

Математические, информационные и интеллектуальные технологии в энергетике

УДК 338.45:620.9(470)

DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.009

Информационная система поддержки управляющих решений в сфере энергетической безопасности децентрализованных энергорайонов

Киушкина Виолетта Рафиковна¹, Лукутин Борис Владимирович²

¹Российское энергетическое агентство Минэнерго России, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Россия, Москва, Kiushkina@rosenergo.gov.ru

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, Томск

Аннотация. Предлагается информационная система, позволяющая оперативно представить численные результаты показателей энергетической безопасности с выбором оптимального варианта построения децентрализованного энергетического комплекса. Архитектура системы позволяет моделировать различные ситуации и визуализировать индикативные показатели энергетической безопасности территории или объекта, в результате последствий аварийных ситуаций, изменения структуры автономных систем электроснабжения, например, введением возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и т.д. Набор и сочетание выбранных модулей в разработанной системе мониторинга состояния энергетической безопасности удаленных и изолированных территорий позволяет осуществлять систематический контроль его уровня. Итоговым этапом функционирования информационно-аналитической системы является определение рациональных и эффективных, с точки зрения укрепления энергетической безопасности, мероприятий. Исследуемые энергозоны со специфическими особенностями существования не имеют должной способности «сопротивляться» воздействиям угроз энергетической безопасности природного или территориального характера, поэтому модуль сигнализации системы об уровне состояния энергетической безопасности позволяет оценить степень кризисности ситуации и предложить переход к одному из видов механизмов воздействия по ее улучшению. Оперативный мониторинг сопровождается определением предполагаемых отдельных результирующих эффектов для предложенного комплекса мероприятий. Разработанная информационно-аналитическая система позволяет, в интегрированной среде оценки уровня энергетической безопасности, производить расчеты текущих показателей индикаторов энергетической безопасности с учетом специфики децентрализованных территорий Севера и Арктических зон. Алгоритм выявления и оценки слабых и уязвимых мест энергетической безопасности обеспечивает определение приоритетных территорий с жесткими требованиями по обеспечению комфортных условий жизнедеятельности потребителей электроэнергии. Модель и инструментарий диагностики децентрализованных территорий могут быть использованы как на существующих децентрализованных объектах и территориях, так и на прединвестиционной стадии цикла мероприятий по повышению уровня энергетической безопасности.

Ключевые слова: информационная система, структура, алгоритм, аналитический модуль, мониторинг, энергетическая безопасность, локальная энергетика, децентрализованное электроснабжение

Цитирование: Киушкина В.Р. Информационная система поддержки управляющих решений в сфере энергетической безопасности децентрализованных энергорайонов / В.Р. Киушкина, Б.В. Лукутин // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2025. – № 4(40). – С.114-127. – DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.009.

Введение. Напряженное состояние функционирования систем децентрализованного электроснабжения объективно обусловлено специфическими особенностями их географического расположения и состояния региональной экономики, которые уже сами по себе порождают ряд локальных рисков в области энергетической безопасности (далее – ЭНБ). Если централизованная энергетика в таких случаях способна сохранять живучесть, то децентрализованная энергетика изолированных труднодоступных территорий (далее – ИТТ), отличающаяся низкими показателями энергоэффективности, имеет реальные риски перехода к критическому состоянию при негативном изменении экономических условий и возникновении опасных событий различного характера [1-4].

Более чем актуально и целесообразно обеспечить организацию единого информационного пространства для совместной работы специалистов административных, проектных, производственных и оперативных служб при эксплуатации и планировании развития технических систем муниципальных образований и предприятий с регламентами аудита в области обеспечения критериев всех единых видов безопасностей (энергетической, экологической, экономической, эпидемиологической и т.д.). Такая цифровая платформа должна быть интегрирована в существующие региональные (территориальные) информационные системы и способствовать обеспечению благоприятной среды жизнедеятельности территориальных образований.

В современных условиях решение задач повышения эффективности региональной энергетической политики целесообразно решать с помощью специализированных информационно-аналитических систем. Информационные данные систем, при своевременном их обновлении, способны обеспечивать оперативное принятие решений по контролю и управлению различными аспектами ЭНБ. В настоящее время не существует действующих информационно-аналитических систем, обеспечивающих полноценную интеграцию всего многообразия факторов ЭНБ регионального уровня, в том числе с присутствием ИТТ, хотя методические подходы к созданию таких систем известны [5-7].

1. Иерархические уровни сбора и анализа информационных данных. Перечень источников данных для информационно-аналитического обеспечения функционирования систем по мониторингу, оценке и прогнозированию состояния ЭНБ, включая ГИС и другие информационные системы, определяется с учетом типов данных, необходимых для расчета показателей ее состояния, идентификации и актуализации опасных событий, негативных тенденций, уязвимостей, рисков и угроз, анализа их характеристик, способности оказать влияние на состояние ЭНБ и потенциальные последствия.

В соответствии с пунктом 1 статьи 4 Федерального закона от 03.12.2011 № 382-ФЗ «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса», функционирует ГИС ТЭК, предназначенная для автоматизации процессов сбора, обработки информации в целях включения в ГИС ТЭК, хранения такой информации, обеспечения доступа к ней, ее предоставления и распространения, повышения эффективности обмена информацией о состоянии и прогнозе развития ТЭК [8].

На федеральном уровне действуют ситуационные центры Президента Российской Федерации, Администрации Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, Совета Безопасности Российской Федерации, ряда министерств и ведомств, в том числе Министерства энергетики Российской Федерации [9].

Для обеспечения процесса принятия решений и контроля их выполнения на окружном и региональном уровнях создаются ситуационные центры субъектов Российской Федерации [10-12].

На федеральном и региональном уровнях для координации действий при возникновении или угрозе возникновения опасных событий, нештатных, аварийных и чрезвычайных ситуаций на объектах энергетики функционируют штабы федеральных органов исполнительной власти, в том числе Федеральный штаб Минэнерго России по подготовке к прохождению осенне-зимнего периода, Правительственная комиссия по обеспечению безопасности электроснабжения (федеральный штаб), и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации [13, 14].

В соответствии с пунктом 37 Доктрины [15], органы государственной власти субъектов Российской Федерации в пределах своей компетенции участвуют с учетом региональных особенностей в обеспечении ЭНБ, обеспечивают осуществление мониторинга состояния ЭНБ на территориях соответствующих субъектов Российской Федерации.

