

# ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ\*

АВТОРЫ:

ДОЛУДЕНКО А.Н.,  
К.Ф.-М.Н.  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ  
ТЕМПЕРАТУР РАН

ЧАБАН Л.Н.,  
К.Т.Н.  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ  
ТЕМПЕРАТУР РАН

**В** работе рассматривается геоинформационная система (ГИС) по возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Данная система позволяет получать информацию по распределению основных видов возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, геотермальной и приливной) как в графическом представ-

лении в виде карты РФ, так и в табличном виде. В работе приведено краткое описание электронной базы климатических данных, на которой основана настоящая ГИС. Представлен анализ мест возможного размещения энергетических установок на ВИЭ, проведенный посредством разработанной геоинформационной системы.

\*Статья написана по материалам доклада, представленного Долуденко А.Н. на конференции молодых ученых «Энергия единой сети» (22 июня 2013, г. Санкт-Петербург). Конкурсной комиссией доклад был отмечен первой премией по тематике «Подключение альтернативных источников электроэнергии к электроэнергетической системе».



Объем производства в мире электроэнергии возобновляемыми источниками в 2012 г. превысил 1 470 ГВт – на 8,5% больше показателей 2011 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Из года в год интерес к возобновляемым источникам энергии во всем мире неуклонно возрастает. ВИЭ приобрели не только энергетическое и экологическое, но и мировое политическое звучание и в наше время уже вносят заметный вклад в мировой энергетический баланс [1].

Основные причины повышенного внимания к практическому использованию ВИЭ можно сформулировать следующим образом:

- ресурсы ВИЭ (солнечная энергия, энергия ветра, энергия биомассы, геотермальная энергия, энергия малых рек, энергия морских волн и приливов, низкопотенциальное природное и сбросное тепло и др.) практически неограниченны, во много раз превышают обозримые потребности человечества в энергии и постоянно восполняемы [2];
- использование ВИЭ не загрязняет окружающую среду и не влияет на тепловой баланс Земли;
- в отличие от нефти, газа, угля и урана, ресурсы ВИЭ распределены относительно равномерно по территории стран и регионов, они не находятся в монопольном владении ограниченного числа стран, и их освоение в большинстве стран рассматривается как существенный фактор энергетической и политической безопасности.

Однако продвижение ВИЭ на современный энергетический рынок пока сдерживается сравнительно высокой себестоимостью получаемых с их помощью энергетических

продуктов (электроэнергия, тепло, холод, альтернативные топлива). Это связано прежде всего с характерными для ВИЭ низкими плотностями энергетических потоков и их нестабильностью. Следствием этого является необходимость использования дорогостоящего оборудования, обеспечивающего сбор, аккумулирование и преобразование энергии.

Вместе с тем высокие первоначальные капитальные затраты на создание энергоустановок ВИЭ в ряде случаев компенсируются низкими эксплуатационными затратами, и уже сегодня благодаря прогрессу в разработке технологий использования таких энергоустановок становится привлекательным для многих практических приложений.

В соответствии с распоряжением правительства РФ от 8 января 2009 г. в России вклад ВИЭ в производство электроэнергии (без ГЭС мощностью более 25 МВт) к 2020 г. должен достичь уровня 4,5%. В качестве альтернативы рассматривается сценарий введения в эксплуатацию энергоустановок на ВИЭ суммарной мощностью более 25 ГВт. В настоящее время в России установленная мощность энергоустановок на ВИЭ не превышает 2,2 ГВт, а ежегодная выработка ими электрической энергии составляет не более 8,5 млрд кВт·ч, или менее 1% от общего объема производства электроэнергии. Поэтому план правительства РФ – это достаточно сложная задача, успешное решение которой требует разработки и принятия в сжатые сроки целого ряда нормативных документов и законодательных актов, определяющих конкретные меры стимулирования ускоренного развития ВИЭ в нашей стране. Кроме того, помимо решения технологических и технических проблем, необходимо в первую очередь оценить возможности и эффективность использования ВИЭ для энергообеспечения потребителей, расположенных в природно-климатических условиях

