

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ

Анатолий Л. Мызин

Уральский государственный технический университет – УПИ

Аннотация – Дана постановка проблемы оценки уровней энергетической безопасности регионов как неотъемлемой части их экономической безопасности. Предложена схема мониторинга энергетической безопасности. Дано краткое описание основных этапов и методов оценки состояния территорий по энергетической безопасности. Показаны результаты динамических оценок показателей энергетической безопасности регионов Уральского федерального округа за период 1999-2003 гг.

Ключевые слова – экономическая и энергетическая безопасность, регион, управление

1. ПРОБЛЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Проблема обеспечения энергетической безопасности возникла в связи с усилением действия угроз устойчивому развитию систем энергетики территорий различного уровня. Она рассматривается как неотъемлемая часть проблемы обеспечения экономической безопасности. Актуальность обеих проблем для России особенно обострилась в связи с разрушением административной централизованной системы управления экономикой и переходом к её рыночному регулированию. Трудности переходного периода к рыночной экономике привели к активизации угроз безопасности различного рода, угрожая устойчивости самой экономической системы, вынудив принять соответствующий федеральный закон [1]. В соответствии с ним под экономической безопасностью (ЭБ) понимается состояние защищённости жизненно важных экономических интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.

Значимость влияния энергетического фактора на экономическую безопасность вскоре вызвала необходимость осознания значимости проблемы энергетической безопасности (ЭнБ) [2]. Понятие ЭнБ можно определить следующими двумя способами:

- 1). Энергетическая безопасность – это состояние защищённости жизненно важных “энергетических интересов” личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.
- 2). Энергетическая безопасность – это состояние защищённости страны (региона), её граждан, общества, государства, обслуживающей их экономики от угроз дефицита в обеспечении потребностей в энергии экономически доступными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) приемлемого качества в нормальных условиях и гарантированному обеспечению минимально необходимого объёма потребностей при

чрезвычайных обстоятельствах, а также от угрозы нарушения стабильности топливо- и энергоснабжения.

Хотя проблема энергетической безопасности России как государства, безусловно, является важной, но ещё более актуальна она для регионов. Дело в том, что, как известно, богатая ТЭР Россия по определению находится в более благоприятных условиях, чем страны, бедные собственными ТЭР. Однако далеко не таково положение регионов России. Неравномерность распределения ТЭР по её территории, усугублённая неравномерностью размещения электрогенерирующих источников как наследия централизации управления социалистической экономикой, привели к повышению действия угроз ЭнБ на территориях с недостаточной обеспеченностью собственными источниками топлива и энергии, что видно из табл.1, где показаны примеры территорий с наибольшей и наименьшей обеспеченностью собственными источниками топлива и энергии по федеральным округам (ФО) России (на душу населения территории) [3].

Как видно из табл.1, Россия, имея в целом хорошую обеспеченность своей экономики топливом и энергией, характеризуется крайне высокой неравномерностью их распределения по регионам страны. Эта неравномерность характерна даже для таких крупных региональных объединений, как федеральные округа. Только один из них, Уральский ФО, имеет обеспеченность энергоносителями по большинству показателей выше среднероссийского уровня, ещё в одном – Дальневосточном ФО такое превышение наблюдается для половины основных энергоносителей, а в трёх (из семи) – ни по одному. Ещё более высокой неравномерностью обеспеченности топливом и энергией характеризуются территории субъектов Федерации. Лишь немногие территории имеют обеспеченность энергоресурсами выше среднероссийского уровня, а в некоторых ФО можно выделить всего по одному такому региону.

Однако угрозы ЭнБ создаются не только по причине природно-ресурсной неравномерности распределения. Имеются и другие, не менее серьёзные причины их возникновения. Их анализ требует разработки специфической методики исследования.

Таблица 1 – Обеспеченность территории России собственными источниками топлива и энергии

Наименование территории	Уголь, т чел.год	Нефть, т чел.год	Природный газ, тыс. м ³ чел.год	Мощности электростанций, кВт чел.год
Российская Федерация	1,9	2,9	4,3	1,5
Центральный ФО	0,01	0	0	1,21
в том числе				
Тульская область	0,27	0	0	1,64
Москва и Московская область	0	0	0	1,0
...	...	...	...	...
Белгородская область	0	0	0	0,13
Калужская область	0	0	0	0,09
Северо-Западный ФО	0,97	1,26	0,27	1,53
в том числе				
Республика Коми	12,3	9,0	3,19	2,18
Архангельская область	0	0	0,32	1,43
Санкт-Петербург и Ленинградская область	0	0	0	1,66
...	...	...	...	...
Псковская область	0	0	0	0,66
Новгородская область	0	0	0	0,29
Южный ФО	0,32	0,60	0,78	0,77
в том числе				
Ростовская область	1,61	3,88	0,15	0,95
Астраханская область	0	4,0	11,4	0,50
...	...	...	...	...
Карачаево-Черкесская Республика	0	0	0	0,47
Кабардино-Балкарская Республика	0	0	0	0,13
Приволжский ФО	0,0...	0,29	0,81	1,36
в том числе				
Оренбургская область	0,05	6,6	10,3	1,68
Республика Татарстан	0	7,7	0,20	1,88
...	...	...	...	...
Нижегородская область	0	0	0	0,72
Пензенская область	0	0,10	0	0,27
Уральский ФО	0,37	22,6	45,0	2,22
в том числе				
Ямало-Ненецкий АО	0	98,2	1080	2,6
Ханты-Мансийский АО	0	166,6	17,4	7,4
...	...	...	...	...
Свердловская область	0,26	0	0	2,04
Курганская область	0	0	0	0,45
Сибирский ФО	10,6	0,71	0,29	2,4
в том числе				
Кемеровская область	48,6	0	0	1,7
Томская область	0	12,9	5,0	1,51
Красноярский край	12,5	0,02	0,17	4,6
...	...	...	...	...
Республика Тыва	1,81	0	0	0,06
Республика Алтай	0	0	0	0
Дальневосточный ФО	4,3	0,50	0,51	1,75
в том числе				
Республика Саха (Якутия)	10,8	0,37	1,63	2,35
Сахалинская область	4,8	5,4	3,38	1,53
...	...	...	...	...
Камчатская область	0,11	0	0	1,58
Еврейский АО	0,55	0	0	0

Примечание: АО – автономный округ.