Высокая динамика изменений исходных данных для оценки индикативных показателей ЭНБ во времени делает работу громоздкой, остро встает вопрос не только оперативного доступа к данным для их обработки и анализа, но и наглядного их представления. Создание информационно-аналитической платформы с комплексным инструментальным решением к оценке состояния ЭНБ регионов Российской Федерации, включающим экспертно-аналитический модуль анализа ситуаций и блок технических и управляющих организационных решений, обеспечивающих улучшение показателей состояния ЭНБ и региональной экономики в целом, предполагает цель, направленную на:

- поддержку принятия стратегических решений в области ЭНБ первыми руководителями государства и бизнеса, поддержку принятия решений на региональном уровне;
- формирование многовариантных долгосрочных прогнозов развития ситуации с ЭНБ регионов и страны;
- поддержку разработки стратегий и сценариев развития экономики и бизнеса.

Одной из приоритетных задач такой платформы является оперативное представление информационно-аналитической информации для структур с разными уровнями принятия решений.

Для федеральных органов власти Российской Федерации (Минэнерго, Минстрой, Минэкономразвития, ФАС, аппарат Правительства РФ, Комитет по энергетике Государственной Думы Российской Федерации и др.) необходима информация по ключевым отраслевым показателям ТЭК страны в сфере обеспечения ЭНБ с детализацией на региональном и отраслевом уровне (по субъектам и компаниям).

Для руководителей компаний ТЭК – сравнительная аналитика с блоками рейтингования и сопоставления с другими российскими и международными компаниями по ключевым показателям технологической, производственной, экологической эффективности.

Для руководителей регионов Российской Федерации – доступ к следующим блокам информации:

- место субъекта Российской Федерации в рейтингах субъектов по разным направлениям развития ТЭК, включая показатели объемов добычи/производства и потребления энергоресурсов;
- важнейшие показатели оценки состояния региональной ЭНБ;
- показатели энергоэффективности, экологичности;
- доходы и расходы бюджета и их динамика в сфере ТЭК и теплоснабжения;
- данные по основным компаниям в сфере ТЭК и теплоснабжения субъекта РФ;
- инвестиционные планы компаний ПАО «Россети», ПАО «Газпром» и энергетических компаний по объектам субъекта Российской Федерации;
- балансы энергоресурсов, состояние и перспектива, экологические последствия – в целом по субъекту Российской Федерации и по муниципальным образованиям;
- тарифы на электроэнергию, тепло и топливо для населения – в целом по субъекту Российской Федерации и по муниципальным образованиям;
- стоимостные балансы в сфере ТЭК и теплоснабжения, состояние и перспектива, бюджетные и социальные (доля в платежах граждан за ЖКУ) последствия – в целом по субъекту Российской Федерации и по муниципальным образованиям;
- показатели готовности к отопительному периоду – в целом по субъекту Российской Федерации и по муниципальным образованиям;
- платежи в сфере электро-, газо- и теплоснабжения – состояние и прогнозы;
- данные по всем муниципальным образованиям в сфере ТЭК и теплоснабжения – состояние и перспектива с тарифными и бюджетными последствиями;

- ситуационная карта с авариями и крупными инцидентами в сфере ТЭК и теплоснабжения субъекта Российской Федерации и их состоянием;
- лента важнейших новостей по вопросам ТЭК в целом, электро-, газо- и теплоснабжения субъекта Российской Федерации;
- изменения в законодательстве по ТЭК в целом, электро-, газо- и теплоснабжению, важные для субъекта Российской Федерации.

Кроме баз данных, региональный блок информационно-аналитической платформы должен содержать экспертно-аналитические характеристики ЭНБ субъекта Российской Федерации для возможности управления ЭНБ и рисками регионального уровня:

- отражать профиль локальных рисков ЭНБ (с географической привязкой и учетом специфических особенностей);
- отражать параметры локальных рисков, выполнять категоризацию масштаба ущербов и вероятности реализации риска для определенного региона;
- осуществлять мониторинг, оценку и прогнозирование изменения региональных ситуаций по состоянию ЭНБ и автономных объектов электрификации;
- визуализировать уровень обеспечения ЭНБ с учетом региональных особенностей, в том числе в развитии энергетики геостратегических территорий, включая Арктическую зону Российской Федерации.

Информационно-аналитическая платформа должна являться эффективным инструментом контроля за планированием и реализацией мер по обеспечению ЭНБ региона.

В статье предлагается вариант разработки регионального блока информационно-аналитической платформы мониторинга состояния региональной ЭНБ, включая уровень низового звена – децентрализованного энергетического комплекса электроснабжения (далее – ДЭКЭС) на территории Республики Саха (Якутия).

2. Информационная диаграмма моделируемого комплекса оценки уровня состояния региональной энергетической безопасности. Для построения информационной интегрированной системы использован вариант геоинформационной платформы SakhaGis и RHPMyAdmin, представляющий собой веб-интерфейс, с помощью которого можно администрировать сервер MySQL, запускать команды и просматривать содержимое таблиц и баз данных через браузер. Для формирования баз данных были выбраны следующие информационные ресурсы: карты SakhaGis (карты, спутники), Google (карты, спутники), WRDC (Мировой центр радиационных данных), NASA SEE (спутник), Росреестр, ТопоMAP, ESRI (спутник); база субъектов, районов, населённых пунктов Российской Федерации (Toster); базы данных по ТЭК Республики Саха (Якутия).

Обобщенная блок-схема реализации интегрированной информационной системы (далее – ИИС) представлена на рисунке 1. Модуль «Массивы данных 1» содержит в основном таблицы, различные нормативные документы, техническую и технологическую документацию, различные типы карт, позиционирование в пространстве и времени объектов энергетики и их характеристики, состояние объектов энергетики, территориальные кластеры и т.д. Указанная информация поступает в базовый модуль 2.

Базовый модуль 2 – центральный сервер приёма, сортировки и хранения данных по территориям, генерирующим объектам, техническим характеристикам и иным сведений. Данные основаны на расчетных процедурах и наглядном представлении статистических массивов информации. Данные поступают в расчётно-сравнительный модуль 3 или в сопровождающий модуль 5 для дальнейшей обработки.

Расчётно-сравнительный модуль 3 состоит из аналитического и сравнительного блоков.