## ИНФОРМАЦИЯ

### ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Географическая информационная система (ГИС) – современная компьютерная информационная система, предназначенная для обработки пространственно-временных географических данных. В ГИС осуществляется комплексная обработка информации – от ее сбора до хранения, обновления и представления. ГИС объединяет традиционные операции при работе с базами данных – запрос и статистический анализ – с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эта особенность дает уникальную возможность для применения ГИС в решении широкого спектра задач, связанных с анализом явлений и событий, прогнозированием их вероятных последствий, планированием стратегических решений. Данные в геоинформационных системах хранятся в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе их географического положения. Такой подход позволяет работать как с векторными, так и с растровыми моделями данных.

ИНФОРМАЦИЯ

## ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Возобновляемые (альтернативные) источники энергии – источники на основе постоянно существующих в окружающей природной среде потоков энергии. Такие источники энергии постоянно воснавливаются за счет естественных природных циклов. К возобновляемым источникам энергии относятся солнечная энергия, энергия ветра и биомассы, энергия воды, геотермальная энергия и др.

Все виды возобновляемой энергии объединяет общий источник – Солнце. Ветер образуется над поверхностью Земли из-за различного нагрева ее Солнцем. Биомасса образуется из растений, которые получают энергию от Солнца. Реки постоянно пополняются дождями в результате круговорота воды в природе, который происходит под воздействием солнечного тепла.

Международное энергетическое агентство заявило, что к 2016 г. электрогенерация ветряной, солнечной и гидроэнергетической отраслей совместно с иными видами альтернативной энергетики превысит мощности, производимые в настоящее время за счет природного газа.

## ИНТЕРАКТИВНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КАРТА РФ

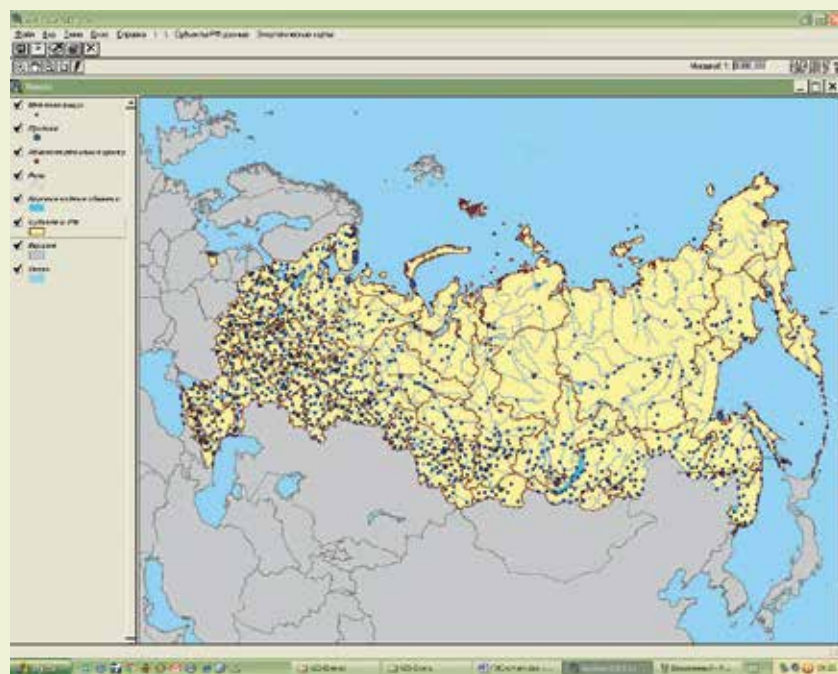


Рис. 1

различных регионов страны. Для этого, с одной стороны, требуется информация, описывающая как природные ресурсы конкретной территории, так и экономические характеристики региона. С другой стороны, необходимо использовать такие инструменты анализа, которые позволяли бы собирать, оперативно обрабатывать эти массивы данных, отображать их и путем всестороннего анализа получать обоснованные оценки. Современные геоинформационные технологии способны предоставить необходимый в этом случае инструментарий. Причем такие геоинформационные системы позволяют анализировать, обновлять находящуюся в базе данных информацию и на ее основе создавать новые данные. В этом случае можно успешно работать с большими массивами информации, используя модульность ГИС. Последнее позволяет связывать воедино отраслевые информационные ресурсы муниципальных районов, населенных пунк-