2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования экономической и энергетической безопасности, проводимые в течение последнего десятилетия объединённым коллективом специалистов-энергетиков и экономистов Уральского государственного технического университета – УПИ (УГТУ-УПИ), Института экономики и Института теплофизики Уральского отделения Российской Академии наук (ИЭ и ИТФ УрО РАН), позволили разработать систему мониторинга ЭНБ [2, 4, 5], структурная схема которой представлена на рис.1.

Следует отметить, что методология анализа ЭНБ строится на основе единства исследования ЭБ и ЭНБ. Диагностирование ЭБ выполняется с использованием индикативного анализа по сферам жизнедеятельности [6], подразделённым на три группы:

1. Способность экономики территорий к устойчивому развитию.
 - 1.1. Инвестиционная безопасность.
 - 1.2. Производственная безопасность.
 - 1.3. Научно-техническая безопасность.
 - 1.4. Внешнеэкономическая безопасность.
 - 1.5. Финансовая безопасность.
 - 1.6. Энергетическая безопасность.
2. Обеспечение приемлемого уровня существования на территории.
 - 2.1. Сфера уровня жизни населения.
 - 2.2. Сфера рынка труда.
 - 2.3. Демографическая безопасность.
 - 2.4. Правопорядок.
 - 2.5. Продовольственная безопасность.
3. Экологическая безопасность.

Таким образом, ЭНБ рассматривается как неотъемлемая часть ЭБ. Информация, рассматриваемая в рамках мониторинга ЭБ и получаемая от органов госстатистики, формирует базу данных внешних условий для диагностирования состояния территориальных образований по ЭНБ. Она дополняется отчётными данными ведомственной статистики энергетических организаций и рассматривается как первичная информация.

Одновременно формируется база знаний по ЭНБ как совокупность методов и моделей анализа состояния и прогнозирования показателей систем экономики и энергетики территорий и результатов их применения.

В аналитическом блоке диагностирования ЭНБ на основе анализа угроз ЭНБ формируются объекты мониторинга ЭНБ. Они подразделяются на следующие типы:

- 1). Объекты, характеризующие степень удовлетворения потребностей в ТЭР.
- 2). Объекты, характеризующие надёжность и живучесть систем ТЭК.
- 3). Объекты, характеризующие устойчивость ТЭК.
- 4). Объекты, характеризующие энергетическую эффективность и энергосбережение.
- 5). Объекты, характеризующие степень негативного влияния ТЭК на окружающую среду.



Рис. 1 – Структурная схема мониторинга энергетической безопасности

Состояние объектов характеризуется значительным количеством показателей. Хотя эти показатели

существенно различаются по своей информативности. На первый взгляд кажется, что добавление в состав анализируемых показателей лишних не испортит общую оценку анализируемой ситуации. Однако в математической статистике показывается [7], что введение в математическую модель так называемых неинформативных переменных лишь ухудшает оценочные и прогностические свойства модели.

Проведённые исследования показали, что наиболее перспективными для рассматриваемых задач методами отбора состава информативных показателей являются гамма-метод, k-метод и метод лямда-статистики Уилкса [5].

Расчёт информативности с применением гамма-метода основан на вычислении собственного веса γ_i , соответствующего i -ой переменной (x_i)

$$\gamma_i = \frac{(m_A^i - m_B^i)}{N_A \sigma^2 x_{i(A)} - N_B \sigma^2 x_{i(B)}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где m_A , m_B – математические ожидания переменных из классов A и B; N_A , N_B – мощности множеств A и B; $\sigma^2 x_{i(A)}$, $\sigma^2 x_{i(B)}$ – дисперсии наблюдений в классах A и B по i -й переменной.

Определены пошаговая процедура поочерёдного рассмотрения всех переменных, позволяющая проранжировать все переменные в порядке убывания информативности по критерию $\gamma_i > \gamma_{i+1}$, а также рекомендации по остановке процесса.

k-метод основан на расчёте отклонения математического ожидания дисперсии переменной по классам к дисперсии математических ожиданий классов по переменной. В качестве количественной оценки меры ценности (полезности) признаков (переменных) может быть использована величина

$$k_i = M(D_i) / \overline{D_i}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$\text{где } M(D_i) = \sum_{h=1}^F D_{ih} \cdot p(\omega_h), \quad (3)$$

$$\overline{D_i} = M\{[m_{ih} - M(m_i)]^2\} \quad (4)$$

В формулах (2)-(4):

$M(D_i)$ – математическое ожидание дисперсии распределения признака i в классе h ($h = \overline{1, F}$);

$\overline{D_i}$ – дисперсия распределения математических ожиданий значений признаков при переходе от класса к классу;

D_{ih} – дисперсия наблюдений за признаком i в классе h ;

$p(\omega_h)$ – вероятность появления объекта в классе h ;

m_{ih} – математическое ожидание признака i в классе h ;

$M(m_i)$ – математическое ожидание признака i , определяемое по формуле

$$M(m_i) = \sum_{h=1}^F m_{ih} \cdot p(\omega_h). \quad (5)$$

В расчётах все статистики заменяются их оценками. В соответствии с (2)-(5) показатели также ранжируются по убыванию информативности в соответствии с условием $i > g$, если $k_i > k_g$.

Метод лямда-статистики Уилкса основан на расчёте отношения внутренней обобщённой дисперсии в

группах к общей по выборке обобщённой дисперсии. Внутренняя обобщённая дисперсия определяется как детерминант внутригрупповой матрицы перекрёстных скалярных произведений $W(x)$ для переменных $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и, аналогично, общая обобщённая дисперсия – как детерминант общей матрицы $T(x)$ перекрёстных произведений для этих переменных. Отношение $\lambda(x) = \det W(x) / \det T(x)$ называется лямда-статистикой Уилкса и изменяется в интервале $[0, 1]$. Оно представляет собой обобщённую меру разброса наблюдений внутри групп относительно общего разброса наблюдений. Чем меньше это отношение, тем лучше разделяющие свойства рассматриваемой переменной, т.е. тем она более информативна. Разработана соответствующая процедура формирования выходного набора информативных переменных. Опыт расчётов показал целесообразность комплексного использования всех трёх методов.

После выделения состава информативных переменных встаёт вопрос выбора метода диагностирования уровня безопасности территории. Наиболее подходящей классификацией состояний территорий по безопасности является качественная оценка по градациям: нормальное, предкризисное и кризисное состояния. Даны определения каждого из этих состояний и разработаны четыре различных подхода к классификации территорий по этим состояниям [2, 4, 6]:

- 1). Индикативный анализ.
- 2). Дискриминантный анализ.
- 3). Метод теории нечётких множеств.
- 4). Нейросетевой анализ.