Расчетный модуль (Аналитический блок) 3 – дает возможность расчета индикативных показателей оценки ЭНБ, на основе мониторинга её состояния. Достаточный объем статистической информации позволяет контролировать динамику ситуации: присутствие отрицательных факторов и высокого сочетания рисков по возникновению угроз отражает скорость ухудшения состояния индикатора.

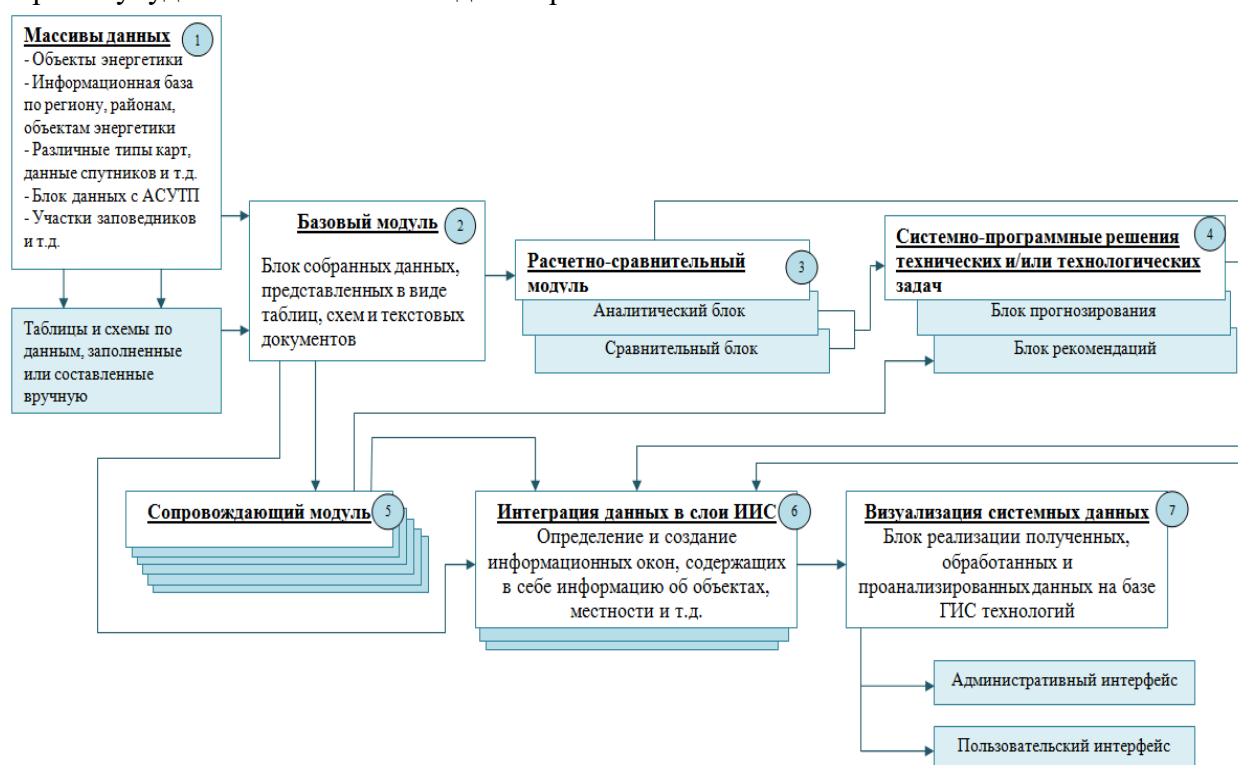


Рис. 1. Блок-схема региональной системы мониторинга ЭНБ, включая оценку ЭНБ ДЭКЭС

Сравнительный модуль блока 3 выполняет сравнение результатов расчетов с пороговыми значениями индикаторов для определения уровня ЭНБ. Эта процедура обеспечивает картированную визуализацию уровней ЭНБ; присвоение им индекса уровня ЭНБ (0-1); графическое представление Н-распределения уровня ЭНБ.

Сопровождающий модуль 5 является вспомогательным и включает в себя внешние ссылки (на различные внешние базы данных, запросы к моделям гибридных автономных комплексов с участием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и т.д.) и внутренние ссылки (запрос к различным базам данных и модулям). Необходимые данные из блоков 3, 5 поступают в блок системно-программных решений 4.

Блок системно-программных решений 4 позволяет также выработать рекомендации по решению технических и технологических задач обеспечения ЭНБ ДЭКЭС.

В конечном итоге основная информация представляется в блоке визуализации системных данных 7 с выводом на пользовательский и административный интерфейсы.

Доступ пользователей к работе в системе с различными блоками организован в соответствии с разграничением прав допуска, который осуществляется обращением к администратору системы. Для системы определены уровни категорий пользователей:

1. Заинтересованные лица, частные компании. Эта группа пользователей получает доступ к информации общего характера.
2. Государственные и отраслевые структуры имеют доступ к информации по своей отрасли и направлению деятельности. Эта группа пользователей имеет право вносить данные текущего состояния индикаторов ЭНБ только в зоне своей ответственности. Для доступа в другой блок по иной отраслевой структуре понадобится запрос на доступ.

3. Научно-исследовательским структурам доступна вся информация, они могут запрашивать доступ к базам данных, которые внесла 2 группа. Работа в системе этой группы фиксируется и позволяет ведомственным структурам видеть и иметь информацию о тех, кто занимается вопросами в направлении их деятельности. Такая модель позволяет иметь возможность совместной деятельности с конкретными пользователями.

Представленная структура доступа к системе позволяет связать в единое пространство все указанные категории пользователей, что позволяет повышать эффективность мероприятий, направленных на укрепление энергетической безопасности.

Мониторинг состояния энергетической безопасности ДЭКЭС осуществляется по разработанному алгоритму. Структура алгоритма содержит несколько модулей:

1. Базовый модуль – данные по территориям, генерирующим объектам, техническим характеристикам и иным данным; включает в себя подразделы: общий информационный кластер, информационный энергетический кластер ДЭКЭС, ценологический анализ [16], базы данных по расчету значений групп индикаторов. Данные основаны на расчетных процедурах и статистических массивах информации.