тов, областей, федеральных округов. Поскольку ГИС должна предоставлять пользователю также возможность аналитических решений в области ВИЭ, то она должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- сбор, обобщение и формирование массивов географически привязанных данных о ресурсах возобновляемых источников энергии на территории России (солнце, ветер, геотермальная энергия, энергия малых рек и т. п.);
- выбор способов представления этой информации;
- визуализация информации в виде таблиц, графиков, диаграмм, других визуальных средств.

О такой ГИС, разработанной в ОИВТ РАН совместно с МФТИ, пойдет речь в данной статье.

## СРЕДНЕГОДОВЫЕ ДНЕВНЫЕ СУММЫ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ПО РЕГИОНАМ НА НЕПОДВИЖНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ЮЖНОЙ ОРИЕНТАЦИИ С ОПТИМАЛЬНЫМ УГЛОМ НАКЛОНА К ГОРИЗОНТУ, КВТ·Ч/М<sup>2</sup> В ДЕНЬ



Рис. 2

## ПРОГРАММНАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ

ГИС по возобновляемым источникам энергии представляет собой информационный продукт, разработанный в программно-инструментальной среде ArcView GIS компании Esri. Эта компания является лидером индустрии ГИС и единственным производителем с полноценной платформой управления геопространственной информацией. Выбор этой среды был обусловлен следующим. Программно-инструментальная оболочка ArcView относится к классу настольных ГИС и предназначена для разработки научно-исследовательских, пилотных и небольших коммерческих ГИС-проектов. Заложена в ее основу так называемая геореляционная модель данных предоставляет пользователю широкие возможности обработки,

анализа и картографического отображения разнообразных типов прикладной информации, в том числе с использованием методов и средств пространственного (географического) анализа. Объектная модель пакета позволяет адаптировать программно-инструментальную среду прикладного ГИС-проекта к потребностям любого, даже неподготовленного, пользователя.

По базовому типу организации пространственных данных ArcView GIS представляет собой ГИС векторного типа. Использование растровых данных ограничивается иллюстративными и вспомогательными функциями. Векторный формат shape является открытым и воспринимается всеми современными программно-инструментальными пакетами ГИС и пакетами обработки аэрокосмических изображений.

Программный комплекс (ПК) по возобновляемым источникам энергии включает три типа документов:

- интерактивную электронную карту Российской Федерации;
- табличные материалы по климатическим условиям и возобновляемым источникам энергии на территории РФ;
- программы управления данными в процессе запросов к электронной карте.

Конфигурация ПК адаптирована к эксплуатации неподготовленным пользователем, поэтому включает минимальное количество инструментов интерфейса, только те, которые требуются для работы с электронной картой и получения справочной информации. Основная часть данных, необ-

## СРЕДНЕГОДОВОЕ ДНЕВНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА СЛЕДЯЩИЕ ЗА СОЛНЦЕМ ПОВЕРХНОСТИ, КВТ·Ч/М<sup>2</sup> В ДЕНЬ