Каждый из подходов имеет свои достоинства и недостатки. Индикативный метод анализа выгодно отличается сравнительной простотой алгоритма, возможностью более “тонкой” градации состояний, удобством интерпретации результатов, возможностью разработки адресных мер по противодействию угрозам безопасности на основе анализа результатов расчётов. Его недостатком является необходимость скаляризации многомерных критериальных функций, что чревато определённым искажением результатов, а также условие предварительного определения пороговых значений для индикативных показателей безопасности, что представляет собой отдельную трудоёмкую процедуру.

Дискриминантный анализ (ДА) относится к широко используемым методам классификации наблюдений. Поэтому был выполнен цикл исследований возможностей его применения для диагностирования состояний территорий по ЭНБ. Наиболее перспективной оказалась разновидность ДА, использующая максимизацию отношения дисперсии на основе канонических дискриминантных функций (КДФ) [8]. Значение КДФ для m -го объекта в группе h может быть подсчитано по формуле

$$f_{hm} = u_{h0} + u_{h1} x_{h1m} + u_{h2} x_{h2m} + \dots + u_{hp} x_{hpm}, \quad (6)$$

где x_{him} – значение дискриминантной переменной x_i ; u_{ih} – коэффициенты, значения которых выбираются таким образом, чтобы средние значения по группам

первой КДФ максимально различались между собой, коэффициенты второй КДФ должны удовлетворять тому же условию, но при этом её значения не должны быть коррелированы со значениями первой. Аналогично поступают со следующими КДФ.

Способ выбора КДФ обеспечивает максимизацию межклассовых различий при фиксированном количестве КДФ. В результате выделение даже небольшого количества КДФ по сравнению с размерностью исходного пространства переменных, в котором выполняется классификация, позволяет обеспечить хорошее распознавание наблюдений по их принадлежности классам. Разработан соответствующий алгоритм классификации, применение которого к распознаванию состояний территорий энергосистем Урала показало высокую степень эффективности [8]. Достоинством данного подхода является возможность заблаговременного предупреждения о грозящей опасности. Также в отличие от предыдущего метода здесь отпадает необходимость в установлении пороговых уровней кризисности для показателей безопасности. Однако это достоинство, к сожалению, компенсируется недостатком – трудностью выделения факторов угроз. Это объясняется трудностями содержательной интерпретации КДФ.

Одной из серьёзных проблем идентификации наблюдений при диагностировании состояний безопасности является ограниченность наших знаний о показателях систем, формирующих уровни безопасности (неполнота статистических данных, ограниченность объёмов выборок, неучёт многих факторов и т.п.). Поэтому уже по своей природе задача диагностирования безопасности является нечёткой. Однако к решению таких задач существует подход, известный как теория нечётких множеств (ТНМ) [9-10].

Была разработана методика решения задачи диагностирования ЭНБ территорий и надёжности их топливо- и энергоснабжения с применением ТНМ [8, 11]. На первом этапе были сформированы высказывания, описывающие классы состояний систем. Для описания каждого класса используются логические высказывания, оперирующие лингвистическими переменными, нечёткими значениями параметров, нечёткими отношениями и логическими связями. Распознавание ситуации проводится путём определения степени её принадлежности каждому из классов по формуле

$$\lambda_h = \max_k \left\{ \min_j \left[\sup_{x \in X_j} (\min(\mu_i(x), \nu_{ijk}(x))) \right] \right\}, \quad (7)$$

где h – номер класса; k – номер высказывания; j – номер параметра; X_j – область значений j -го параметра; $\mu_i(x)$ – функция принадлежности оценки ситуации по j -му параметру; $\nu_{ijk}(x)$ – функция принадлежности k -го высказывания по j -му параметру i -го класса.

Разработаны методика распознавания ситуаций и её программная реализация в виде обучаемой системы распознавания образов (ОСРО). Для определения

степени принадлежности ситуации какому-либо классу выполняются определения:

- 1). Точных верхних границ пересечений функций принадлежности оценок ситуации и высказываний класса по отдельным параметрам.
- 2). Минимальные значения этих точных верхних границ по параметрам.
- 3). Максимальная из степеней принадлежности ситуации по высказываниям рассматриваемого класса.

База знаний для программы ОСРО сформирована с использованием пороговых значений индикаторов. Вербальное объяснение классов представляется следующим образом:

1. Если значения всех индикаторов блока лучше предкризисного порога, то ситуация признаётся нормальной.
2. Если хотя бы один индикатор блока хуже предкризисного порога и значения всех индикаторов лучше кризисного порога, то ситуация признаётся предкризисной.
3. Если хотя бы один индикатор блока хуже порога кризиса, то ситуация признаётся кризисной.

Применение разработанной методики и её программной реализации ОСРО к оценкам энергетической безопасности территорий Урала показало эффективность подхода. К его достоинствам, безусловно, надо отнести полное соответствие получаемых результатов характеру исходной информации и интерпретации ситуации лицом, принимающим решения. К недостаткам подхода относятся некоторая громоздкость формирования и обработки лингвистических высказываний, необходимость определения пороговых значений кризисности для индикаторов безопасности.

В последнее время всё большее распространение находят способы решения плохо формализуемых задач с использованием нейронных сетей. Поскольку задача энергетической безопасности относится именно к таковым, то была сделана попытка классификации территорий по энергетической безопасности с применением нейросетевого анализа [5]. Перспективность применения нейросетевого анализа к задаче диагностирования состояний безопасности связана с тем, что, в отличие, например, от дискриминантного анализа, классификатор, полученный на основе нейронной сети, может работать не только в случае линейной разделимости классов, но и нелинейной.

Построение нейронной сети, выполненное на примере диагностирования территорий энергосистем Урала по энергетической безопасности, производилось по принципу формирования сети возможно более простой структуры. Использовались слоистые сети с числом слоёв не более трёх. Структура сети и качество системы классификации определялись по правилам:

- 1). Выбор начальной структуры сети возможно более простой конфигурации и обучение её.
- 2). Анализ количества ошибок при идентификации контрольной выборки.

3). Анализ количества циклов обучения сети, за которое она безошибочно распознаёт все объекты обучающей выборки.

4). Усложнение структуры сети и повторение процесса обучения.

