

УДК 620.97

РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Воробьев Александр Егорович

д.т.н., академик, профессор

Мадаева Марет Зайндиевна

к.т.н., доцент

Хаджиев Асланбек Абуязидович

аспирант, ст. преподаватель

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова

Аннотация: Историческое развитие человеческой деятельности в рамках использования электричества как основной движущей силы развития цивилизации, всегда было направлено на создание масштабных структур получения электроэнергии. Такие структуры в обычном порядке привязываются к местам, обладающим запасами ресурсов, посредством преобразования которых получают электроэнергию в промышленных масштабах (строительство ТЭС непосредственно у месторождений топлива, ГЭС в поймах рек, достаточно удаленных от потребителя). Общим составляющим показателем, объединяющим данные структуры, является наличие систем передачи электроэнергии на достаточно большие расстояния (ЛЭП). Однако в XXI веке появилась тенденция продвижения так называемой «распределенной энергетики». Суть данного направления в развитии энергообеспечения связано с уменьшением энерго-затрат при передаче на большие расстояния. Использование новейших разработок в области нанотехнологий, а также органично встраиваемых в структуру жизнеобеспечения объектов ландшафта, несущих роль всевозможных электрогенераторов («солнечные» кирпичи, блоки, плитки; пьезо элементы и т.д.) позволяет существенно уменьшить проблемы энергообеспечения, а в некоторых случаях их полностью исключить.

Ключевые слова: распределенная электроэнергетика, нанокабель, пьезоэлектричество, фотогальваническая черепица, электрическое поле.

DEVELOPMENT OF MODERN ELECTRIC POWER SYSTEMS

Vorobyov Alexander Egorovich
Madaeva Maret Zaindievna
Khadzhiev Aslanbek Abuyazidovich

Abstract: The historical development of human activity within the framework of the use of electricity as the main driving force of the development of civilization has always been aimed at creating large-scale structures for generating electricity. Such structures are normally tied to places that have reserves of resources through the conversion of which they receive electricity on an industrial scale (construction of thermal power plants directly at fuel deposits, hydroelectric power plants in floodplains of rivers sufficiently remote from the consumer). It also includes nuclear energy, which made a significant breakthrough in the volume of electricity generation in the XX century. However, in the XXI century there was a tendency to promote the so-called "distributed energy". The use of the latest developments in the field of nanotechnology, as well as landscape objects organically integrated into the life support structure, bearing the role of all kinds of electric generators ("Solar" bricks, blocks, tiles, piezo elements, etc.) can significantly reduce the problems of energy supply, and in some cases completely eliminate them.

Key words: distributed electric power, nanocable, piezoelectricity, photovoltaic tiles, electric field.

К настоящему времени не все природные источники электрической энергии оказались задействованными (см. рис. 1).

Атмосферная энергетика.

Наличие электрического поля у атмосферы Земли (в частности, в ее приповерхностной зоне) было установлено экспериментально еще в XVIII в.

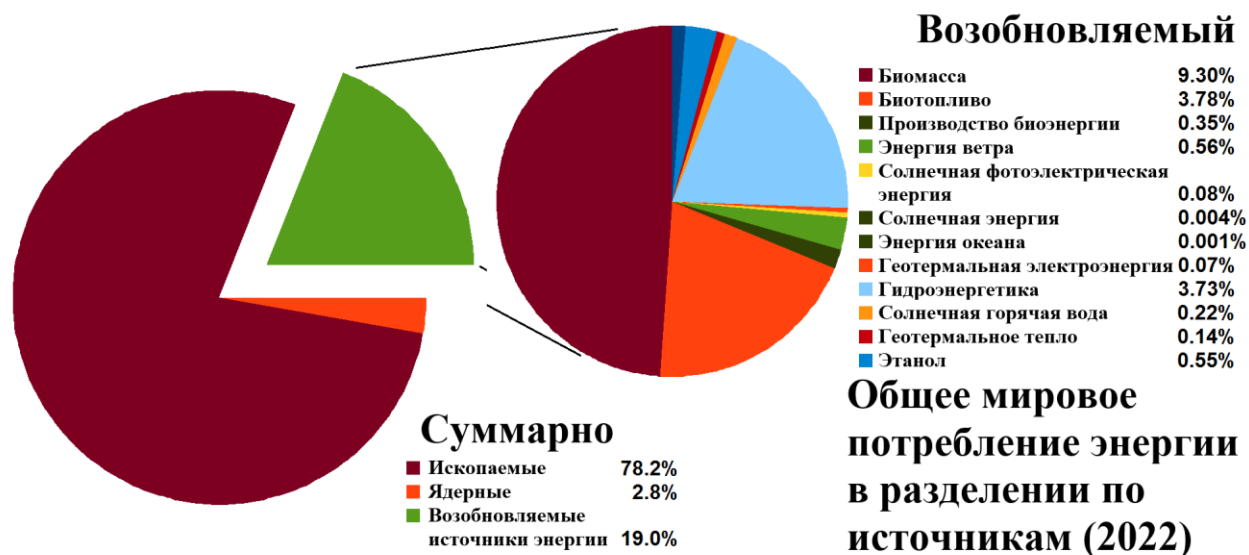


Рис. 1. Соотношение видов производимой электрической энергии

Атмосферное электричество возникает под действием ионизирующего излучения Солнца (рис. 2).