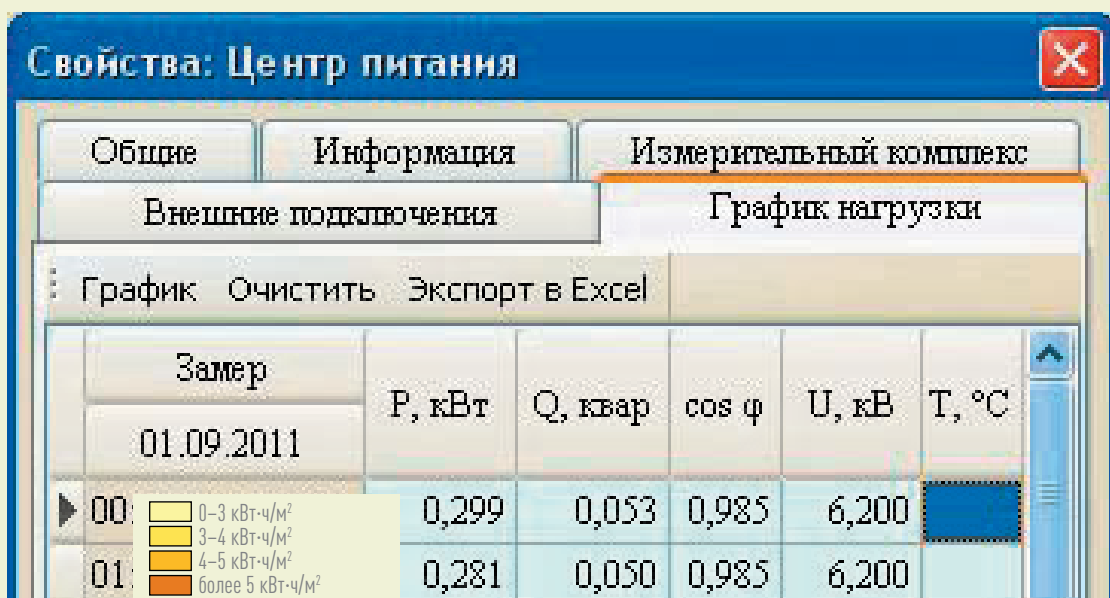


Рис. 3

ходимых для функционирования ПК, скрыта от пользователя. Это сделано для того, чтобы предохранить их от разрушения в процессе эксплуатации ГИС из-за ошибок оператора. При открытии ПК сразу открываются окно карты Российской Федерации (рис. 1) и соответствующий интерфейс пользователя. В левой части карты расположен перечень тематических слоев карты, где указаны название слоя (в ArcView слои называются темами) и условные обозначения. Тема, выделенная выпуклым прямоугольником в таблице содержания, является активной, то есть все функции интерфейса, в том числе интерактивные запросы к карте, относятся именно к этой теме. При запросе на определенную тематическую карту происходит автоматическое переключение функции активности на тему «Субъекты РФ», независимо от того, какие темы в этот момент являются активными.

Любую тему можно отключить (сделать невидимой) и подключить обратно. Используемый масштаб карты показан в верхнем правом углу ее интерфейса. Допускается масштаб от 1: 1 000 000 до 1: 50 000 000.

## БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В ОИВТ разработаны и используются обширные базы климатической и актинометрической информации для различных точек всего земного шара. В свое время были исследованы и проанализированы доступные источники таких данных. Было проведено сравнение различных подходов и выбраны наиболее

надежные международные специализированные базы. По результатам анализа предпочтение было отдано канадской базе RETScreen, обобщающей результаты многолетних наблюдений 1049 метеостанций на различных континентах и представляющей среднемесячные показатели. Вместе с тем стало ясно, что мировая сеть метеостанций, осуществляющих прямые измерения солнечной радиации, скорости ветра, температуры, влажности воздуха и других параметров, необходимых для расчета показателей энергоустановок, весьма редка. Та же проблема существует и для России. В сегодняшних границах России расположено около 100 действующих актинометрических станций. Нетрудно подсчитать, что при площади территории нашей страны 17 млн км<sup>2</sup> среднее расстояние между метеостанциями составляет 500 км, а вследствие неравномерной плотности их размещения среднее расстояние

