

УДК 620.92:502.333

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА СРЕДСТВАМИ ГИС (НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Волкова Е.С., Мельник М.А.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, e-mail: eevolko@yandex.ru*

Исследование направлено на создание информационно-аналитической базы по возобновляемым природным ресурсам на основе ГИС-технологий для оценки возможности включения этих ресурсов в региональную энергетическую систему на примере энергодефицитного субъекта РФ – Томской области. Оценка плотности пространственного распределения возобновляемых источников энергии с учетом их экономической рентабельности проведена с использованием набора методик, учитывающих особенности расчетов для каждого такого источника. Предлагаемые методологические подходы позволили провести пространственную оценку исследуемого региона по степени обеспеченности возобновляемыми энергоресурсами, обозначить перспективы развития альтернативной энергетики, расширить диапазон и эффективность использования вовлекаемых в оборот возобновляемых, малоиспользуемых и неиспользуемых природных энергоресурсов. На примере модельного региона представлен опыт создания ГИС-проекта для оценки возобновляемых источников энергии. Проанализирована целесообразность внедрения возобновляемых источников энергии в структуру энергопотребления Томской области. Обоснованы выводы о рациональности использования ГИС-технологий для всесторонней количественной оценки и комплексного регионального анализа возможностей получения дополнительной энергии.

Ключевые слова: возобновляемые природные ресурсы, ГИС-технологии, альтернативная энергетика, энергетический потенциал территории

ENERGY CHARACTERISTIC OF RENEWABLE NATURAL RESOURCES OF THE REGION BY GIS (FOR EXAMPLE OF TOMSK OBLAST)

Volkova E.S., Melnik M.A.

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the RAS,
Tomsk, e-mail: eevolko@yandex.ru*

The main objective of the study is to create an information and analytical database of renewable natural resources to assess the possibility of using these data in the regional energy system using GIS-technology techniques on the example of Tomsk Oblast, one of energy deficient regions of RF. Density assessment for the spatial distribution of renewable energy sources, taking into account their economic viability, was conducted specific to each energy source. The proposed methodology has allowed us to perform special assessment of the studied territory by the degree of availability of renewable energy resources; define the prospects for the development of alternative energy production; provide more effective usage of just being involved renewable, rarely used and still unused natural energy resources. On the example of the pilot region, the article presents an experience of creating a GIS-based project for the assessment of renewable sources of energy for the region. Feasibility of the inclusion of renewable energy resources into the energy consumption structure of Tomsk oblast was analyzed. Conclusions were drawn that it is feasible to use GIS-technologies for comprehensive quantitative assessment and integrated regional analysis of additional energy production possibilities.

Keywords: renewable natural resources, GIS-technologies, region's energy potential, alternative energy production, the energy potential of the territory

Одним из перспективных направлений развития энергетики в современных условиях дефицита энергоносителей является более активное использование возобновляемых природных ресурсов. Под возобновляемыми природными ресурсами понимаются способные к восстановлению элементы природы, часть совокупности природных условий и важнейшие компоненты природной среды, использование которых для удовлетворения разнообразных потребностей общества и общественного производства не приводит к видимому истощению их в будущем [8].

Многие страны уже сегодня большую часть энергии и тепла получают от установок, работающих на альтернативных источниках: солнечной и ветровой энергии, энергии текучих вод, на биотопливе. По материалам исследований, приведенным в Renewables 2010 Global Status Report, в более чем 80 странах проводится политика стимулирования использования возобновляемых источников энергии. В некоторых случаях они обеспечивают до 70% выработки электроэнергии в национальных энергосетях [9]. По данным западных экспертов, при использовании в качестве

топлива биомассы можно покрыть 6–10% от общего количества энергетических потребностей промышленно развитых стран [10].