Построение нейронной сети в процессе решения задачи оценки уровней энергетической безопасности характеризовалось следующими параметрами: количество нейронов входного (нулевого) слоя сети равно количеству входных переменных; количество нейронов выходного слоя равно трём (по числу классов); количество нейронов в скрытом слое двухслойной сети определено по выражению

$$L = \frac{L_w}{n + m}, \quad (8)$$

где n – размерность входного, а m – выходного набора переменных; L_w – количество синапсов в сети, оцениваемое выражением

$$\frac{m \cdot n}{1 + \log_2 N} \leq L_w \leq m \left(\frac{N}{m} + 1 \right) (n + m + 1) + m, \quad (9)$$

где N – количество элементов обучающей выборки. Одновременно количество нейронов L должно удовлетворять условию

$$\frac{N}{10} - n - m \leq L \leq \frac{N}{2} - n - m. \quad (10)$$

Выполненные расчёты привели к получению нейронной сети типа двухслойного персептрона.

Достоинством данного метода классификации является то, что синаптические веса входных переменных свидетельствуют об информативности переменных. Недостатком подхода является трудность выявления факторов, вызывающих действие угроз безопасности.

Таким образом, различные разработанные подходы к оценке уровней ЭБ регионов имеют свои достоинства и недостатки. В связи с этим представляется целесообразным применять их комплексно для повышения надёжности получаемых оценок и использования достоинств каждого из методов.

Подчинённость задачи диагностирования ЭБ территорий приводит к необходимости оценки влияния энергетического фактора на состояние ЭБ. Для такой оценки были разработаны три методики [2, 12]:

1). Оценки потенциальных вкладов энергетических факторов и их фактических вкладов в создание кризисной ситуации по ЭБ на территории.

2). Корреляционный анализ взаимодействия энергетических и экономических показателей территорий.

3). Оценки вклада энергетического фактора в создание кризисной ситуации на территории путём сравнения двух расчётов ЭБ – с учётом и без учёта показателей энергетики (в рамках индикативного анализа ЭБ).

Выполненный анализ состояния регионов по энергетической безопасности должен сопровождаться разработкой системы мероприятий по нейтрализации угроз безопасности. Одновременно определяется состав

организационных структур, реализующих предложенную систему мероприятий. Эти работы входят в организационный блок мониторинга ЭБ.

К не менее важным, но пока ещё слабо разработанным относится задача прогнозирования состояний ЭБ территорий. Соответственно актуальной является задача создания аналитического блока прогнозирования ЭБ. Представляется, что этот блок в структурной схеме мониторинга должен стоять после организационного блока, чтобы при прогнозировании можно было учесть регулирующий эффект мероприятий по повышению уровня ЭБ. Блок прогнозирования должен состоять по крайней мере из следующих трёх подблоков (см.рис.1):

1). Прогнозирование экономического развития территории.

2). Прогнозирование энергетического развития территории.

3). Оценка перспективных уровней ЭБ.

3. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Уральский федеральный округ (УрФО) является одним из семи крупнейших региональных образований Российской Федерации (РФ). Численность его населения превышает 12,3 млн.чел., годовое потребление электроэнергии – 133, выработка 139 млрд.кВт.ч. На территории округа добывается 575 млрд.м³ природного газа, что составляет 91% общероссийской добычи, и 308 млн.тонн нефти (68% общероссийской добычи). В состав округа входят следующие регионы – субъекты РФ: Курганская, Свердловская, Челябинская и Тюменская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа (ХМАО и ЯНАО). Территории регионов УрФО существенно различаются между собой как по природно-ресурсным, так и по экономическим и социальным показателям. Так, практически все запасы и добыча топлива сосредоточены в ХМАО и ЯНАО.

Эти же регионы являются экономически самыми богатыми, что определяет также сравнительную благоприятность их социальных показателей. Если, например, среднедушевой денежный доход населения ХМАО и ЯНАО превышает прожиточный минимум на этих территориях в 4,33 и 4,42 раза, то на территории Челябинской области это превышение составляет 1,6, а в Курганской 1,4 раза. В первых двух из названных регионах доля населения с доходами ниже прожиточного минимума составляет 10,2 и 7,7% общей численности населения этих регионов, в то время как в последних двух – 31,6 и 45,2% соответственно. Уже это предопределяет существенные различия между уровнями экономической и энергетической безопасности регионов. Однако означает ли это, что для ХМАО и ЯНАО не существует угроз их безопасности? Ниже обсуждаются некоторые основы индикативного метода и результаты оценки ЭБ территорий регионального уровня для УрФО. На основании анализа информативности показателей и выполнения

многочисленных расчётов была сформирована следующая совокупность индикативных показателей (ИП) для оценки уровней ЭнБ регионов, сгруппированная по функциональным блокам:

1. Блок обеспеченности электрической и тепловой энергией.
 - 1.1. Душевое потребление электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве.
 - 1.2. Доля собственных источников в балансе электроэнергии на территории.
 - 1.3. Душевое потребление теплоэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве.
2. Блок обеспеченности топливом.
 - 2.1. Доля собственных источников в балансе котельно-печного топлива (КПТ).
 - 2.2. Доля доминирующего топливного ресурса в потреблении КПТ.
 - 2.3. Обеспеченность предприятий электроэнергетики запасами КПТ.
 - 2.4. Степень выполнения планового задания по накоплению угольного топлива у предприятий электроэнергетики.
 - 2.5. Доля выполнения планового задания по накоплению топочного мазута у предприятий электроэнергетики.
 - 2.6. Доля собственных источников в балансе моторного топлива.
3. Структурно-режимный блок.
 - 3.1. Доля установленной мощности наиболее крупной электростанции.
 - 3.2. Отношение располагаемой мощности электростанций к максимальной электрической нагрузке потребителей.
 - 3.3. Отношение резерва мощности на электростанциях территории к максимальной электрической нагрузке потребителей.
 - 3.4. Отношение величины суммы располагаемой мощности электростанций и пропускной способности межсистемных связей территории со смежными к максимальной электрической нагрузке потребителей.
4. Блок воспроизводства основных производственных фондов (ОПФ) в энергетике
 - 4.1. Степень износа ОПФ по предприятиям электроэнергетики.
 - 4.2. Степень износа ОПФ по предприятиям топливной промышленности.