## СРЕДНЕГОДОВЫЕ СКОРОСТИ ВЕТРА ПО РЕГИОНАМ НА ВЫСОТЕ 50 М, М/С

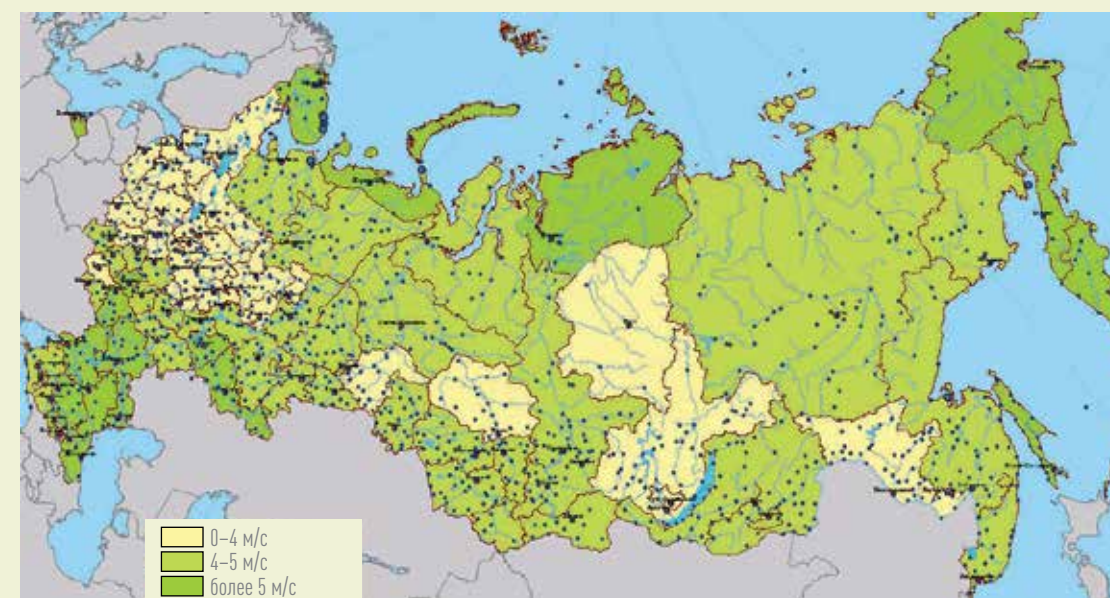


Рис. 4

между станциями в азиатской части России достигает 1000 км. В то же время исследование специалистов Главной геофизической обсерватории им. Воейкова показали, что экстраполяция данных измерений метеостанции с приемлемой погрешностью возможна в ряде случаев лишь на 50–100 км. Таким образом, большая часть территории России (впрочем, как и всего земного шара) фактически не обеспечена данными прямых наземных измерений основных метеорологических, и прежде всего актинометрических, параметров. Все это существенно усложняет получение надежных расчетных оценок эффективности солнечных и ветровых установок в заданных географических точках.

Определенным подспорьем в создании необходимой базы стала глобальная климатическая база данных NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE), формирова-

ние которой происходило в конце прошлого века в рамках широкого международного сотрудничества, в том числе и с участием российских специалистов ГГО им. Воейкова. Эта база основывается на результатах широкого спектра спутниковых и наземных измерений. В этих работах были получены данные о метеорологических и актинометрических величинах, характеризующих падающую солнечную радиацию на внешней границе атмосферы и вблизи поверхности Земли, состояние облачности, количество аэрозолей и водяного пара в атмосфере, альbedo поверхности и т.д. Причем при создании SSE для расчета актинометрических величин (прямая, рассеянная, суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, прямая радиация на нормальную поверхность, максимальные и минимальные возможные величины радиации и др.) на уровне земной поверхности применялись самые

### ИНФОРМАЦИЯ

## ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Это особый вид электростанций, вырабатывающих электрическую энергию из тепловой энергии подземных источников. Установленная мощность всех геотермальных электростанций в мире на начало 2008 г. составила 10,5 тыс. МВт. Крупнейшим производителем геотермальной электроэнергии являются США. В 2009 г. суммарная мощность 77 геотермальных электростанций США составляла 3086 МВт.

## ПРИЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ



Рис. 5

современные математические модели, описывающие распространение солнечного излучения в атмосфере Земли.