Для Российской Федерации с ее большим потенциалом возобновляемых источников энергии и возрастающими энергетическими потребностями общества задача комплексной оценки этих ресурсов весьма актуальна. При этом важной составляющей становится анализ природно-ресурсного потенциала отдельного субъекта РФ, поскольку каждый регион имеет свой специфический набор возобновляемых ресурсов, способный создавать дополнительный объем энергии. Решение такой актуальной для развития экономики задачи предлагается рассмотреть на примере энергодефицитного региона – Томской области, которая относится к категории субъектов РФ, где собственных источников энергии недостаточно, несмотря на добычу местного углеводородного сырья. Областные электрические сети осуществляют транзитные поставки электроэнергии для внутреннего потребителя от внешних источников, почти 70% электроэнергии закупается на федеральном рынке. К децентрализованной зоне области относится 30% территории, где энергоснабжение осуществляется от дизельных электростанций. Основные недостатки работы этих станций состоят в их технологическом износе и высокой стоимости доставки для них горючего. Поскольку для таких отдаленных территорий экономически нерентабельно развивать централизованную сеть энергоснабжения, то основным путем повышения энергоэффективности является использование энергоустановок, работающих на местных возобновляемых энергоресурсах [3].

В настоящее время Томская область показывает пример активного внедрения возобновляемых источников энергии в региональный энергобаланс. Органами государственной власти Томской области отмечается, что приоритет при реконструкции и вводе в эксплуатацию новых локальных энергоустановок будет отдаваться именно таким источникам [6].

Основная цель исследования заключается в создании информационно-аналитической базы по возобновляемым природным ресурсам с их энергетической характеристикой для оценки возможности включения этих ресурсов в региональную энергетическую систему на примере энергодефицитного субъекта РФ – Томской области. В перспективе для многих регионов

РФ обостряется проблема исчерпаемости невозобновляемых природных ресурсов, поэтому знание и оценка всех возможных альтернативных источников энергии представляют большую актуальность как в теоретическом, так и в научно-практическом плане.

Материалы и методы исследования

В лаборатории самоорганизации геосистем ИМКЭС СО РАН исследования, направленные на изучение энергетического потенциала территории, ведутся с 2000 года [7]. Коллективом авторов на примере Томской области апробирован ряд методик, позволяющих рассчитывать скорость аккумуляции солнечной энергии древесной растительностью по приросту фитомассы, ветропотенциал, гидропотенциал малых рек, скорость накопления солнечной энергии в различных типах почв, потенциальные суммарные биоэнергетические ресурсы, получаемые из отходов сельского хозяйства, в результате утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) и переработки осадка сточных вод (ОСВ). Существенным преимуществом предлагаемых методик является возможность перевода массовых и объемных единиц в их энергетические эквиваленты. Так, например, для расчетов показателей потенциальных гелиоресурсов, доступных для практического использования учитывались суммы прямой и суммарной радиации, их изменчивость в разные временные интервалы в условиях ясного и пасмурного неба; продолжительность солнечного сияния, его изменчивость; непрерывная продолжительность солнечного сияния выше указанного уровня; число дней без солнца; повторяемость облачности разных градаций [5]. Энергетическая продуктивность и удельный энергетический запас лесов в разрезе лесничеств рассчитаны с учетом значений теплотворной способности древесины основных лесобразующих пород, показателей среднего запаса и прироста насаждений, данных о породной структуре лесов [4]. Методики расчета биоэнергии [1], получаемой из отходов животноводства, растениеводства, ОСВ, ТБО, включают в себя определение и вывод многофакторных показателей, специфичных для каждого вида альтернативных биоресурсов. Например, энергопотенциал отходов животноводства рассчитывался с использованием данных о возрастной структуре и численности поголовья скота в хозяйствах различных категорий, а также с учетом средних норм выхода и энергосодержания биогаза. Энергетические возможности отходов возделывания основных зерновых культур региона оценивались на основе данных о валовом сборе зерна, показателях процентного соотношения соломы, показателях содержания сухого органического вещества в соломе каждой зерновой культуры, а также нормы выхода и энергосодержания биогаза. Потенциальная биоэнергия от утилизации ТБО рассчитывалась, исходя из данных о численности населения, средней нормы накопления отходов городскими или сельскими жителями и значения теплоты сгорания ТБО. Методика расчета энергетических возможностей использования такого вида биомассы, как осадки сточных вод, основывалась на данных очистных сооружений, а именно на показателях пропуска сточных вод, объемов образования илов, норм выхода и энергосодержания биогаза.