2. Модуль эко-зоны включает в себя информационное поле на интерактивной карте с тематической маркировкой по заповедникам, другим экологически-ресурсным зонам, объектам технического кластера и территориям жизнедеятельности коренных малочисленных народов севера. В модуле выполняется районирование по экологической составляющей ЭНБ в виде карт-схем с тематическими слоями (наложением всех влияющих факторов) и выделением зоны по наиболее остро проявляющимся ситуациям, угрожающим и нарушающим экологический «иммунитет» территории.

3. Модуль потенциала ВИЭ [17]. Включает в себя атрибутивные данные, кластерный анализ данных по солнечному потенциалу; кластерный анализ данных по ветровому потенциалу; кластерный анализ данных по биоэнергетическому потенциалу; кластерный анализ данных по гидравлическому потенциалу; визуализация данных потенциалов; индикаторы привлекательности ВИЭ в ЭНБ; блок оптимизации автономных систем электроснабжения с участием ВИЭ.

4. Модуль ЭНБ представляет собой интерактивную среду (карты) с тематическими маркировками и выбором различных типов карт, а также имеет наглядное представление показателей ЭНБ на картах. Этот модуль имеет взаимосвязь с остальными модулями, что дает возможность ввода текущих данных для расчета индикативных показателей. Достаточный объем статистической информации позволяет фиксировать изменения в ситуации: присутствие отрицательных факторов и высокого сочетания рисков по возникновению угроз отражает динамика ухудшения состояния индикатора. Сравнительный модуль результатов расчетов с пороговыми значениями индикаторов энергетической безопасности позволяет классифицировать её уровень.

Интегрированная информационная система поддерживает единый репозиторий, выполняющий функции создания, ведения и предоставления пространственных данных, необходимых для анализа и оценки показателей, получения многофакторной информации о территории с геолокацией энергетических объектов и населённых пунктов, мониторинга уровня ЭНБ объектов и возможности ВИЭ в уязвимых кластерах ее состояния с географической привязкой.

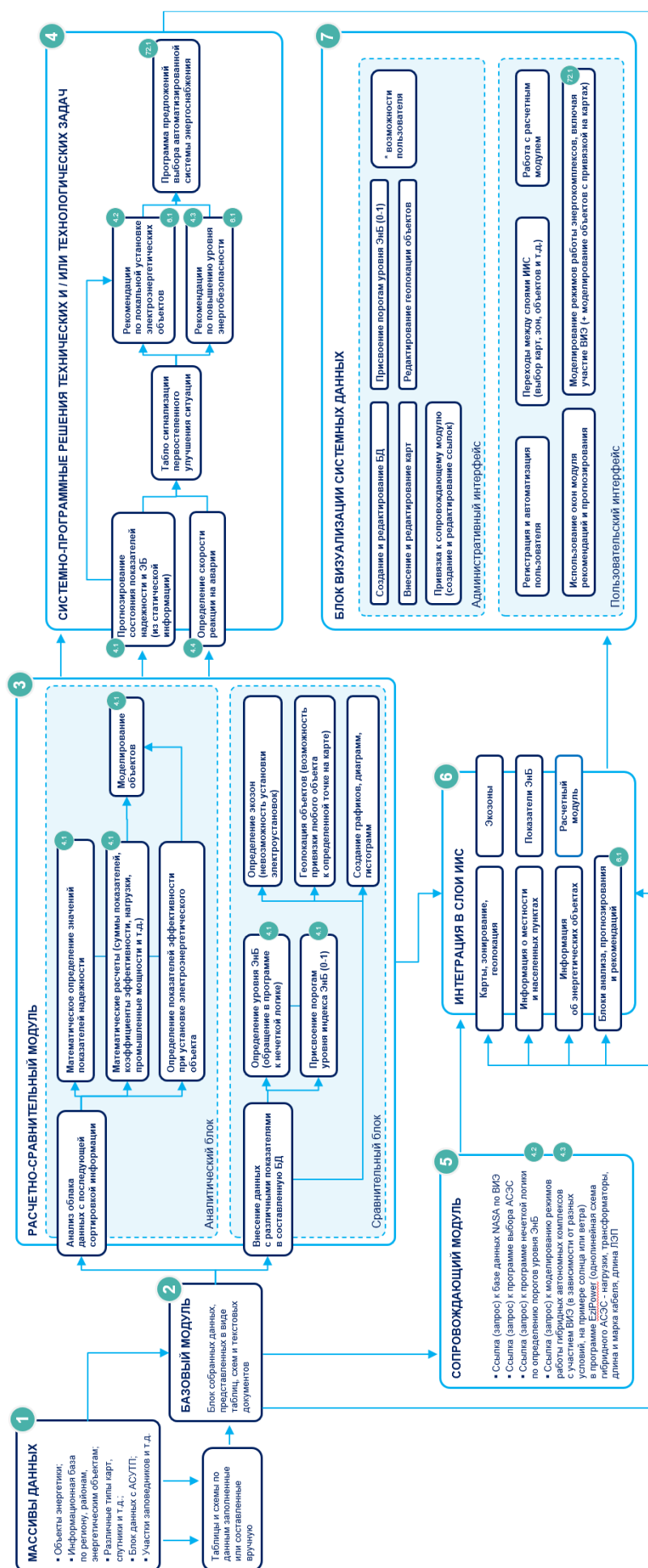


Рис. 2. Развернутая схема функционирования региональной информационно-интегрированной системы мониторинга ЭНБ

Информационная система разработана в виде веб-сайта, что является весьма удобным, поскольку предоставляется дистанционный доступ к ее инструментам в любое время, а простой и понятный интерфейс не требует дополнительного программного обеспечения и специальных знаний для осуществления необходимых расчетов. В качестве языков программирования использованы HTML и CSS для создания интерфейса и содержимого модулей системы, JavaScript позволил реализовать механизмы расчетов значений индикаторов и выполнения сравнительного анализа с пороговыми уровнями.

Алгоритм расчета (рисунок 3) индикативных показателей энергетической безопасности реализует взаимосвязь между отдельными блоками, с целью достижения обоснованности и оперативности принимаемых решений.

Расчет индикативных показателей осуществляется по заданному инструментарию. Возможность ввода исходных данных и взаимосвязь с массивами данных базового модуля позволяет оценить динамику поведения индикатора ЭНБ и устанавливать причины нарушения безопасного состояния. Анализ динамических рядов индикаторов позволяет судить о том, с какой скоростью осуществляются процессы улучшения или ухудшения ситуации по ЭНБ во времени.