Развитие в последние десятилетия методов спутниковых наблюдений и метеорологических измерений позволяет по-новому подойти к задаче пространственной интерполяции актинометрических данных. Использование спутниковых данных дает возможность равномерно покрыть достаточно большие территории. Наземные станции актинометрических наблюдений при этом играют роль точек привязки спутниковых данных и верификации моделей распространения солнечного излучения в атмосфере.

В рамках проекта NASA SSE для всей поверхности земного шара специалистам удалось получить непрерывный ряд усредненных по многолетним наблюдениям актинометрических (солнечная радиация) и метеорологических

(температура воздуха, его влажность, скорость ветра) данных с пространственным разрешением  $1^\circ \times 1^\circ$  ( $110 \times 110$  км), отклонение которых от усредненных по многолетним измерениям данных, полученных на наземных станциях, не превышает 13,5%. Обсуждаемая база данных имеет большую ценность прежде всего в связи с тем, что она позволяет восполнить недостаток наземных измерений в тех районах, где сеть наземных станций весьма редка (например, в России) или вовсе отсутствует (например, в развивающихся странах Африки и Азии).

Следует отметить, что, несмотря на очевидные достоинства созданной базы данных, ее пространственное разрешение остается пока достаточно грубым. SSE-данные не отражают микроклимат отдельных небольших территорий, т. к. значения усредняются по территории размером  $110 \times 110$  км, что может приводить к большой погрешнос-

ти данных, особенно для горных районов. В этих случаях велико значение качественных наземных измерений.

База данных NASA позволила построить карты распределения ресурсов солнечной энергии по всей территории России, ориентированные на потребности разработчиков и потенциальных пользователей солнечных установок. В обсуждаемом ПК источником данных является база, содержащая информацию по 4004 географическим точкам на территории России, полученную из базы спутниковых наблюдений NASA SSE версии 6.0. Кроме того, используется доступная информация о наземных измерениях климатических параметров из базы данных RETScreen International. Последний массив, помимо собственно данных наземных измерений, имеющих в климатических справочниках, для величин, данные наземных измерений для которых

## ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ



Рис. 6

отсутствуют, содержит данные спутниковых наблюдений NASA SSE. Структура данных идентична структуре NASA SSE: база содержит климатическую информацию о различных регионах России, включая данные по солнечной радиации на неподвижные поверхности (различным образом ориентированные в пространстве) и на следящую за Солнцем поверхность, по скоростям ветра на высотах 10 и 50 м, по температуре окружающей среды и по относительной влажности воздуха, для ячеек территории размером  $1^\circ \times 1^\circ$  широты и долготы.

Данные по оценке энергетического потенциала и характеристик перспективных створов приливных электростанций на побережье Баренцева и Белого морей были предоставлены ЗАО «НПЦ малой энергетики».

Данные по ресурсам геотермальной энергии были предоставлены Дагестанским филиалом ОИВТ РАН.

## НАЗНАЧЕНИЕ ГИС ПО ВИЭ

Обсуждаемая геоинформационная система предназначена для визуально-интерактивного анализа информации по возобновляемым источникам энергии на территории Российской Федерации. Она обеспечивает визуализацию благоприятных мест расположения на территории РФ основных видов ВИЭ: солнечной, ветровой, приливной, геотермальной. Визуализация предполагает выделение цветом или маркером субъекта РФ, на территории которого возможно использование выбранного типа ВИЭ.

ГИС выводит информацию о доступных климатических параметрах (в том числе усредненных за год, месяц): солнечной радиации, скорости ветра, температуре окружающей среды – в каждом из субъектов РФ.

Кроме того, в ГИС представлена информация о поступлении солнечной

радиации ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в день) на горизонтальные и следящие за Солнцем поверхности. Был использован следующий критерий благоприятности: среднемесячное количество солнечной радиации  $> 5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ . Системой обеспечивается возможность вывода визуальной информации для нескольких порогов. Для каждой метеостанции приведены усредненные за месяц, за период с апреля по сентябрь, за период с октября по март величины солнечной радиации на горизонтальные и следящие за Солнцем поверхности. Для каждого региона РФ показаны усредненные показатели (среднемесячные и полугодовое количество солнечной радиации) по метеостанциям, находящимся в данном регионе.