Использование данных методик в совокупности с применением средств программного обеспечения – геоинформационных систем – позволяет на более высоком современном уровне провести совокупную оценку возобновляемых источников энергии в региональном масштабе в энергетических показателях.

Фактографический материал – основа для формирования информационно-аналитической базы – собирается из разных источников, это могут быть статистические сборники, картографические источники, отчеты Росстата и др. Например, показатели эксплуатационных запасов древесины, видового и возрастного состава древостоя могут быть получены из отчетов Департамента лесного хозяйства; показатели по скорости ветра и по величине солнечной активности из данных Гидрометцентра России и т.п.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве ГИС-технологий для сбора, хранения и обработки информации по возобновляемым энергоресурсам был выбран программный продукт ArcGIS. Преимущество использования универсального ГИС пакета ArcGIS в решении данной проблематики состоит в возможности создания обширной информационной базы, сочетающей цифровые, картографические и количественные характеристики возобновляемого природно-ресурсного потенциала исследуемого региона. ГИС-пакет позволяет с помощью базовых функций и дополнительных модулей хранить, интегрировать и редактировать обширную базу геоданных, проводить пространственный анализ раз-

ных видов возобновляемых ресурсов, при этом быстро и наглядно интерпретировать, визуализировать полученные результаты.

Для комплексной оценки возобновляемых природных ресурсов Томской области на многофункциональной платформе ArcGIS 10.3. был создан региональный ГИС-проект (рис. 1). Его формирование предусматривает последовательный алгоритм действий, которые должны обеспечить достижение поставленной цели – создать унифицированную систему сбора, классификации, хранения, обработки и отображения пространственно-временных данных, характеризующих возобновляемые ресурсы региона. Данный алгоритм применим с некоторой детализацией и для других субъектов РФ.

Начальный этап подразумевает сбор необходимого статистического и картографического материала по выделенным показателям в рамках каждого вида возобновляемого ресурса. Для Томской области возобновляемый природно-ресурсный потенциал складывается из следующих составляющих: солнечная энергия, энергия почвогумуса, ветровой энергopotенциал, малая гидроэнергетика, энергopotенциал запасов торфа, геотермальная энергия, древесно-растительные энергоресурсы, энергия отходов лесопромышленного (ЛПК) и аграрно-промышленного (АПК) комплексов, энергия, извлекаемая из твердых бытовых отходов и отходов сточных вод.

