

УДК 621.31

## МНОГОФАКТОРНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕСУРСНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ В ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРА

**Киушкина В.Р.**

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (филиал),  
Технический институт, Нерюнгри, e-mail: viola75@mail.ru*

Статья посвящена анализу отдельных индикаторов оценки энергетической безопасности, которые целенаправленно отражают специфические проблемы автономных систем электроснабжения изолированных территорий Севера. Рассмотрению представлены именно индикаторы блоков оценки обеспеченности электрической энергией потребителей децентрализованной зоны и ресурсной (топливно-энергетической) обеспеченности АЭС. В работе представлено обоснование индикаторов, сохраненных в перечне с уточнением градации их пороговых значений и введенных в перечень. Отдельный акцент сделан на новые индикаторы возобновляемой энергетики. Представлена совокупность признаков и средств возможной и необходимой реализации элементов привлекательности возобновляемых источников энергии с характерной специфичностью децентрализованных зон. Данный анализ позволит получить более развернутую картину состояния энергетической безопасности со стороны ресурсной обеспеченности рассматриваемых территорий, учитывая множественные факторы, характерные для изолированных энергозон.

**Ключевые слова:** изолированность, индикаторы, ресурсы, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, коэффициент самообеспеченности, электропотребление

## MULTIFACTORITY OF RESOURCE SECURITY INDICATORS IN ESTIMATING THE ENERGY SECURITY OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS OF THE NORTH

**Kiushkina V.R.**

*North-Eastern Federal University Ammosov (branch) of the Technical Institute, Neryungri,  
e-mail: viola75@mail.ru*

The article is devoted to the analysis of individual indicators of energy security assessment, which purposefully reflect specific problems of autonomous power supply systems of isolated territories of the north. Consideration is given to the indicators of the blocks for estimating the supply of electric energy to the consumers of the decentralized zone and the resource (fuel and energy) supply of the nuclear power plant. The paper presents the rationale for the indicators stored in the list with the specification of the gradation of their threshold values and entered in the list. A separate emphasis is placed on new indicators of renewable energy. The set of features and means of possible and necessary implementation of the elements of the attractiveness of renewable energy sources with the characteristic specificity of decentralized zones is presented. This analysis will provide a more detailed picture of the state of energy security from the resource supply of the considered territories, taking into account the multiple factors characteristic for isolated energy zones.

**Keywords:** isolation, indicators, resources, renewable energy sources, energy security, self-sufficiency factor, power consumption

Жесткие требования к укреплению позиций энергетической безопасности (ЭнБ) изолированных (автономных) энергозон обоснованы достаточно сложными условиями, в которых функционируют данные энергохозяйства, особенно находящиеся на территориях северных регионов. В существующих исследованиях предлагается перечень показателей, направленных на оценку состояния централизованных энергосистем и отдельных регионов со свойственной им характеристикой. Но специфика, присущая автономным системам электроснабжения, диктует необходимость в формировании своего перечня индикаторов оценки энергетической безопасности изолированных территорий, в корректировке и уточнении показателей оценки. Неоднородность территорий

районов Крайнего Севера, в частности региона Дальнего Востока, включая Республику Саха (Якутия) с энергетической точки зрения характеризует разную степень и неравномерность обеспеченности топливными ресурсами и широкий диапазон уровня энергетической безопасности. Все это обуславливает более глубокий подход к включению специфических особенностей и условий функционирования децентрализованных зон электроснабжения северных регионов в определение и характеристики состава индикативных показателей оценки энергетической безопасности.

Целью исследования является анализ и введение новых индикаторов ресурсной обеспеченности автономных систем электроснабжения изолированных северных

территорий в разрезе оценки состояния энергетической безопасности.

Рассмотрение индикаторов на региональном уровне с позиции оценки децентрализованных территорий должно конкретизироваться на местном уровне с обозначением локальных индикаторов со свойственной специфичностью. Исследование территорий децентрализованных зон Севера предъявляет к отбору индикаторов ряд дополнительных требований. В ранее проведенных автором исследованиях была разработана классификация приоритетности индикаторов, значимых и неприемлемых для оценки исследуемых энергозон в условиях децентрализации и территориальной расположенности. В перечне показателей индикаторы, которые отражают степень обеспеченности электрической энергией потребителей и топливно-энергетической обеспеченности децентрализованной зоны, занимают одну из акцентирующих позиций. Последнее фиксирует факт труднодоступности и удаленности исследуемых территорий.