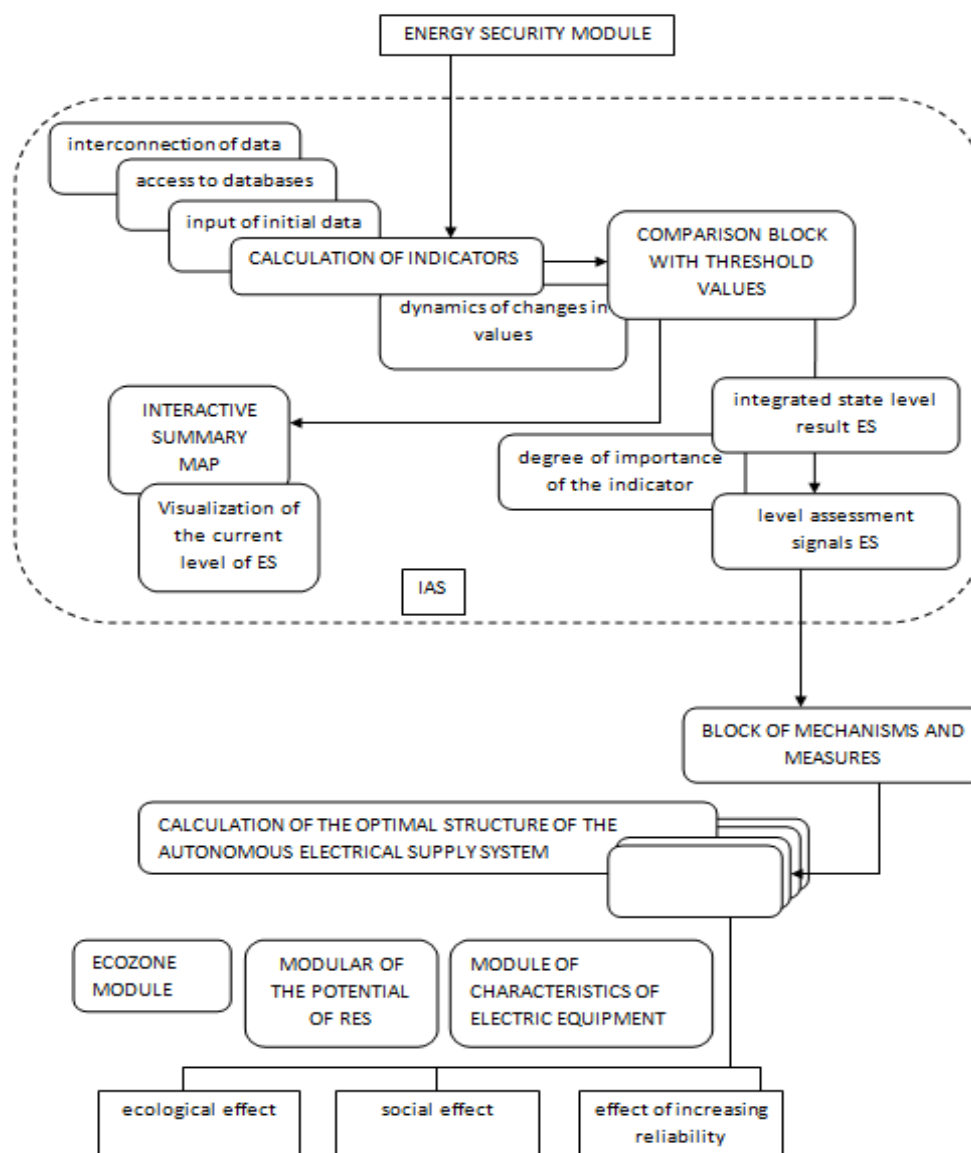


Рис. 3. Алгоритм информационной системы (IAS) оценки уровня ЭНБ

Информационная система позволяет осуществить анализ облака данных с определением значений индикативных показателей ЭНБ (рисунок 4) с последующей сортировкой и визуализацией информации – созданием графиков, диаграмм, гистограмм.

Б2. Блок ресурсной (топливно-энергетической) обеспеченности системы энергоснабжения децентрализованной зоны

2.1.1. Доля собственных источников в балансе КПП в децентрализованной зоне

Рассматривается как степень самообеспеченности территории данным топливным ресурсом.
 Инструментарий измерения индикатора: типовые расчетные формулы.

Собственное производство ($R'_{\text{собпр}}$) =

Потребление основных видов топлива на территории ($B'_{\text{потр}}$) =

$\alpha'_{\text{топсоб}} =$

2.1.2. Коэффициент обеспеченности углем, газом, дизельным топливом и т.д.

2.2. Возможность обеспечения запасами нефти, угля, газа через разведку месторождений децентрализованной зоны

2.3. Доля доминирующего ресурса в общем потреблении топлива в децентрализованной зоне

2.4. Коэффициент обеспеченности возобновляемыми ресурсами децентрализованной зоны

2.5. Коэффициент привлекательности развития ВИЭ для децентрализованной зоны

Коэффициент привлекательности территории для вовлечения ВИЭ в изолированные системы электроснабжения может быть рассмотрен в виде расчетно-аналитических зависимостей с использованием различных факторов: потенциальный ресурс ВИЭ, степень децентрализации, масштабы государственной поддержки, возможность подключения к централизованному электроснабжению, стоимость производимой электроэнергии, социальный статус населения и его платежеспособность.

Инструментарий измерения индикатора: типовые расчетные формулы.