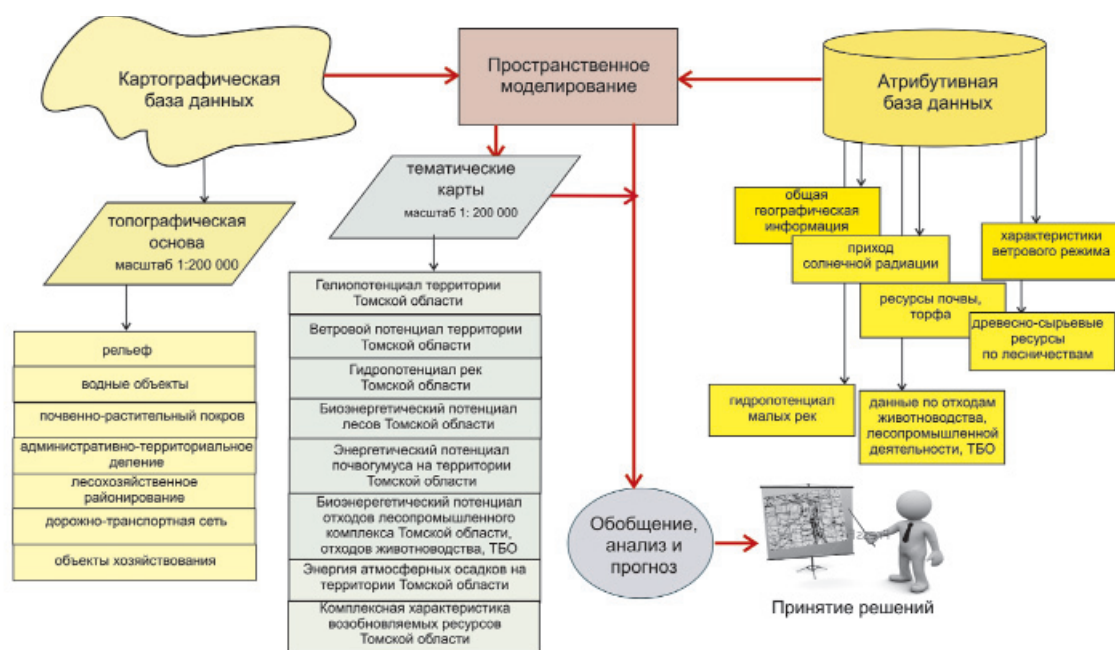


Рис. 1. Структурная схема ГИС-проекта «Возобновляемые природные ресурсы Томской области»

Следующий шаг – создание цифровой картографической основы, т.е. формирование базовых пространственных геоданных. Здесь предпочтительней использовать топографические карты масштаба не мельче 1:100000, детально отображающие абсолютные высотные отметки, изогипсы, отметки урезов рек. Чем больше таких данных, тем точнее оценка. Кроме этого необходим широкий набор тематических пространственных данных, которые для каждого конкретного региона будут различаться. В состав некоторых могут входить следующие слои: почвенно-растительный покров, гидрологическая сеть, лесничества, населенные пункты, дорожно-транспортная сеть, административные районы и т.п. Для дальнейшей оценки все пространственные данные должны быть приведены к единой системе координат с учетом проекций, искажений и уровня генерализации. Оценка ресурсов, связанных с гидрометеорологическими показателями (скорость ветра, суммарная солнечная радиация, расход воды), проводится по сети гидропостов и метеостанций.

Информация заносится в атрибутивные таблицы слоев, включающих количественную характеристику пространственных объектов. Так, например, при оценке гидропотенциала необходимыми показателями являются: длина реки, порядок реки, уклон от истока к устью, площадь водосборного бассейна, расход воды на гидрологическом посту и т.д. Для пространственной характеристики ресурсно-сырьевого потенциала отходов лесопромышленной деятельности и возможностей его использования в базу данных по этому виду ресурсов заносятся такие показатели, как отходы лесозаготовки, отходы лесопереработки, объемная рабочая теплотворная способность древесных отходов, отдаленные и труднодоступные населенные пункты, численность населения, предприятия ЛПК. Особенности и структура сформированной базы данных позволяют добавлять и изменять количественные показатели в достаточно оперативном режиме.

Далее на основе выбранных методик информация обрабатывается в среде ArcGIS. Причем выбор встроенных модулей определяется поставленной задачей в зависимости от специфики применяемой методики. Например, оценка пространственного перераспределения солнечной энергии по территории выполняется построением цифровой модели рельефа (ЦМР) путем создания TIN в модуле 3D Analyst с последующей обработкой данной ЦМР инструментами моду-

ля Spatial Analyst. Подобные инструменты позволяют в оперативном режиме моделировать речные бассейны [2] и в дальнейшем определять подходящие места для строительства малых русловых ГЭС. Для проведения регионального анализа вариативности показателя ветропотенциала по метеостанциям его значения интерполировались с использованием Spatial Analyst.