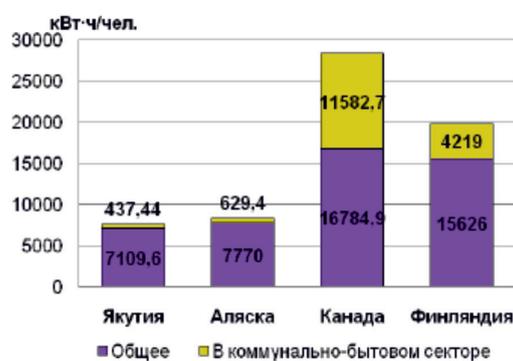
Первый исследуемый показатель – индикатор уровня душевого потребления электроэнергии – сохраним в перечне оценок и отнесем к числу одного из внешних факторов, образующих фон для развития энергетики. Величина среднедушевого электропотребления является одним из индикаторов уровня благосостояния населения страны, а следовательно, ее экономического развития. Этот показатель находится в числе первостепенных индикаторов по проведенной экспертной оценке их рангов [1]. Пороговые уровни показателя душевого потребления элект-

троэнергии связаны с суровостью климатических условий территории. Но надо отметить, что исследуемые децентрализованные территории имеют достаточно низкую отметку температуры с круглогодичным отопительным периодом. Так, в изученных децентрализованных зонах территорий (с присутствием слабо развитых производственных секторов) севера РФ с населением не менее 10 тыс. человек (сельским и городским населением), имеет место действительный уровень потребления 1187,9–2419 кВт·ч/чел. По данным научной литературы [2] душевое потребление электроэнергии в сфере домашних хозяйств и прочих видах деятельности регионов России колеблется в пределах 1977 кВт·ч/чел (2008 г. – 825/1152 кВт·ч/чел в быту/ прочих видах деятельности, включая коммунальное хозяйство) и имеет прирост в сельских населенных пунктах – 3,6%. Сравнительный анализ показателей развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) северных территорий РФ и территорий регионов стран циркумполярного севера (схожих по климатическим условиям, рис. 1) показал [3], что среди северных стран самое высокое среднедушевое электропотребление имеет место в Канаде, Швеции и Финляндии – 7350/4390/4315 кВт·ч/чел.

Опираясь на проведенный анализ данных и уже существующие пороговые значения индикатора, все же можно предположить базовую градацию для северных территорий децентрализованных энергозон (территории с весьма суровым климатом, продолжительность отопительного периода 270 суток [4]): более 1150 кВт·ч/чел – безопасное состояние.



а)



б)

Рис. 1. Потребление электроэнергии промышленностью и населением (а) и на душу населения (б) в Якутии, Канаде, Финляндии и Аляске [3]

В связи с тем, что в децентрализованной зоне северных регионов не функционируют крупные производственные мощности, энергообеспечение в основном носит социальный характер. Поэтому в перечень индикаторов введен индикативный показатель потребления энергии рассредоточенными малыми населенными пунктами самобытной и промышленной жизнедеятельности. На фоне гипертрофированного внимания к проблемам централизованного электроснабжения предлагаемый индикатор слишком индивидуален, но внесет в мониторинг уровня ЭНБ все сектора потребителей децентрализованных территорий северных регионов. Данный индикатор будет характеризовать потребителей, имеющих специфическую электрическую нагрузку примерно до 5 кВт, которая определяется бытовыми нуждами, в первую очередь освещением. Реальный объем душевого потребления электроэнергии даже с учетом северных климатических условий много меньше значений, приведенных в различных исследованиях по пороговым значениям индикатора, не применимых для оценки децентрализованных зон. В данном случае необходимо фиксирование минимального объема данного показателя (величины необходимой потребительской корзины) для каждого индивида, как потребителя электроэнергии определенного территориального кластера с характерным видом жизнедеятельности, который сохраняется на протяжении многих столетий и сохранится как самобытный образ жизни таких потребителей.