Показатель завоза топлива ($F_{\text{завозтоп}}$) =

Доля износа (деградационного состояния) многозвенный сезонно ограниченный завод с высокой изолированностью (1)

Доля топливной составляющей в стоимости электроэнергии ($F_{\text{топ ээ}}$) =

Наличие административной и государственной поддержки ($F_{\text{гос под}}$) =

Фактор присутствия привлекательности $k_{\text{привлекВИЭ}}$ =

Возможность подключения к централизованному электроснабжению ($F_{\text{цэс}}$) =

Себестоимость производимого 1 кВтч электроэнергии - доля от регионального значения ($F_{\text{себ_ээ}}$) =

Платежеспособность населения ($F_{\text{соц_д_тариф}}$) =

Доля собственных источников в балансе топливных ресурсов с обозначением назначения ($F_{\text{топ соб}}$) = $\alpha'_{\text{топсоб}}$ =

Фактор отсутствия привлекательности $k_{\text{от_привлекВИЭ}}$ =

2.6. Показатель истощения собственной топливной базы

2.7. Оценка текущих разведанных извлекаемых запасов топлива по отношению к его годовой добыче:

Рис. 4. Скриншот окна расчета индикаторов оценки ЭНБ исследуемого уровня

При этом анализ укрупненных групп важнейших показателей, рассчитанных на исходных данных определенного периода наблюдения, позволяет выделить слабые позиции в состоянии ЭНБ каждого субъекта Российской Федерации. При выделении указанных позиций в оценке состояния ЭНБ субъектов Российской Федерации использованы наименования пороговых значений: чрезвычайное состояние – необходимость оперативного инициирования деятельности в направлениях обеспечения ЭНБ с недостаточностью мер, принятие стратегических решений в области обеспечения ЭНБ; депрессивное состояние –

необходимость пересмотра действующих мер и усиление контроля за их реализацией, а также корректировки управленческих решений в области обеспечения ЭНБ.

На мониторе появляется градиентная полоса, цвет которой будет обозначать степень состояния ЭНБ децентрализованной зоны. Чрезвычайное состояние интерпретируется красным цветом. Градиент от оранжевого до жёлтого обозначает депрессивное состояние с соответствующим процентом. Цвет от зелёного до бирюзового показывает условно безопасное состояние определённых блоков ЭНБ. На рисунке 5 приведён вид экрана монитора с иллюстрацией состояния ЭНБ в области надежности топливо- и энергоснабжения децентрализованной зоны на примере Республики Саха (Якутия).

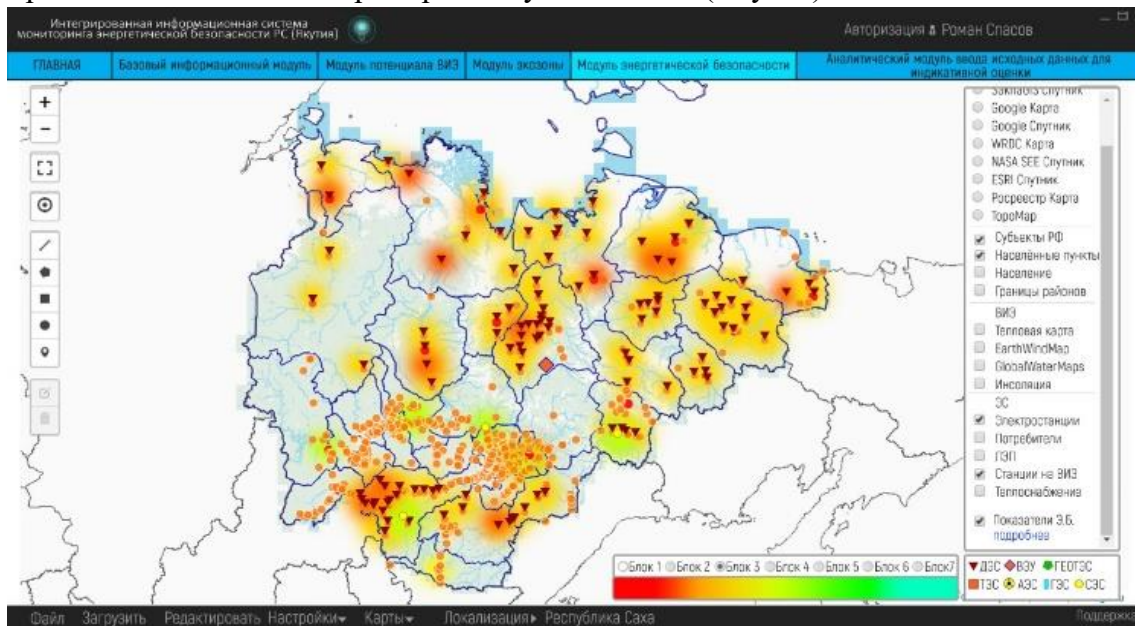


Рис. 5. Блок состояния ЭНБ в области надежности топливо- и энергоснабжения децентрализованной зоны

Заключение. Предлагаемая информационная система является эффективным и удобным инструментом, который позволяет оперативно представить результаты пользователям и дает возможность самостоятельно производить вычисление показателей ЭНБ с выбором оптимального варианта построения децентрализованного энергетического комплекса. Помимо явного удобства пользования системой, её архитектура позволяет перейти к моделированию различных ситуаций и форм визуализации индикативных показателей ЭНБ территории или объекта в результате последствий аварийных ситуаций, изменения структуры автономных систем электроснабжения, например, введением ВИЭ и т.д.

Сочетание выбранных модулей в разработанной системе мониторинга состояния энергетической безопасности удаленных и изолированных территорий позволяет осуществлять систематический контроль ее уровня. Итоговым этапом функционирования информационно-аналитической системы является определение рациональных и эффективных, с точки зрения укрепления ЭНБ, мероприятий. Дополнительные меры по ее обеспечению через сочетание традиционных энергоресурсов и доступных источников возобновляемой энергии основаны на определении наиболее эффективных путей с разных точек зрения (достижение наиболее экономического решения, технологического совершенства, социального эффекта, целей экологической политики и т.д.). На основе визуализации «уязвимых» и слабых позиций и аналитической обработки оперативной информации появляется возможность повысить качество принимаемых стратегических решений в области ЭНБ.

Исследуемые энергозоны со свойственными специфическими особенностями существования не имеют должной способности «сопротивляться» воздействиям угроз ЭНБ,

например, природного или территориального характера. Поэтому модуль сигнализации системы об уровне состояния ЭНБ позволяет оценить степень кризисности ситуации и предложить переход к одному из видов механизмов воздействия по ее улучшению. Оперативный мониторинг сопровождается определением предполагаемых отдельных эффектов для предложенного комплекса мероприятий.

Разработанная информационная система позволяет, в интегрированной среде оценки уровня ЭНБ, выполнять расчеты текущих показателей индикаторов ЭНБ с учетом специфики децентрализованных территорий Севера и Арктических зон. Методика оценки слабых и уязвимых мест ЭНБ обеспечивает определение приоритетных территорий с жесткими требованиями по обеспечению комфортных условий жизнедеятельности потребителей электроэнергии.

