского государственного технического университета, факультет природообустройства и водных ресурсов, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, тел. 8-8362-68-60-11, 68-60-74, e-mail: kaf\_po@mail.ru
- Михайлова Светлана Ивановна – соискатель, доцент кафедры природообустройства

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ.....	5
1.1. Понятие экологического равновесия .....	5
1.2. Неравновесное состояние природы .....	9
1.3. Неравновесные процессы .....	12
1.4. Статистический подход к неравновесным процессам.....	13
1.5. Природно-антропогенное экологическое равновесие .....	17
1.6. Территория и акватория.....	18
1.7. Космическое видение земной поверхности .....	21
1.8. Лес и лесопользование .....	25
1.9. Коэффициент лесоаграрности .....	27
1.10. Распределение субъектов Федерации .....	28
1.11. Семейства субъектов Российской Федерации .....	34
1.12. Шкалы лесистости и доли сельскохозяйственных земель .....	43
1.13. Характеристика территории по лесистости и аграрности .....	44
1.14. Выводы .....	51
2. ГЕОТРИАДНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ.....	52
2.1. Геотрион и геотриада .....	52
2.2. Территориальный принцип.....	55
2.3. Способы оценки экологического состояния территории.....	56
2.4. Предлагаемый способ оценки экологического состояния .....	57
2.5. Методика реализации предлагаемого способа.....	60
2.6. Уровни и категории земельного кадастра .....	64
2.7. Пример оценки экологического состояния территории.....	66
2.8. Кадастровая и техническая оценка лесов .....	70
2.9. Будущее землепользования и сельского хозяйства .....	80
2.10. Особенности эрозии растительного покрова и почвы .....	82
2.11. Выводы .....	87
3. ДИНАМИКА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ.....	89
3.1. Общие сведения.....	89
3.2. Исходные данные .....	91
3.3. Изменение площади земель по категориям.....	92
3.4. Уровни доверия к статистической закономерности .....	97
3.5. Структурная динамика категорий земель.....	99

3.6.	Динамика земель сельскохозяйственного назначения .....	102
3.7.	Распределение сельхозугодий как регулятор роста .....	104
3.8.	Закономерности распределения земель лесного фонда .....	105
3.9.	Изменения площади земель в начале XXI в. ....	107
3.10.	Закономерности динамики площади земель .....	111
3.11.	Выводы .....	124
4.	<b>ИНТЕНСИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА</b> .....	125
4.1.	Интенсивность и активность растительного покрова .....	125
4.2.	Интенсивность воспроизводства травяного покрова .....	128
4.3.	Полнота динамического ряда .....	133
4.4.	Границы доверительного интервала статистического ряда .....	135
4.5.	Закономерности динамики урожайности сена .....	137
4.6.	Изменение шкалы времени .....	141
4.7.	Однолетние и многолетние травы .....	143
4.8.	Сравнение естественных и улучшенных сенокосов .....	146
4.9.	Эффект от улучшения сенокосов .....	148
4.10.	Прогнозирование урожайности сена .....	151
4.11.	Выводы .....	156
5.	<b>ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА</b> .....	157
5.1.	Критерии активности растительного покрова .....	157
5.2.	Группировка административных образований .....	160
5.3.	Экологическая активность чрезмерно освоенных земель .....	166
5.4.	Экологическая активность высокоосвоенных территорий .....	172
5.5.	Экологическая активность среднеосвоенных территорий .....	180
5.6.	Экологическая активность малоосвоенных земель .....	186
5.7.	Экологическая активность города .....	188
5.8.	Ранговое распределение административных образований .....	194
5.9.	Экологичность территории .....	199
5.10.	Выводы .....	200
6.	<b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПО СЕЛЬСКИМ РАЙОНАМ</b> .....	201
6.1.	Распределение земель по интенсивности травяного покрова .....	201
6.2.	Сравнение годовых распределений земель .....	204
6.3.	Экологичность сельских территорий .....	213
6.4.	Показатели сельских территорий .....	216
6.5.	Показатели населения .....	222
6.6.	Коэффициенты экологичности аграрного ландшафта .....	225
6.7.	Распределение параметров экологичности агроландшафта .....	226
6.8.	Распределение удельных показателей ландшафта .....	233
6.9.	Закономерности распределения удельных показателей .....	235
6.10.	Сумма рангов сельских районов .....	242
6.11.	Выводы .....	244
7.	<b>ЗЕМЕЛЬНЫЕ УГОДЬЯ</b> .....	247
7.1.	Хозяйственное преобразование территории .....	247