Важным этапом проводимой оценки является процедура визуализации, которая предполагает создание серии тематических карт, отражающих как отдельные виды возобновляемых ресурсов, так и общую интегральную картину. Результатом визуализации становится комплексное районирование территории по степени обеспеченности запасами возобновляемых природных ресурсов в энергетических эквивалентах, что позволяет выделить территории с наибольшей плотностью потенциальных источников энергии.

На рис. 2 в качестве примера представлена одна из серии тематических карт – карта пространственного распределения и структуры валового потенциала альтернативной биоэнергии. Потенциал рассчитан, исходя из нормативов накопления и образования отходов, а также с учетом фактических данных о хозяйствах и производствах всех категорий жилищно-коммунального, аграрного и лесного сектора. Комплексный анализ плотности альтернативных биоэнергетических ресурсов показал пространственную неоднородность и дискретность отраслевых компонентов, слагающих энергопотенциал региона. С целью принятия решений по хозяйственному использованию альтернативной биоэнергии ГИС-система позволяет получать локальную характеристику территории. Критерием целесообразности внедрения альтернативных биоэнергетических установок является стабильность поставок необходимых объемов сырья, что может быть обеспечено только в условиях непрерывного функционирования производства. Так, отходы ЛПК могут рассматриваться в качестве энергоресурса главным образом, в Верхнекетском районе, где хорошо развиты лесоперерабатывающая и лесозаготовительная отрасли. Отходы АПК могут быть использованы только локально, преимущественно для собственных нужд крупных животноводческих и птицеводческих предприятий области. Твердые бытовые отходы и отходы сточных вод формируют более концентрированный поток биоресурсов, сосредоточенный главным образом вокруг

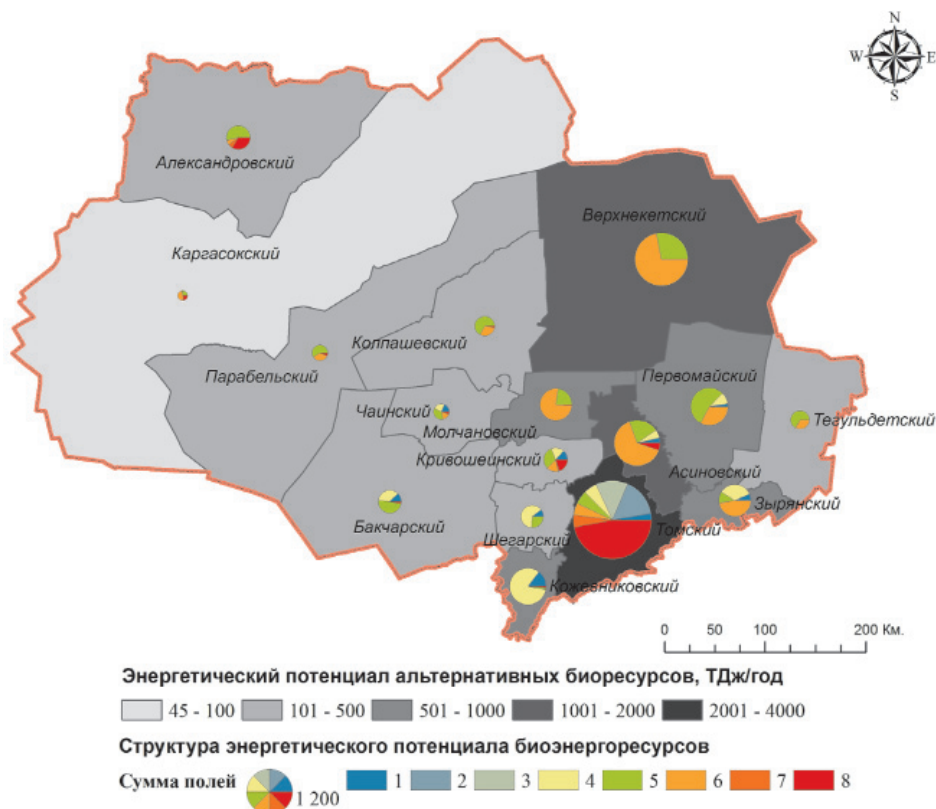


Рис. 2. Пространственное распределение и структура энергетического потенциала альтернативных биоресурсов Томской области:
альтернативные биоресурсы: 1 – отходы скотоводства; 2 – отходы свиноводства; 3 – отходы птицеводства; 4 – отходы растениеводства; 5 – отходы лесозаготовительной деятельности, 6 – отходы лесопереработки; 7 – ОСВ; 8 – ТБО