- 4.3. Уровень инвестирования предприятий электроэнергетики.
 - 4.4. Уровень инвестирования предприятий топливной промышленности.
 5. Экологический блок.
 - 5.1. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий электроэнергетики на единицу площади территории.
 - 5.2. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий топливной промышленности на единицу площади территории.
 - 5.3. Экологическая эффективность предприятий электроэнергетики.
 - 5.4. Экологическая эффективность предприятий топливной промышленности.
 6. Финансово-экономический блок.
 - 6.1. Отношение просроченной кредиторской задолженности (на конец года) предприятий электроэнергетики к их годовому объему производства продукции.
 - 6.2. Отношение просроченной кредиторской задолженности (на конец года) предприятий топливной промышленности к их годовому объему производства продукции.
 - 6.3. Отношение сальдированной прибыли предприятий электроэнергетики к их годовому объему производства продукции.
 - 6.4. Отношение сальдированной прибыли предприятий топливной промышленности к их годовому объему производства продукции.
 7. Блок энергосбережения и энергоэффективности.
 - 7.1. Энергоемкость валового регионального продукта (ВРП).
 - 7.2. Электроёмкость ВРП.
 - 7.3. Экономическая энергоэффективность ВРП.
 - 7.4. Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии.
 - 7.5. Удельный расход условного топлива на производство теплоэнергии.
 - 7.4. Относительная величина потерь электроэнергии в электрических сетях.
- Для каждого из перечисленных ИП на основе специальной методики [5] определяются пороговые уровни кризисности как граничные значения между смежными выделяемыми зонами углубления кризиса (табл.2).

Таблица 2 - Классификация ситуаций по ИП ЭнБ

Балльная оценка b_{ji} ситуации	Состояние по энергетической безопасности	Обозначение	Соотношение нормализованных значений индикаторов и пороговых уровней
0	1. Нормальное	Н	$X_{ji}^H = 0$ И $X_{ji}^t \neq X_{ПК1,ji}$
1	2. Предкризис 1 (начальный)	ПК1	$0 < X_{ji}^H < X_{ПК2,ji}^H$ ИЛИ $X_{ji}^t = X_{ПК1,ji}$
2	3. Предкризис 2 (развивающийся)	ПК2	$X_{ПК2,ji}^H \leq X_{ji}^H < X_{ПК3,ji}^H$
4	4. Предкризис 3 (критический)	ПК3	$X_{ПК3,ji}^H \leq X_{ji}^H < 1$
8	5. Кризис 1 (нестабильный)	К1	$1 \leq X_{ji}^H < X_{К2,ji}^H$
16	6. Кризис 2 (угрожающий)	К2	$X_{К2,ji}^H \leq X_{ji}^H < X_{К3,ji}^H$
32	7. Кризис 3 (чрезвычайный)	К3	$X_{ji}^H \geq X_{К3,ji}^H$

Пороговые уровни территориально дифференцируются в зависимости от внешних условий [4].

Для создания возможности получения комплексной оценки по блокам ИП и ситуации по ЭНБ в целом значение X_{ji}^t каждого ИП i , определяется для территории j и анализируемого периода t . Также нормализуются, выражаясь в относительных единицах, пороговые значения ИП. В целях унификации расчётов базисная система нормирования подбирается так, чтобы пороговое значение, соответствующее началу предкризисного состояния, было равно нулю, а началу кризисного – единице. Что касается зон разграничения степени углубления предкризисного и кризисного состояний, то их целесообразно иметь равноинтервальными.

Апробация показала практическую целесообразность формирования нормализованных пороговых значений для зон углубления кризиса по уровням

$$X_{K2,ji}^H = 1,4X_{K1,ji}^H; \quad X_{K3,ji}^H = 1,8X_{K1,ji}^H.$$

Правила отнесения ситуации к той или иной зоне показаны в табл.2.

Предложены несколько способов формирования правил диагностирования состояния по индикативным блокам. Приведённые далее результаты расчётов получены на основе определения средневзвешенной нормализованной оценки k -го индикативного блока по формуле

$$C_{kj} = \frac{1}{N_{kj}} \sum_{i=1}^{N_{kj}} \nu_{ji} X_{ji}^H, \quad (11)$$

где N_{kj} – количество индикаторов в блоке k для территории j ; ν_{ji} – вес индикатора i в k -ом

индикативном блоке для территории j .

Пороговые нормализованные значения предкризисных и кризисных уровней для блоков, определяются по формулам вида (показано для примера лишь для уровня ПК1)

$$C_{ПК1,kj}^H = \frac{1}{N_{kj}} \sum_{i=1}^{N_{kj}} X_{ПК1,ji}^H \quad (12)$$

Опыт расчётов показал целесообразность использования балльных оценок степени кризисности для определения весов индикаторов в блоках:

$$\nu_{ji} = b_{ji} / \sum_{i=1}^{N_{kj}} b_{ji}. \quad (13)$$

Что касается назначения балльных оценок зонам углубления кризиса, то для них предлагается неравномерная шкала (см. табл.2), что означает более жёсткий подход к оценке ситуации в целом. Подобного рода неравномерную шкалу целесообразно использовать также для оценки ситуации по ЭНБ в целом [4].

Изложенный подход был применён для оценки состояния регионов УрФО по ЭНБ. Исследовалась динамика изменения ситуации за период 1999-2003 гг. Интерес к этому периоду времени определяется тем, что Россия и её регионы в 1999 году оказались в сложном положении в результате финансового дефолта, произошедшего в августе 1998 года,

поэтому важно выяснить, какие факторы вызвали действие основных угроз безопасности как результат кризисных явлений и каким был процесс нейтрализации в последний период и как он проходил в разных регионах. Ниже показаны лишь фрагменты результатов выполненных расчётов в виде табл. 3, в которой показаны результаты по одному из ИП и табл.4 с результатами расчётов по одному из индикативных блоков. Также представлены графические интерпретации динамических изменений ситуации по одному из ИП (рис.2), индикативных блоков (рис.3) и по ЭНБ в целом (рис.4). В табл.3 в столбце “ситуация” показаны фактические значения ИП, в табл.3 и 4 в столбце “НО” – нормализованные оценки.