7.2. Распределение эродированных земель .....	254
7.3. Лесистость и распаханность территории.....	259
7.4. Уточнение влияния распаханности на лесистость .....	260
7.5. Уточнение влияния лесистости на распаханность .....	267
7.6. Ранговое распределение лесистости территории .....	269
7.7. Ранговое распределение распаханности территории .....	273
7.8. Пользование сенокосами .....	277
7.9. Пользование пастбищами .....	279
7.10. Пользование сенокосами и пастбищами .....	281
7.11. Обеспеченность крупного рогатого скота сенокосами и пастбищами .....	282
7.12. Выводы .....	284
<b>8. ФИТОМАССА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА .....</b>	<b>286</b>
8.1. Способы измерения фитомассы растительного сообщества .....	286
8.2. Предлагаемый способ измерения фитомассы .....	288
8.3. Методика реализации предлагаемого способа.....	291
8.4. Верховое осоково-сфагновое болото .....	292
8.5. Ельник сложный .....	296
8.6. Березняк травный .....	301
8.7. Экологический профиль арктофилового луга.....	305
8.8. Атмосферные осадки на лугах .....	307
8.9. Измерение качества травы .....	310
8.10. Городская трава .....	310
8.11. Трава на участке сенокоса .....	315
8.12. Влияние травы на качество сена .....	319
8.13. Выводы .....	322
<b>9. КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ.....</b>	<b>324</b>
9.1. Измерение кадастровой стоимости угодий .....	324
9.2. Дифференциальный рентный доход .....	325
9.3. Кадастровая стоимость угодий.....	326
9.4. Примеры расчета кадастровой стоимости угодий .....	328
9.5. Баллы бонитета и энергоемкости .....	328
9.6. Расчет дифференциального рентного дохода .....	330
9.7. Рентный доход .....	332
9.8. Расчет кадастровой стоимости земель .....	337
9.9. Выводы .....	341
<b>10. ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВЫ .....</b>	<b>343</b>
10.1. Статистический подход к оценке почвы .....	343
10.2. Продуктивность почвы .....	345
10.3. Методика В. В. Докучаева по оценке продуктивности почвы ..	346
10.4. Внутрихозяйственная оценка земель .....	348
10.5. Оценка земель по урожайности культур .....	350
10.6. Оценка продуктивности кормовых угодий .....	352

10.7. Оценка урожайности как фактора затрат .....	354
10.8. Оценка земель по затратам на возделывание культур .....	358
10.9. Способы измерения продуктивности земель .....	359
10.10. Предлагаемый способ измерения продуктивности земель .....	361
10.11. Методика измерения продуктивности земель.....	364
10.12. Динамика урожайности зерновых культур .....	365
10.13. Модель динамического ряда урожайности зерновых .....	372
10.14. Динамика урожайности озимой пшеницы .....	378
10.15. Модель динамики урожайности озимой пшеницы.....	382
10.16. Динамика урожайности картофеля .....	385
10.17. Модель динамики урожайности картофеля .....	390
10.18. Отбор моделей динамики.....	394
10.19. Формирование основания прогноза .....	399
10.20. Составление прогнозов и сценариев развития.....	408
10.21. Выводы .....	413
ЛИТЕРАТУРА.....	415
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	426

Мазуркин Петр Матвеевич  
Михайлова Светлана Ивановна

## ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Аналитический обзор

Компьютерная верстка выполнена Т.А. Калюжной

Лицензия ИД № 04108 от 27.02.01

Подписано в печать 14.01.2010. Формат 60x84/16.  
Бумага писчая. Гарнитура Times. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 25,1. Уч.-изд. л. 19,1. Тираж 180 экз.  
Заказ № 151.

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, ул. Восход, 15, комн. 407, ЛИСА.  
Полиграфический участок ГПНТБ СО РАН. 630200, Новосибирск,  
ул. Восход, 15.