Модель и инструментарий диагностики децентрализованных территорий исследуемых климатических кластеров могут быть использованы как на существующих децентрализованных объектах и территориях, так и на прединвестиционной стадии цикла мероприятий по повышению уровня ЭНБ.

Список источников

1. Lukutin B., Kiushkina V. Energy security of northern and arctic isolated territories. E3S Web of Conferences, 2019, vol. 77, p. 01008, DOI: 10.1051/e3sconf/20197701008.
2. Kiushkina V., Antonenkov D. Specifics of assessing energy security of isolated energy service areas in territories with harsh climatic conditions. International journal of energy technology and policy, 2019, vol. 15, no. 2/3, pp. 236–253.
3. Lukutin B., Kiushkina V. Matrix of vulnerability of decentralized areas to local energy security risks in the northern and arctic zones in the structural set of solutions. E3S Web of Conferences, 2020, vol. 209, p. 06012, DOI: 10.1051/e3sconf/202020906012.
4. Лукутин Б.В. Характеристики энергетической безопасности децентрализованного района и автономного объекта электрификации / Б.В. Лукутин, В.Р. Киушкина // Вестник ИРГТУ, 2021. – № 25(1). – С. 66-79.
5. Сендеров С.М. Методика мониторинга состояния энергетической безопасности России на региональном уровне / С.М. Сендеров, Н.И. Пяткова, В.И. Рабчук, и др. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2014. – 146 с.
6. Lukutin B., Kiushkina V. Intellectual energy security monitoring of decentralized systems of electricity with renewable energy sources. E3S Web of Conferences, 2018, vol. 69, p. 02002, DOI: 10.1051/e3sconf/20186902002
7. Быкова Е.В. Вычислительный комплекс для мониторинга и анализа энергетической безопасности / Е.В. Быкова, В.М. Постолатий, и др. // Международная конференция «Energy of Moldova – 2012. Regional aspects of development». – Кишинев, Республика Молдова, 4–6 октября 2012 г. – С. 63-69.
8. Федеральный закон от 03.12.2011 № 382-ФЗ «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса».
9. Ситуационные центры и центры управления для органов государственной власти. – URL: <https://solutions.polymedia.ru/gov?ysclid=mcrrjiz61pu619815717> (дата обращения: 17.03.2025)
10. Информационно-аналитическая система Ситуационный центр главы субъекта. – URL: https://at-siberia.ru/situacionnyj_centra_glavy_subekta (дата обращения: 12.01.2025)
11. Ситуационный центр социально-экономического развития регионов Российской Федерации. – URL: <https://regstat2.rea.ru> (дата обращения: 15.06.2025)
12. Информационно-аналитическая система Ситуационный центр Главы Республики Саха (Якутия – URL: <https://src-sakha.ru/docs/ias-sc?ysclid=mcrrk74nhx7446580912> (дата обращения: 10.06.2025)
13. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 86 "О штабах по обеспечению безопасности электроснабжения" (с изменениями и дополнениями от 10.09.2024).
14. Плиско С.А. Энергетическая безопасность субъектов РФ как залог реализации энергетической стратегии России до 2030 года // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование, 2011. – Вып. 4. – С. 138-143.
15. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2019 г. № 216 Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации
16. Kiushkina V., Antonenkov D. Rang analysis of distributed electricity consumers of decentralized energy zones of the north and arctic regions of the Russian federation. 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602483.

17. Лукутин Б.В. Влияние возобновляемой энергетики на энергетическую безопасность децентрализованных систем электроснабжения / Б.В. Лукутин, В.Р. Киушкина // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии, 2020. – Т. 13. – № 5. – С. 632-642.

Киушкина Виолетта Рафиковна. Доцент, доктор технических наук, Российское энергетическое агентство Минэнерго России, руководитель Департамента энергетической безопасности и инфраструктуры ТЭК, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, профессор кафедры безопасности цифровой экономики и управления рисками. Основные направления исследований: энергетическая безопасность, надежность энергетических систем, управление рисками, децентрализованное электроснабжение, возобновляемая энергетика, малая энергетика Севера. AuthorID (РИНЦ): 597361, SPIN: 5146-2083, ORCID: 0000-0002-7791-1844, Kiushkina@rosenergo.gov.ru. г. Москва, улица 8 Марта 12.

Лукутин Борис Владимирович. Профессор, доктор технических наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, профессор отделения Энергетики и электротехники Инженерной школы энергетики. Основные направления исследований: энергетическая безопасность, надежность энергетических систем, децентрализованные системы электроснабжения, возобновляемая энергетика. AuthorID (РИНЦ): 113093, SPIN: 5558-7038, ORCID: 0000-0002-2049-6635, Lukutin48@mail.ru. г. Томск, улица Усова 7.

UDC 338.45:620.9(470)

DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.009

Information system for supporting management decisions in the field of energy security of decentralized energy districts

Violetta R. Kiushkina¹, Boris V. Lukutin²

¹Russian energy agency of the ministry of energy of Russia, Gubkin Russian state university of oil and gas, Russia, Moscow, *Kiushkina@rosenergo.gov.ru*

²National research Tomsk polytechnic university, Russia, Tomsk

Abstract. An information system is proposed that allows for the prompt presentation of numerical results of ENB indicators with the selection of the optimal option for building a decentralized energy complex. The system's architecture enables the simulation of various situations and the visualization of indicative indicators of ENB for a territory or facility, such as the consequences of emergencies, changes in the structure of autonomous power supply systems, including the introduction of renewable energy sources, etc. The combination of selected modules in the developed system for monitoring the energy security of remote and isolated territories allows for the systematic monitoring of its level. The final stage of the information and analytical system's functioning is the determination of rational and effective measures for strengthening energy security. The studied energy zones, with their specific characteristics, do not have the necessary ability to "resist" the effects of natural or territorial energy security threats. Therefore, the system's alarm module for the level of the ENB state allows us to assess the degree of the crisis situation and suggest a transition to one of the types of mechanisms for improving it. Operational monitoring is accompanied by the determination of the expected individual results for the proposed set of measures. The developed information and analytical system allows us to assess the level of the ENB in an integrated environment and calculate the current indicators of the ENB, taking into account the specifics of the decentralized territories of the North and the Arctic zones. The algorithm for identifying and assessing the weak and vulnerable points of the ENB ensures the identification of priority areas with strict requirements for ensuring comfortable living conditions for electricity consumers. The model and diagnostic tools for decentralized areas can be used both on existing decentralized facilities and territories, and at the pre-investment stage of energy security improvement measures.