Таблица 3 – Результаты расчётов по ИП степени износа ОПФ на предприятиях электроэнергетики

Наименование территорий	Описание	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Уральский Федеральный округ	ИП	48,4/0,56	49,7/0,647	50/0,667	54,2/0,947	55,7/1,047
	Сит.	ПК2	ПК2	ПК3	ПК3	К1
Курганская область	ИП	61,2/1,413	61,8/1,453	59,8/1,32	66,8/1,787	68,3/1,887
	Сит.	К2	К2	К1	К2	К3
Свердловская область	ИП	53,5/0,9	54,8/0,987	54,7/0,98	59,4/1,293	60,9/1,393
	Сит.	ПК3	ПК3	ПК3	К1	К1
Тюменская область в том числе	ИП	39,6/0	41,4/0,093	43,1/0,207	43,6/0,24	45,1/0,34
	Сит.	Н	ПК1	ПК1	ПК1	ПК2
Ханты-Мансийский АО	ИП	39,7/0	41,5/0,1	43,3/0,22	44,3/0,287	45,8/0,387
	Сит.	Н	ПК1	ПК1	ПК1	ПК2
Ямало-Ненецкий АО	ИП	33,4/0	35,2/0	32,3/0	16,9/0	18,4/0
	Сит.	Н	Н	Н	Н	Н
Челябинская область	ИП	54,2/0,947	54,2/0,947	56,6/1,107	65,4/1,693	66,9/1,793
	Сит.	ПК3	ПК3	К1	К2	К2

Примечания: 1. ИП – значение индикативного показателя (числитель – фактическое, знаменатель – нормализованное). 2. Сит. – оценка ситуации.

Таблица 4 – Результаты расчётов по финансово-экономическому блоку

Наименование территорий	Описание	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Уральский Федеральный округ	ИП	1,75	1,415	0,497	0,647	0,53
	Сит.	К2	К2	ПК2	ПК2	ПК2
Курганская область	ИП	2,395	2,5	2,467	2,5	2,188
	Сит.	К3	К3	К3	К3	К3
Свердловская область	ИП	2,005	1,943	1,384	1,201	1,719
	Сит.	К3	К3	К1	К1	К2
Тюменская область в том числе	ИП	1,362	,324	0,012	0,737	0,463
	Сит.	К1	ПК1	ПК1	ПК3	ПК2
Ханты-Мансийский АО	ИП	1,75	0,543	0	0,681	0,183
	Сит.	К2	ПК2	Н	ПК3	ПК1
Ямало-Ненецкий АО	ИП	1,736	1,18	1,697	0,755	1,565
	Сит.	К2	К1	К2	ПК3	К2
Челябинская область	ИП	2,386	2,33	1,964	2,031	1,94
	Сит.	К3	К3	К3	К3	К3

Примечания: 1. ИП – значение индикативного показателя (нормализованное). 2. Сит. – оценка ситуации.