Основная территория нашей страны относится к средним и высоким широтам. Однако, как видно из карты, на которой представлено распределение среднегодовых дневных сумм солнечной радиации на неподвиж-

## ИНФОРМАЦИЯ

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ  
ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ

По оценке экспертов объем ресурсов ВЭИ в РФ составляет не менее 24 млрд тонн условного топлива. До недавнего времени из-за огромных запасов традиционного энергетического сырья вопросам развития возобновляемых источников энергии в энергетической политике России уделялось сравнительно мало внимания. Однако в последние годы ситуация стала меняться. Необходимость борьбы за лучшую экологию, новые возможности повышения качества жизни людей, участие в мировом развитии прогрессивных технологий, стремление повысить энергоэффективность экономического развития – эти и другие причины способствовали активизации национальных усилий по созданию более «зеленой» энергетики, движению к низкоуглеродной экономике. Себестоимость электроэнергии, произведенной ветроустановками, – 1,50 руб./кВт•ч. Для сравнения: себестоимость электроэнергии от дизелей составляет 10–30 руб./кВт•ч. Сектор производства электроэнергии с ВЭИ развивается очень быстро и в течение ближайших пяти лет, по прогнозам IEA, увеличится на 40%.

ные площадки южной ориентации с оптимальным углом наклона к горизонту (рис. 2), ряд обширных территорий Забайкалья, южной европейской части России и, что особенно интересно, Восточной Сибири характеризуется средним поступлением солнечной энергии на уровне 4–5 кВт•ч/м<sup>2</sup> в день, что превышает или находится на том же уровне, что и в странах, где солнечные установки уже широко используются.

Важной для выбора районов эффективного использования солнечных установок с концентраторами солнечного излучения является карта, на которой представлены среднегодовые дневные суммы только прямой солнечной радиации, приходящей на следящую за Солнцем поверхность (рис. 3). Видно, что границы приоритетных территорий для использования таких установок отличаются от районов, благоприятных для использования неподвижных приемников суммарной радиации. Обращает на себя особое внимание расширение таких районов на территории Восточной Сибири. Такие районы более просторны, в то время как границы районов эффективного использования солнечных установок с концентраторами в южных областях страны сужаются.

Многие районы России располагают большими ресурсами ветровой энергии (среднегодовая скорость ветра более 5 м/с), что создает возможности для создания крупных ветроэнергетических ферм. Распределение ресурсов ветровой энергии на территории России представлено на рис. 4. Помимо информации о солнечной радиации, в ГИС представлены также данные о скорости ветра на высоте 50 м. Геоинформационной системой обеспечивается возможность вывода визуальной информации для нескольких пороговых значений

скорости. Для каждой метеостанции приведены усредненные за месяц, год величины скорости ветра на высоте 50 м. Для каждого региона РФ приведены усредненные показатели (среднемесячные и среднегодовые скорости ветра) по метеостанциям, находящимся в данном регионе.

Наиболее привлекательными с этой точки зрения являются окраинные территории страны и юг европейской части России. В средней полосе России интенсивность ветров относительно невелика.

В настоящее время Россия занимает одну из лидирующих позиций в мире в области разработки и создания приливных электростанций (ПЭС). В ГИС представлена информация о высоте прилива в метрах (рис. 5). Был использован критерий благоприятности: средняя высота прилива > 4 м. Для соответствующего региона РФ приведены усредненные показатели высоты прилива в местах, находящихся в данном регионе. По оценкам специалистов, наиболее подходящими местами для создания ПЭС в России являются некоторые участки побережий Белого, Баренцева и Охотского морей, где приливы превышают 5–8 м [3].