Keywords: information system, structure, algorithm, analytical module, monitoring, energy security, local energy, decentralized power supply

References

1. Lukutin B., Kiushkina V. Energy security of northern and arctic isolated territories. E3S Web of Conferences, 2019, vol. 77, p. 01008, DOI: 10.1051/e3sconf/20197701008.
2. Kiushkina V., Antonenkov D. Specifics of assessing energy security of isolated energy service areas in territories with harsh climatic conditions. International journal of energy technology and policy, 2019, vol. 15, no. 2/3, pp. 236–253.
3. Lukutin B., Kiushkina V. Matrix of vulnerability of decentralized areas to local energy security risks in the northern and arctic zones in the structural set of solutions. E3S Web of Conferences, 2020, vol. 209, p. 06012, DOI: 10.1051/e3sconf/202020906012.
4. Lukutin B.V., Kiushkina V.R. Kharakteristiki energeticheskoy bezopasnosti detsentralizovannogo rayona i avtonomnogo ob'ekta elektrifikatsii [Characteristics of energy security of a decentralized region and an autonomous electrification facility]. Vestnik IRGTU [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2021, no. 25(1), pp. 66-79.
5. Senderov S.M., Pyatkova N.I., Rabchuk V.I., et al. Metodika monitoringa sostoyaniya energeticheskoy bezopasnosti Rossii na regional'nom urovne [Methodology for monitoring the state of energy security in Russia at the regional level]. Irkutsk, ISEM SO RAN [Melentiev energy systems institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences] Publ., 2014, 146 p.
6. Lukutin B., Kiushkina V. Intellectual energy security monitoring of decentralized systems of electricity with renewable energy sources. E3S Web of Conferences, 2018, vol. 69, p. 02002, DOI: 10.1051/e3sconf/20186902002.
7. Bykova E.V., Postolaty V.M., Chinik M.A., et al. Vychislitel'nyy kompleks dlya monitoringa i analiza energeticheskoy bezopasnosti [Computational complex for monitoring and analyzing energy security]. International conference “Energy of Moldova – 2012. Regional aspects of development”. Chisinau, Republic of Moldova, October 4-6, 2012, pp. 63-69.
8. Federal'nyy zakon ot 03.12.2011 № 382-FZ “O gosudarstvennoy informatsionnoy sisteme toplivno-energeticheskogo kompleksa” [Federal Law No. 382-FZ of December 3, 2011 “On the State Information System of the Fuel and Energy Complex”].
9. Situatsionnye tsentry i tsentry upravleniya dlya organov gosudarstvennoy vlasti [Situation centers and control centers for public authorities], available at: <https://solutions.polymedia.ru/gov> (accessed: 03/17/2025).
10. Informatsionno-analiticheskaya sistema “Situatsionnyy tsentr glavy sub'ekta” [Information and analytical system “Situation Center of the Head of the Subject”], available at: https://at-siberia.ru/situatsionnyj_centrglavy_subekta (accessed: 01/12/2025).
11. Situatsionnyy tsentr sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov Rossiyskoy Federatsii [Situation Center for Socio-Economic Development of the Regions of the Russian Federation], available at: <https://regstat2.rea.ru> (accessed: 06/15/2025).
12. Informatsionno-analiticheskaya sistema “Situatsionnyy tsentr Glavy Respubliki Sakha (Yakutiya)” [Information and analytical system “Situation Center of the Head of the Republic of Sakha (Yakutia)”], available at: <https://src-sakha.ru/docs/ias-sc> (accessed: 06/10/2025).
13. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 16 fevralya 2008 g. № 86 «O shtabakh po obespecheniyu bezopasnosti elektrosnabzheniya» (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 10.09.2024) [Decree of the Government of the Russian Federation of February 16, 2008 No. 86 “On Headquarters for Ensuring Power Supply Security” (as amended on September 10, 2024)].
14. Plisko S.A. Energeticheskaya bezopasnost' sub'ektov RF kak zalog realizatsii energeticheskoy strategii Rossii do 2030 goda [Energy security of the constituent entities of the Russian Federation as a guarantee of the implementation of the Energy Strategy of Russia until 2030]. Problemnyy analiz i gosudarstvenno-upravlencheskoe proektirovanie [Problem Analysis and Public Administration Projection], 2011, no. 4, pp. 138-143.
15. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 13.05.2019 no. 216 “Ob utverzhdenii Doktriny energeticheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii” [Decree of the President of the Russian Federation of May 13, 2019 No. 216 “On Approval of the Energy Security Doctrine of the Russian Federation”].
16. Kiushkina V., Antonenkov D. Rang analysis of distributed electricity consumers of decentralized energy zones of the north and arctic regions of the Russian federation. 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602483.
17. Lukutin B.V., Kiushkina V.R. Vliyanie vozobnovlyаемой energetiki na energeticheskuyu bezopasnost' detsentralizovannykh sistem elektrosnabzheniya [The influence of renewable energy on the energy security of decentralized power supply systems]. Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii [Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies], 2020, vol. 13, no. 5, pp. 632-642.

Violetta Rafikovna Kiushkina. Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russia, Head of the Department of Energy Security and Fuel and Energy Complex Infrastructure, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Professor of the Department of Digital Economy Security and Risk Management. Main areas of research: energy security, reliability of energy systems, risk management, decentralized power supply, renewable energy, small-scale energy of the North. AuthorID (RSCI): 597361, SPIN: 5146-2083, ORCID: 0000-0002-7791-1844, Kiushkina@rosenergo.gov.ru. Moscow, 8 Marta Street 12.

Boris Vladimirovich Lukutin. Professor, Doctor of Technical Sciences, National Research Tomsk Polytechnic University, Professor of the Department of Energy and Electrical Engineering at the Energy Engineering School. Main research areas: energy security, reliability of energy systems, decentralized power supply systems, renewable energy. AuthorID (RSCI): 113093, SPIN: 5558-7038, ORCID: 0000-0002-2049-6635, Lukutin48@mail.ru. Tomsk, Usova Street 7.

Статья поступила в редакцию 20.07.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 19.10.2025.

The article was submitted 07/20/2025; approved after reviewing 09/29/2025; accepted for publication 10/19/2025.