крупных населенных пунктов. Рентабельность использования ТБО и ОСВ в энергетическом секторе региона обусловлена не только ресурсным аспектом, но и сопутствующей утилизацией отходов и, как следствие, снижением экологической нагрузки на урбанизированную территорию.

Дополнительное преимущество применения ГИС-технологий состоит в том, что составление карты не становится конечным этапом, а может продолжаться и дополняться новыми элементами.

Наконец, важный завершающий этап – комплексная количественная оценка и пространственный анализ возобновляемой природно-ресурсной базы региона предусматривает рекомендации для хозяйственного использования полученных результатов. Почти все выделенные природные потоки имеют разную степень концентрации в зависимости от территориальных особенностей. Для хозяйственного освоения возобновляемого энергетического потенциала необходимо учитывать локальные характеристики района, по-

скольку каждый энергоресурс имеет наибольшую экономическую рентабельность в определенных природных и социально-экономических условиях. Так, для оценки возможности внедрения лесных биоресурсов в энергопотребление региона данные по энергетическому потенциалу лесов необходимо рассматривать и анализировать совместно со сведениями об альтернативных древесных биоресурсах (об объемах отходов ЛПК), а также с учетом месторасположения и размеров энергопотребления отдаленных и труднодоступных населенных пунктов. В качестве примера использования возможностей ГИС на рисунке 3 представлен результат комплексной оценки лесных энергетических ресурсов. С помощью инструментов программного пакета ArcGIS были учтены особенности структуры и пространственного распределения биоэнергетического потенциала лесов, а также выявлены территории, где существуют предпосылки для ориентации энергопотребления на древесное биотопливо.