С другой стороны, обращаясь ко многим исследованиям, можно утверждать, что низкое значение показателя душевого потребления электроэнергии исследуемыми потребителями при их существующем образе жизни и специфичной электрической нагрузке (достаточной для них в данном случае по потребностям), это не что иное, как низкий уровень развития территории и недостаточно созданные условия для благосостояния такого населения. Возможно, при обосновании данного вопроса потребуются изучение социальной нормы потребления электроэнергии по региону / локальной зоне субъекта РФ, социального статуса таких потребителей в каждом отдельном случае с рассмотрением территориально-политических условий его реализации для создания условий обеспечения минимального уровня жизнеобеспечения, как одной из основных задач ЭНБ отдельной локальной территории, района, региона, субъекта страны, государства. Для данной специфичной группы показателя душевого потребления электроэнергии возможно определение пороговых значений, к примеру, в зависимости от того к какой

инфраструктуре принадлежит микро потребитель децентрализованной зоны (сельский мелкий пункт, промышленное хозяйство, кочевое хозяйство и т.д.).

В рассматриваемый блок введен показатель коэффициента обеспеченности электрической энергией, исходя из того, что он представлен в своем применении с точки зрения выравнивания уровня жизни населения, оценки «доступности электрической энергии». Основание же доступности с разных направлений как раз комментируется выполнением соответствующих показателей – индикаторов. Специфика функционирования объектов децентрализованной энергетики в условиях их существования предполагает верхний порог 100% для электроснабжения местного потребителя локальной энергозоны. Анализ их особенностей (территориальная рассредоточенность, автономность источника электроэнергии, особенность электросетевого хозяйства в пределах территориального кластера и условиях эксплуатации в вечной мерзлоте, фиксированно ограниченный объем отпуска электроэнергии в условиях фактического состояния дизельных электростанций (ДЭС), нерегулярность электроснабжения при нарушениях топливной логистики и т.д.) позволяет предположить следующую дифференциацию пороговых значений индикатора: при значении коэффициента меньше 1 – чрезвычайное состояние по энергодефициту; при значении коэффициента равного 1 – безопасное состояние по сбалансированности электроэнергии; более 1 – безопасное избыточное состояние по установленной мощности ДЭС.

Так же в рассматриваемом блоке существующих исследований фиксируется индикатор доли собственных источников в балансе используемого топлива (котельно-печное, дизельное, газ и т.д.), который уточнен в перечне показателей исследуемых зон. Учитывая, что особенностью децентрализованного электроснабжения являются автономные ДЭС с привозным топливом, все исследуемые территории априори будут находиться в кризисном состоянии по данному показателю. Тем не менее полное исследование данного показателя в разрезе существующих условий функционирования автономных систем электроснабжения и реальных статистических данных по топливным составляющим баланса позволит выполнить коррекцию порога индикатора и предложить градацию: 100% – безопасное состояние по данному индикатору; менее 100% – депрессивное состояние, которое может перейти в чрезвычайное состояние в случае перебоев в поставках привозного

топлива. Разбиение последнего порогового значения индикатора на большее количество групп (процентная градация) не даст показательной для рассуждений картины по состоянию локальных энергозон вследствие специфики исследуемых автономных энергохозяйств.

В исследование введен показатель обеспеченности местными ресурсами (углем, газом, дизельным топливом и т.д.) и является уточняющим. Для децентрализованных зон необходимо провести районирование пороговых уровней по степени возможности перехода к альтернативным видам местных традиционных топливных ресурсов исследуемой зоны и силы связи с близлежащими/прилегающими к ней локальными зонами, обладающими данными видами ресурсов. Аналогично коэффициенту самообеспеченности энергией для децентрализованных зон можно предложить разделение на избыточные и дефицитные территории с варьированием вокруг значения 1. Возможность обеспечения запасами нефти, угля, газа через разведку месторождений децентрализованной зоны [4, 5] – данный показатель сохранен в перечне, является синтетическим и определяется отчетными данными о количестве лет по обеспеченности текущими разведанными извлекаемыми запасами топлива при непосредственном проведении исследований территории. В разрезе децентрализованных зон необходимо отметить состоятельность территорий по потенциальным и освоенным месторождениям, но на текущий момент не изученных геологоразведкой и не освоенных по различным причинам (труднодоступность, высокзатратность, отсутствие финансовых инвестиций и т.д.).