На рис. 6 показаны перспективные для использования геотермальной энергии районы России (и их энергетические ресурсы, зоны с высокой вулканической активностью). Наиболее подходящими для широкомасштабного производства электроэнергии являются районы молодого вулканизма – Камчатка и Курильские острова, где температура геотермальных флюидов на глубине нескольких километров достигает 150–160 °С. Россия занимает одно из лидирующих мест в мире по масштабам освоения геотермальных ресурсов и уровню технологических разработок в этой области.



## ИНФОРМАЦИЯ

СОЛНЕЧНАЯ  
ЭНЕРГЕТИКА

Это основное направление возобновляемой энергетики. Существуют два основных способа преобразования солнечной энергии: фототермический и фотоэлектрический. Солнечная электростанция (СЭС) – это инженерное сооружение, служащее преобразованию солнечной радиации в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной радиации различны и зависят от конструкции электростанции. Основные типы СЭС: использующие фотобатареи, тарельчатого типа, башенного типа, комбинированные. Наибольшее распространение получили СЭС, использующие фотобатареи. Абсолютными лидерами в области солнечной энергетики являются европейские страны. Однако самая мощная солнечная электростанция мира находится в штате Аризона, США, ее пиковая мощность – 247 МВт.

Первую солнечную электростанцию в современной России построили в Белгородской области, на хуторе Крапивенские Дворы. Расчетная производительность новой электростанции составляет 133,4 тыс. кВт•ч в год.

на территории РФ основных видов ВИЭ: солнечной, ветровой, приливной, геотермальной. Визуализация предполагает выделение цветом или маркером субъекта РФ, на территории которого возможно использование выбранного типа ВИЭ. Разработанная ГИС предназначена для визуально-интерактивного анализа информации по возобновляемым источникам энергии на территории Российской Федерации.

Обсуждаемая ГИС является первым шагом на пути использования геоинформационных технологий для разработки масштабных проектов по возобновляемым источникам энергии на территории РФ. В связи с большим территориальным охватом одними из проблем при создании таких ГИС являются сбор информации и подготовка соответствующей картографической основы для всех регионов РФ. Тем не менее опыт создания настоящей ГИС, по мере внедрения в отечественную практику технологий геопорталов для представления и анализа пространственных данных, может служить основой для дальнейшего развития ГИС по возобновляемым источникам энергии на территории РФ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фортков В.Е., Попель О. Возобновляемые источники энергии для энергоснабжения потребителей в России // Энергетический вестник, 2010, №1 (8). – Сс. 9–29.
2. National Petroleum Council, 2007 after Craig, Cunningham and Saigo.
3. Усачев И. Н. Использование энергии морских приливов // Энергетический вестник, 2008, №2. – Сс. 45–50.
4. Томаров Г. В., Никольский А. И., Семенов В. Н., Шипков А. А. Развитие российских геотермальных энергетических технологий // Теплоэнергетика, 2009, №11. ■

Помимо Камчатско-Курильского региона, перспективными для освоения геотермальной энергии являются также западносибирский и северокавказский регионы. На Камчатке, Курильских островах и на Северном Кавказе геотермальное электро- и теплоснабжение может составить до 50...95% от общего потребления энергии [4]. В настоящее время на Северном Кавказе хорошо изучены геотермальные месторождения, залегающие на глубинах от 300 до 5000 м. Температура в глубоких резервуарах достигает 180 °С и выше.

ГИС позволяет интерактивно получить информацию по конкретному значению отображенного показателя для отдельного субъекта РФ (на карте приливов – для отдельной приливной зоны). Для каждого субъекта РФ и метеостанций также предусмотрено интерактивное получение следующих данных:

- по среднегодовой температуре воздуха и средней температуре воздуха за выбранный месяц;
- по средней скорости ветра на высоте 50 м за выбранный месяц;
- по среднесуточной солнечной радиации на горизонтальную и следящую за Солнцем поверхность за выбранный месяц.

По каждому субъекту РФ перечисленные показатели можно получить непосредственно с карты, выбирая метеостанцию или группу метеостанций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная ГИС по ВИЭ представлена в виде карты РФ. Она обеспечивает визуализацию благоприятных мест расположения