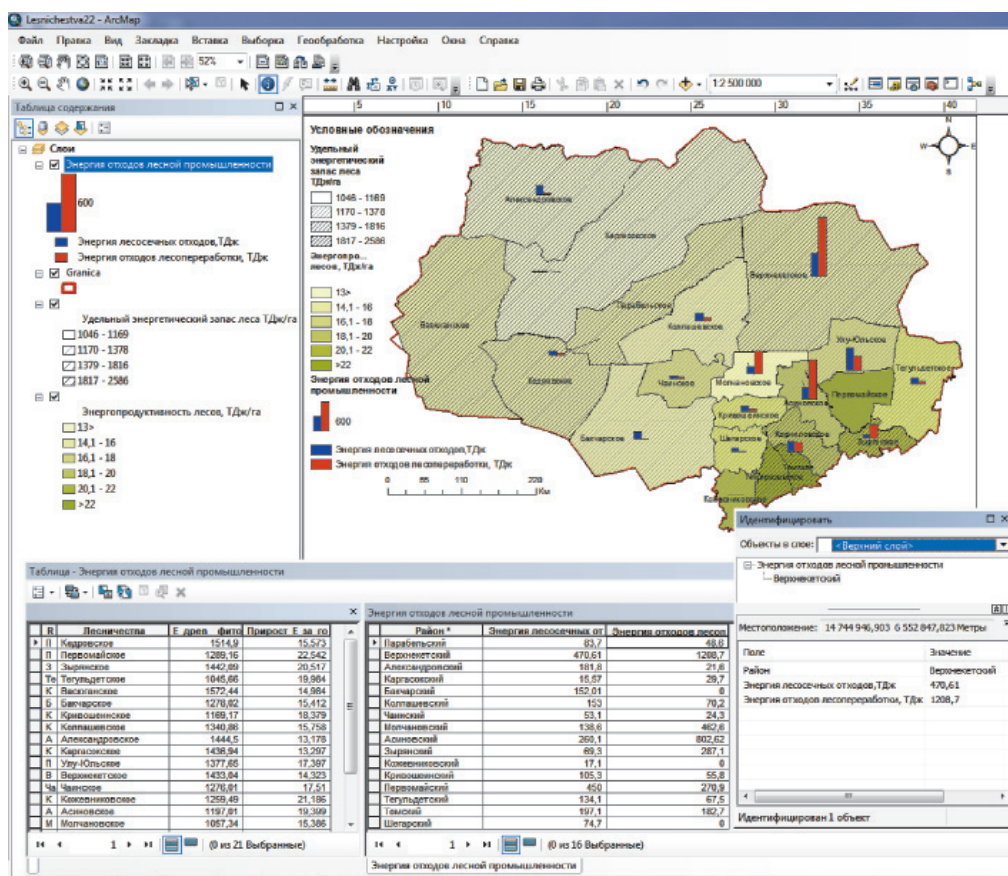


Рис. 3. Пример комплексной оценки биоэнергетических ресурсов леса Томской области в среде ArcGIS

Заключение

Таким образом, предлагаемый алгоритм оценки возобновляемых природно-энергетических ресурсов региона в среде ГИС-технологий, показанный на примере Томской области, позволяет выявлять региональные особенности энергопотенциала и выделять районы его перспективного использования. Данная программная среда обладает значительной мобильностью в работе с большими пространственными базами геоданных. Оперативно, на современном уровне позволяет хранить, систематизировать, изменять и визуализировать информацию, проводить многофакторный анализ по разным критериям, а также находить закономерности в имеющихся данных посредством их визуализации на географических картах. Подобный комплексный подход может выступать основой при принятии решений в стратегии планирования оптимального использования возобновляемой энергии региона.

Список литературы

1. Волкова Е.С., Мельник М.А., Фузелла Т.Ш. Оценка альтернативных биоэнергетических ресурсов в контексте концепции устойчивого развития региона // Национальные интересы, приоритеты и безопасность. – 2015, ноябрь. – № 43(328). – С. 27–40.

2. Кашавцева А.Ю., Шипулин В.Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География». – 2011. – Т. 24(63), № 3. – С. 85–92.

3. Литвак В.В., Лукутин Б.В., Яворский М.И. Энергетическая география Томской области. – Томск: Изд-во «Дельтаплан», 2005. – 80 с.

4. Мельник М.А., Волкова Е.С. Территориальные особенности биоэнергетического потенциала лесных ресурсов Томской области // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: www.science-education.ru/119-15157 (дата обращения: 29.10.15).

5. Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Климатические условия развития геиоэнергетики на территории Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: www.science-education.ru/125-20163 (дата обращения: 29.10.15).

6. Перспективы использования ВИЭ в Томской области. – URL: http://nacsp.ru/novosti-energetiki/alternativnaya-energetika.

7. Трансформация энергетических характеристик геосистем в условиях глобальных климатических изменений (на примере модельных геосистем в характерных географических зонах Сибири): отчет о НИР (заключ.) ИМКЭС СО РАН; рук. А.В. Поздняков. – Томск, 2012. – 75 с. – № ГР. 01201051562.

8. Экономическая и социальная география: Основы науки: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 400 с.

9. Renewables 2012 / Global Status Report. – 2012. – P. 172. – URL: www.theengineer.co.uk/Journals/2012/06/11/r/o/f/RenewableS-2012-GLOBAL-STATUS-REPORT.pdf (дата обращения: 29.10.2015).

10. Yearbook of Energy Statistics, 2009 [Electronic resource]. – United Nations. – P. 632. – URL: www.slideshare.net/undesa/2009-energy-statistics-yearbook (дата обращения: 29.10.15).