Индикатор доли доминирующего ресурса в общем потреблении топлива [4, 5] в децентрализованной зоне характеризует рациональность топливных балансов в электроэнергетике территорий и сохранен в перечне оцениваемых показателей. Но это не самостоятельный показатель и несет свою значимость в последствиях оценки.

Так же в изученных исследованиях территории группируются по характеристикам обладания собственными топливными ресурсами или присутствия факта их доставки. Надо отметить, что в существующих исследованиях для большей части перечня северных территорий (например, Тюменская область, Ханты-Мансийский АО, Красноярский край, Иркутская область, Республика Саха (Якутия) и др.) данный индикатор не рассчитывался в силу их избыточности по собственным ресурсам доминирующего ресурса. Но предварительный анализ показывает несоответствие данного вывода

в разрезе оценки децентрализованных зон. Изучение показателя позволит оценить диверсифицированность топливно-энергетических ресурсов изолированных территорий. Это позволит увидеть всего лишь степень некоторой готовности к потенциальным изменениям в структуре топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и уровне обеспечения энергетической безопасности с позиции данной характеристики. Если же структура автономных систем электроснабжения (АСЭС) не расположена к изменениям, не подразумевает взаимозаменяемость по использованию иного вида топлива и не имеет возможности перераспределения нагрузки между невзаимосвязанными электроустановками энергозоны, к тому же еще и с разными видами используемого топлива (если таковые имеются), то в случае недостатка доминирующего топлива не имеет значения, какова его доля. Поэтому классификация порогового значения взаимосвязана с анализом структуры АСЭС и специфики их функционирования для каждой конкретной зоны. В случае использования ресурсов местных месторождений предполагается, что все же электроустановки направлены на использование именно данного вида топлива. Поэтому далее решающую роль играет взаимосвязь с состоянием показателя добычи по месторождению и его обеспеченностью запасами.

С учетом расположения децентрализованных зон северных территорий, особенностей существующих энергохозяйств, статуса потребителей электроэнергии и так далее сформирован принцип районирования таких территорий и принята классификация пороговых значений доли доминирующего ресурса в общем потреблении топлива для оценки: группа территорий, с долей 100% привозного топлива для электроснабжения изолированных потребителей – при любом значении показателя будет наблюдаться чрезвычайное состояние для специфики автономности; группа территорий, использующая топливные ресурсы местных месторождений – при использовании собственных ресурсов будет наблюдаться безопасное либо депрессивное состояние в зависимости от доли используемых собственных ресурсов.

Для выявления территорий с возможностью их диверсификации ТЭР местными возобновляемыми ресурсами введен индикатор обеспеченности ресурсами возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Степень обеспеченности территории данным энергоресурсом определится его потенциалом с географической привязкой к децентрализованной зоне, не имея перечисленных для других показателей по топливным

ресурсам коэффициентов зависимостей. Измерение индикатора основывается на обработке характеристических параметров (средняя сезонная скорость ветрового потенциала, солнечная инсоляция, объемы и распределение биомассы и т.д.) возобновляемого энергоресурса территории; на оценке технического потенциала / единичных характеристик возобновляемого энергоресурса территории по типовым методикам. Данный синтетический показатель складывается из соответствующих индикативных показателей объемов потенциала различных видов ВИЭ территории в соотношении с объемами и характером потребляемой электрической нагрузки изолированными потребителями.

На предварительном этапе целесообразно определить приоритетные виды возобновляемых ресурсов для исследуемой территории в виде присутствия перспективного коэффициента обеспеченности с ранжированием диапазона потенциала. Пороговые значения по данному показателю могут быть приняты и уточнены на основании уже существующих исследований в области градации характеристик ветра, солнечной энергии и других ВИЭ для регионов России, но уже на примере отдельно взятых децентрализованных зон северных территорий. Так как потенциал возобновляемого ресурса неисчерпаем, в отличие от традиционного топлива, то определение фиксированных пороговых значений индикатора для оценки его достаточности основывается на соотношении показателей графиков нагрузки потребителей и условий реализации потенциала ВИЭ конкретной децентрализованной зоны электроснабжения. И важным показателем возможности реализации возобновляемого потенциала являются существующие технические разработки энергетических установок, наличие соответствующих прогрессивных и оптимальных технологий наиболее полного использования возобновляемых потенциальных ресурсов.