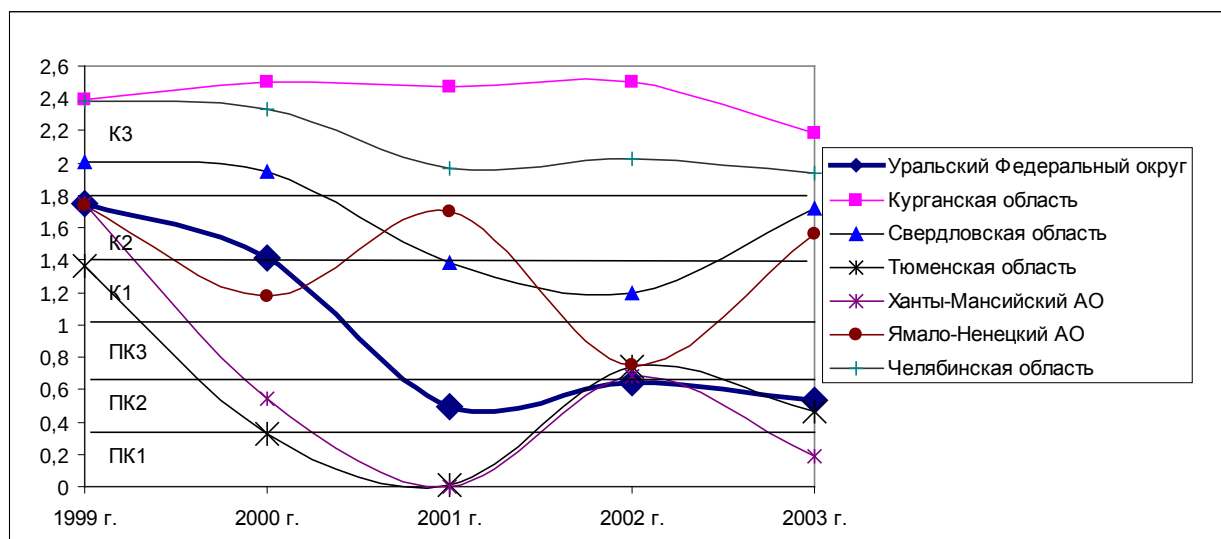


Рис.2 – Динамика изменения ситуаций по финансово-экономическому блоку

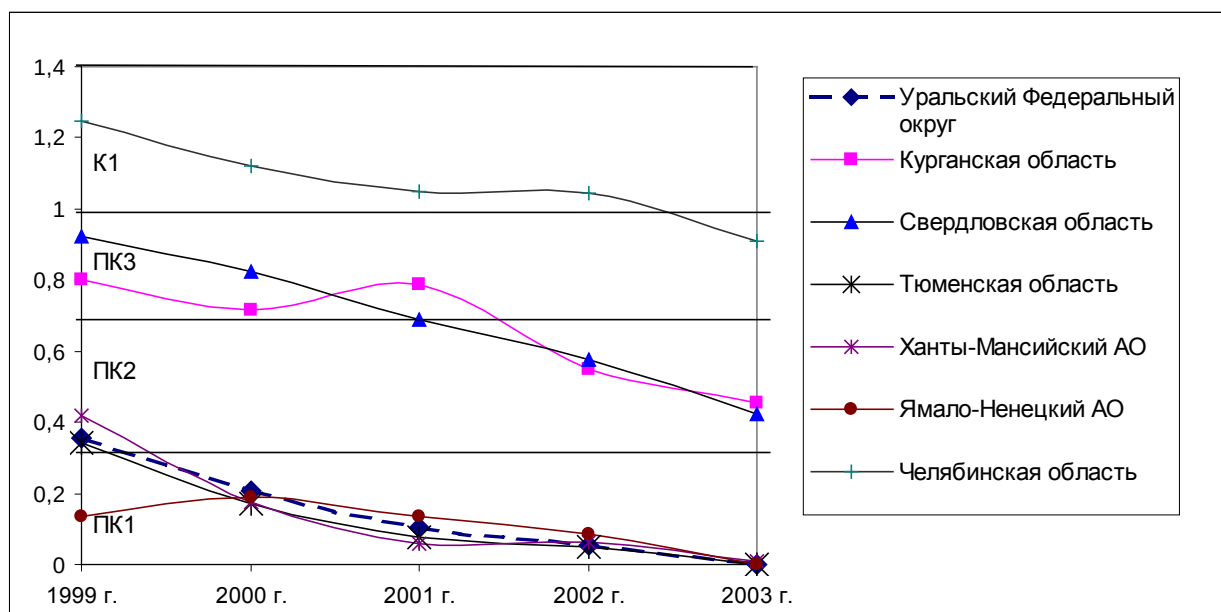


Рис.3 – Динамика изменения ситуаций по ИП энергоёмкости ВРП

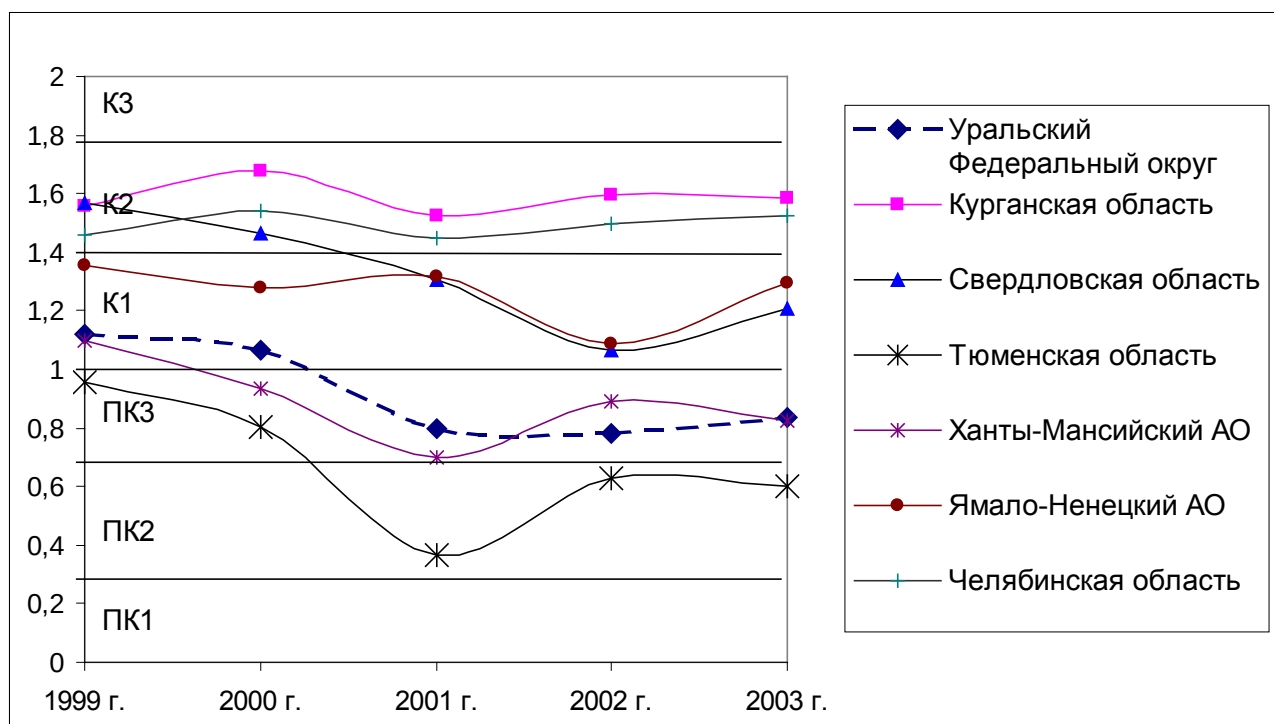


Рис.4 – Динамика изменения ситуаций по ЭнБ в целом УрФО и его территорий

Результаты расчетов показали, что по ЭнБ в целом ситуация по УрФО оценивается как критическая предкризисная стадия. При этом надо отметить ее небольшое улучшение по сравнению с 1999 годом. Однако это улучшение оказалось лишь за счет двух территорий – Свердловской и Тюменской областей (см. рис. 4).

Рассмотрим, какова была ситуация по объектам системы мониторинга ЭнБ и как она развивалась во времени. По блоку обеспеченности электрической и тепловой энергией в течении всего периода по округу в целом положение было благополучным весь период. Однако оно было кризисным для двух территорий – ЯНАО и Курганской области (соответственно чрезвычайная и угрожающая стадии кризиса в течении всего периода). Причиной кризисности в ЯНАО низкая обеспеченность региона собственными источниками электроэнергии, а для Курганской области, кроме того, низкий уровень душевого потребления электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве.

Несколько более напряженная была ситуация по обеспеченности территорией топливом, хотя она в последние годы постепенно улучшалась, изменившись от кризисной до предкризисной. Низким уровнем обеспеченности собственными ресурсами котельно-печного топлива характеризуются все территории, кроме автономных округов, а по моторному топливу напряженное положение отмечается повсюду. Это можно рассматривать как парадокс, что богатые нефтью регионы не имеют собственной нефтеперерабатывающей базы.

Наоборот, некоторое улучшение состояния безопасности отмечено по структурно - режимному блоку показателей. Для УрФО оно из зоны критического предкризиса перешло в зону

нестабильного кризиса. В основном это произошло по территориям Тюменской области за счет ограниченности пропускной способности межсистемных связей, ввод которых приостановился на протяжении более чем десяти последних лет.

Еще большее улучшение ситуации наблюдалось по индикаторам блока воспроизводства основных производственных фондов (ОПФ) в энергетике. Положение УрФО изменилось от стадии развивающегося кризиса до начальной стадии кризиса. Ответственным за это ухудшение является показатель износа ОПФ на предприятиях электроэнергетики (см. табл.3). В Курганской и Челябинской областях износ «перевалил» за отметку 65%, а в Свердловской находится на уровне 60%. Лишь на территориях Тюменской области положение сравнительно благополучное, поскольку там срок службы основного оборудования электростанций еще не достиг нормативных пределов. Тяжесть положения по блоку определяется крайне низким уровнем инвестирования в предприятия электроэнергетики, который находится диапазоне от 3.8% до 9% стоимости ОПФ, тогда - как в благополучном Ямало-Ненецком АО – около 33%. Экономическая ситуация по Уральскому округу стабильно оценивалась как предкризисная, причем наиболее тяжелой она была в Челябинской (чрезвычайный кризис) и Свердловской (угрожающий кризис) областях. Основная причина – загрязнение атмосферы электростанциями, большая часть которых на этих территориях угольные.