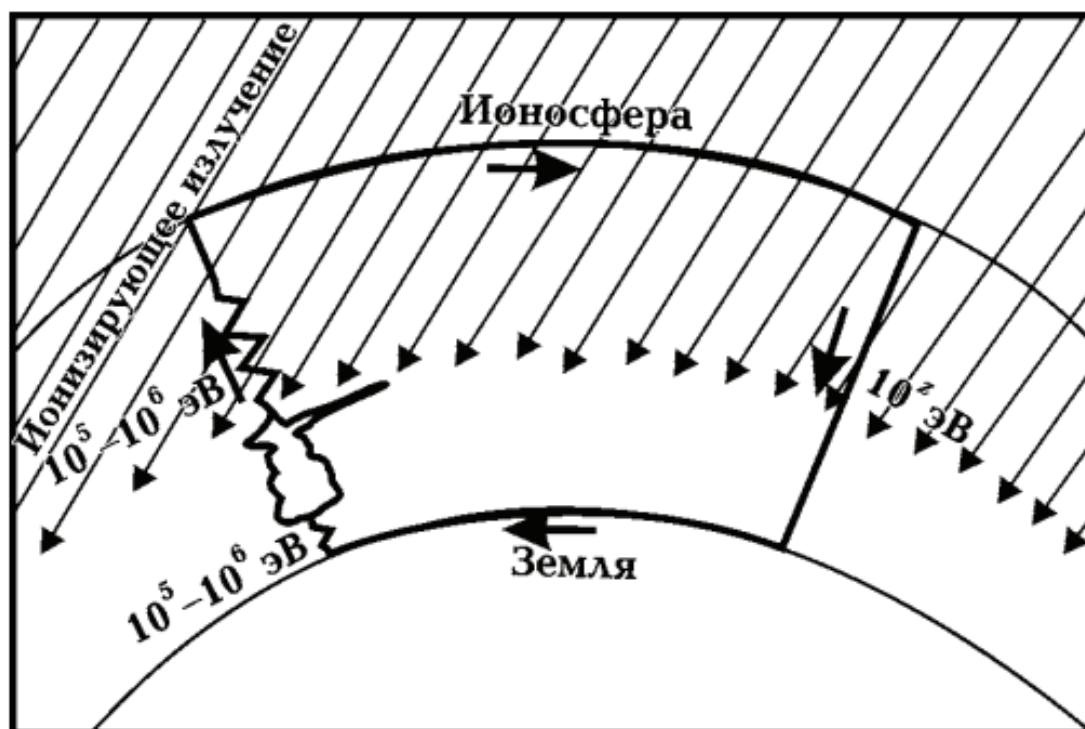


Рис. 2. Схема возникновения атмосферного электрического тока

Другая теория рассматривает Землю, как гигантскую геомашину, в виде конденсатора, обладающей двумя обкладками (земная поверхность и

атмосфера), движение которых поперек силовых линий геомагнитного поля приводит к появлению разности потенциалов, т.е. возникновению в земной атмосфере электрического поля. В результате, при характерных скоростях ветра $V_0 \sim 30-50$ км/ч ($\sim 8 - 14$ м/с) напряженность усредненного электрического поля в земной атмосфере составляет $\sim 85 - 150$ В/м², а при скорости ветра равной ~ 180 км/ч (~ 50 м/с) напряженность электрического поля составляет уже более 1000 В/м². При этом, геоэлектрическое поле направлено вертикально к земной поверхности (рис. 3). В результате эта поверхность заряжается отрицательно, а верхние слои атмосферы – положительно. При этом напряженность электрического поля у поверхности Земли составляет среднее значение $E \approx 120 - 150$ В/м².