Районирование по данному показателю целесообразнее производить по характеристической величине потенциала ресурса ВИЭ с географической привязкой к территории. Классификацию пороговых значений данного показателя можно принять только для оценки отдельной децентрализованной зоны электроснабжения с микроклиматическим обследованием и учетом влияющих факторов территории (изменяющаяся нагрузка потребителя, социальный статус потребителя, территориальное расположение АСЭС, климатические условия, изменяющаяся энергия возобновляемого потенциала и т.д.).

Показатель привлекательности развития ВИЭ является введенным в перечень и итоговым в индикативной оценке по показателям потенциала ВИЭ. Здесь предполагается рассмотрение возможности включения коэффициента привлекательности развития таких ресурсов для предварительного рассмотрения их стратегической востребованности при укреплении показателей ЭНБ. Территориальная дифференциация пороговых уровней этого показателя производится по признаку условий изолированности территории. Чем сложнее условия, в которых функционируют изолированные автономные системы электроснабжения, тем серьезнее требования к обеспечению нормальной жизнедеятельности человека с точки зрения ЭНБ северных регионов.

По результатам нового исследования аналитиков компании ЕУ одна из последних современных тенденций – это определение «Индекса (рейтинга) привлекательности стран для развития (инвестирования) отрасли возобновляемой энергетики». Основными факторами, способствующими росту перспективности индекса, являются стоимость внедрения технологий возобновляемой энергетики, определенность и присутствие долгосрочной энергетической политики. Введение коэффициента привлекательности ВИЭ в исследуемой индикативной оценке децентрализованных территорий теоретически несет в себе указанную смысловую нагрузку и предполагает реализацию на локальном уровне в несколько иной интерпретации. Коэффициент привлекательности территории для вовлечения ВИЭ в изолированные системы электроснабжения может быть рассмотрен в виде зависимостей с использованием различных факторов (рис. 2), где степень благоприятности характеризуется потенциальным ресурсом ВИЭ, изолированностью зон, масштабом государственной поддержки.

Описание содержательного значения коэффициента привлекательности сформировано в виде схемы соотношения факторов: ослабевают и могут снизить до незначимого уровня коэффициент привлекательности – нейтрализующие факторы; социальный статус населения и его платежеспособность с чрезмерно высокой стоимостью электроэнергии от АСЭС повышает привлекательность внедрения ВИЭ в зоне, увеличивая коэффициент.

Если имеет место существование инвестиций в проекты реализации возобновляемого потенциала исследуемой территории, либо благоприятный прогноз, то данные факты можно считать усиливающими рассматриваемый индикатор.