Наиболее существенное улучшение состояния безопасности по УрФО произошло по финансово-экономическим показателям (см. таб. 3 и рис.2). Ситуация от угрожающей кризисной улучшилась до предкризисной. Однако произошло это почти исключительно за счет Тюменской и Свердловской областей, где резко сократилась просроченная

кредиторская задолженность в электроэнергетике. Например, в Свердловской области она уменьшилась с 73% до 10 % годового объема продукции. В то же время в Курганской области она до сих пор превышает уровень 52%. Особенно резко ухудшилась ситуация в Челябинской области, где просроченная кредиторская задолженность топливных предприятий в **2.5 раза (!)** превышает их годового объем производства продукции. В течение всего периода эти предприятия были убыточными. Также убыточными являются предприятия электроэнергетики ЯНАО (причина – низкая концентрация электрогенерирующих источников, высокие удельные расходы топлива на электростанциях).

По блоку энергосбережения и энергоэффективности наблюдалось небольшое улучшение положения на всех территориях. Необходимо только отметить рост потерь электроэнергии в электрических сетях Курганской области (почти в 1,5 раза), почти достигших уровня 20 % при 8% в среднем по округу. Анализ ситуации по ЭНБ территорий Уральского округа показывает, что в наиболее тяжелом положении находятся регионы, не имеющие собственной топливной базы и дефицитные по обеспеченности электроэнергией от собственных источников мощности. Однако следует отметить и общие «болезни», не связанные с природными или «наследственными» факторами, а кроющиеся в недостатках системы управления. Прежде всего, это относится к хроническому недоинвестированию отраслей ТЭК, особенно электроэнергетики. Следствием является угрожающее старение объектов электроэнергетики.

Одним из резервов нейтрализации угроз безопасности является проведение активной политики энергосбережения. Однако надо учитывать, что главный потенциал энергосбережения находится не в энергопроизводящих, а в энергопотребляющих отраслях. Со стороны энергетических отраслей энергосбережение должно инициироваться разумной тарифной политикой. В электроэнергетике и в определенной степени в газовой отрасли России сложилась практика «перекрестного тарифного субсидирования», когда одни группы потребителей, переплачивая за потребленную энергию за счет более высоких тарифов, субсидируют менее платежеспособных потребителей, тарифы которым по этой причине устанавливаются заниженными. Однако такая практика, являясь вынужденной, не способствует реализации эффективной политики энергосбережения как не соответствующая принципам рыночной экономики.

Одним из недостатков современной энергетической политики в России, создающих ее энергетической безопасности, является несоответствие сложившейся системы управления энергетикой новой рыночной ситуации в экономике. Это вызвало необходимость реструктуризации энергетических отраслей. Переход к рыночному регулированию первоначально был осуществлен в нефтяной и угольной отраслях. В настоящее время реализуется программа

реструктуризации электроэнергетики. В дальнейших планах находится реструктуризация газовой отрасли. Реализация соответствующих программ проходит с исключительными трудностями и очевидно, что будет сопровождаться появлением новых угроз безопасности. Ее цель – попытка создать в естественных монополиях эффективные рыночные механизмы. Источником реформирования являются, по нашему мнению, не пороки, содержащиеся внутри этих отраслей, а общее стремление государства избавиться от функций обеспечения ресурсами и непосредственного технического и экономического управления конкретными отраслями, оставляя за собой только надзорные функции и функции правового регулирования. В этих условиях естественным монополистам все труднее выживать в рыночном окружении, поскольку государство все больше проявляет свою несостоятельность в эффективном управлении энергетическими отраслями в рамках прежних структур.

Исследования выполнялись при поддержке РФФИ (проект 03-06-80079 и 04-06-96044) и РГНФ (проект 05-02-83216 а/у)

Литература:

- [1] Закон РФ “О безопасности”, Экономика и жизнь, №12, 1994.
- [2] Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации, Л.Л. Богатырёв, В.В. Бушуев, А.А. Куклин, А.Л. Мызин, А.И. Татаркин и др., Екатеринбург, Изд.Урал.ун-та, 1998.
- [3] Российский статистический ежегодник, М., ГКС РФ, 2004.
- [4] Комплексная методика диагностики энергетической безопасности территориальных образований Российской Федерации (вторая редакция), Татаркин А.И., Куклин А.А., Мызин А.Л., Калина А.В. и др., Екатеринбург, ИЭ УрО РАН, 2002.
- [5] Моделирование состояния и прогнозирование развития региональных экономических и энергетических систем, Э.Г.Альбрехт и др.; под ред. А.И. Татаркина, А.А. Макарова, М., Экономика, 2004.
- [6] Комплексная методика диагностики экономической безопасности территориальных образований Российской Федерации (вторая редакция). Ч.1 и 2, Татаркин А.И., Куклин А.А., Мызин А.Л., Калина А.В. и др., Екатеринбург, УрО РАН, 2001.
- [7] С. Кульбак, Теория информации и статистика, М., Наука, 1967.
- [8] Татаркин А.И., Мызин А.Л., Калина А.В., Литвинов В.Г., Дискриминантный анализ состояний безопасности энергосистем, Изв. РАН, Энергетика, №4, 2004.
- [9] L.A. Zadeh, Fuzzy Sets, Inform. Control, v.8, №3, 1965, pp.338-353.
- [10] А. Кофман, Введение в теорию нечётких множеств, М., Радио и связь, 1989.

[11] Л.Л. Богатырёв, А.А. Куклин, А.Л. Мызин, П.Е. Мезенцев, Диагностирование энергетической безопасности и надёжности топливо- и энергоснабжения методами теории нечётких множеств, Изв. РАН, Энергетика, №4, 2004.

[12] Взаимодействие экономических и энергетических факторов при диагностике безопасности регионов России, Татаркин А.И., Мастепанов А.М., Куклин А.А., Мызин А.Л., Калина А.В. и др., Екатеринбург, ИЭ УрО РАН, 2000.



Мызин Анатолий Леонидович

Родился в г.Свердловске (ныне Екатеринбург, Россия) 18 декабря 1939г. В 1962 закончил Уральский политехнический институт (ныне Уральский государственный технический университет – УПИ) по специальности Электрические станции, сети и системы. Кандидат технических наук (1970), доктор технических наук (1994). Область научных интересов – системные исследования в энергетике, экономическая и энергетическая безопасность, проблемы экономического и энергетического развития.