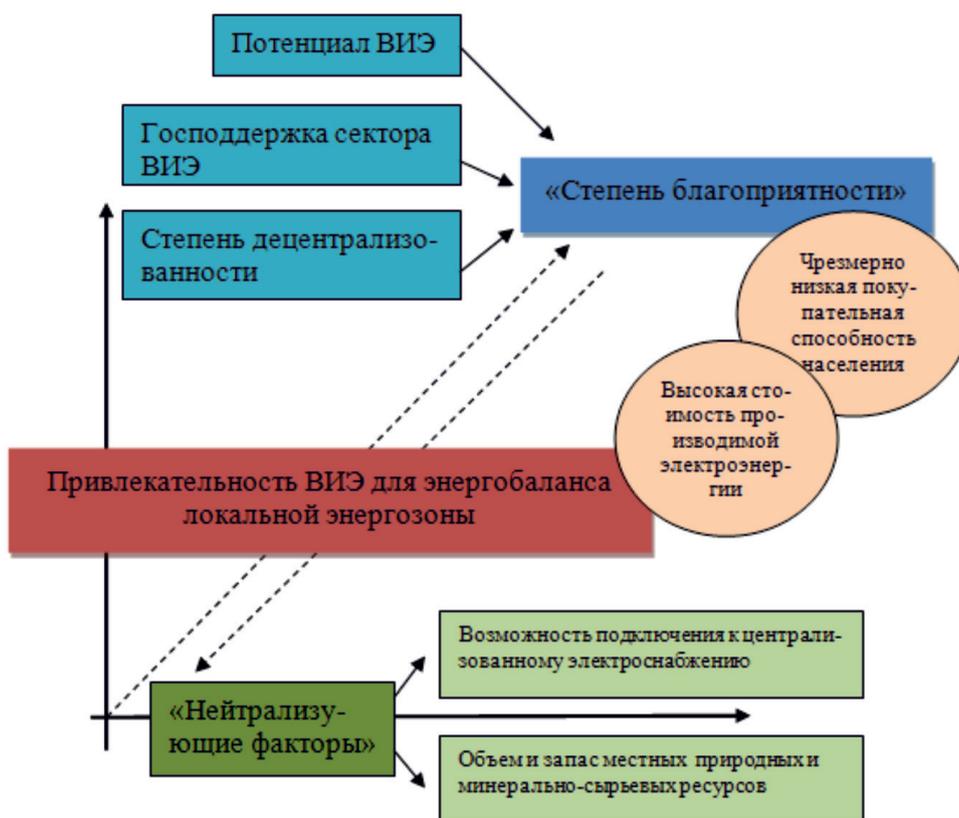


Рис. 2. Совокупность признаков и средств возможной и необходимой реализации элементов привлекательности ВИЭ с характерной специфичностью децентрализованных зон

В случае отличных от нуля индикаторов топливно-ресурсных показателей имеет место для введения в перечень и определения показатель истощения собственной топливной базы. В сравнении с предыдущими показателями данной направленности здесь районирование территорий может определяться: динамикой спроса на собственные топливные ресурсы, темпами расширения масштабов использования собственной топливной базы, степенью возможного развития инфраструктуры децентрализованной зоны и обеспечения комфортного уровня социальной нормы потребителя электроэнергии, причинами истощения (ресурсные проблемы, экологические воздействия, интенсивность развития хозяйств и т.д.), показателями восстановления собственной базы за счет различных направлений (энергосбережение, увеличение добычи полезных ископаемых, переход на возобновляемые и традиционные локальные ресурсы, фактическое снижение объемов электропотребления и т.д.).

Численного значения пороговых уровней показатель истощения собственной топливной базы не имеет, и возможность его оценки связана со сложностью обработки большого массива данных и зависит от наличия исходных и информационных данных по программам развития территории. Данный показатель может быть определен как скорость изменения его содержания во взаимосвязи с одним или группой рассмотренных факторов и представлен в виде лингвистической переменной по типу: «быстрое, медленное, умеренное» с соотношением с уровнями ЭНБ соответственно «наличие угрозы, отсутствие угрозы, возможен переход в кризисное состояние при определенных ситуациях».

Таким образом, индикаторы, которые вошли в оценку блоков обеспеченности электрической энергией потребителей децентрализованной зоны и ресурсной (топливно-энергетической) обеспеченности АЭС рассматриваются на основе анализа большого числа факторов и исходной информации о рассматриваемых

территориях. Совокупность существующих показателей и вновь введенных позволит сформировать реальную картину по специфике децентрализованных энергозон и более адресно выработать меры по укреплению энергетической безопасности с анализируемой позиции.

#### Список литературы

1. Киушкина В.Р. Ранжирование приоритетности индикативных показателей энергетической безопасности децентрализованных энергозон северных территорий // Интернет-журнал «Наукovedение». – 2017. – Т. 9, № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/30TVN317.pdf> (дата обращения: 01.12.2017).

2. Антонов Н.В., Татевосова Л.И. Электропотребление России в 2008 году: вхождение в кризис // Электрика. – 2010. – № 5. – С. 3–12.

3. Старостина Л.В. Сравнение показателей развития топливно-энергетического комплекса Якутии и других северных территорий // Промышленная энергетика. – 2013. – № 10. – С. 21–26.

4. Отраслевые и региональные проблемы формирования энергетической безопасности / Под ред. А.А. Куклина, А.Л. Мызина; Куклин А.А., Мызин А.Л., Богатырев Л.Л., Пыхов П.А., Денисов О.А., Ананичева С.С., Шелюг С.Н., Мезенцев П.Е., Литвинов В.Г. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 384 с.

5. Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. – Новосибирск: Наука, 1998. – 302 с.