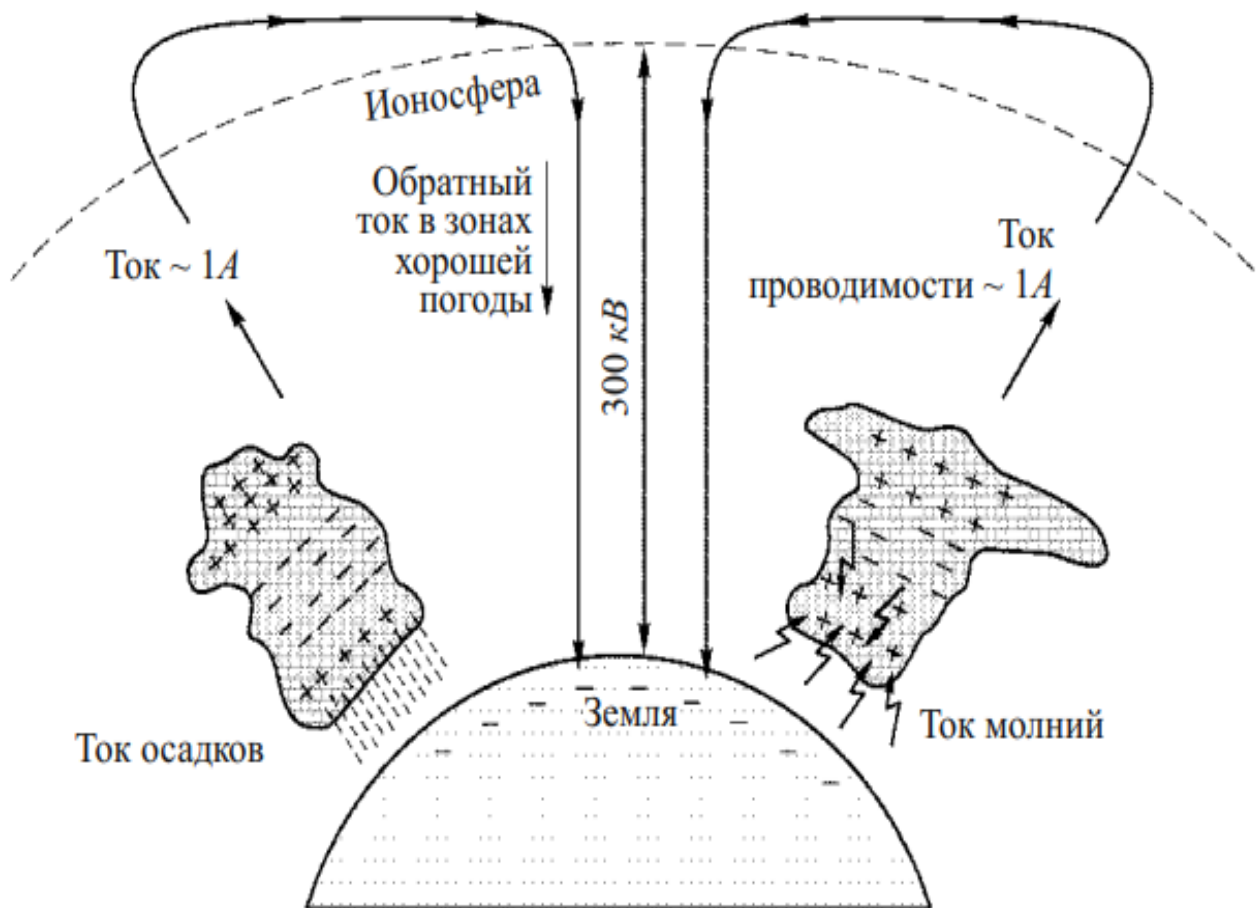


Рис. 3. Глобальная электрическая цепь в атмосфере Земли [2]

Движение заряженных ионов под действием сил электрического поля создает в земной атмосфере вертикально направленный электрический ток, со средней плотностью $\sim (2 \div 3) 10^{-12}$ А/м² и величиной на всю поверхность Земли

около 1800 А. При этом средние значения напряженности электрического поля грозового облака могут измениться от 1000 В/см^3 до 2000 В/см^3 [3], а плотности объемных зарядов – от $4 \cdot 10^{-10}$ до $7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}^3$.

Важным источником электроэнергии могут послужить молнии. Молния (рис. 4) представляет собой разряд электрического напряжения порядка сотен миллионов вольт и с пиковым током до 200 килоампер [4]. При разряде молнии выделяется 10^9 - 10^{10} джоулей энергии.



Рис. 4. Разряды молний

В земной атмосфере одновременно формируется 1500–1800 гроз, с индивидуальным токовым выходом $i = 0.5\text{--}1.0 \text{ А}$ и общим током, генерируемым этими грозами $I_{\text{общ.}} = 800\text{--}1800 \text{ А}$ [5]. Кроме того, известно, что молнии на Земном шаре происходят около $6 \cdot 8^{10}$ раз в сутки, с общей мощностью 1–10 ГВт, т.е. ежегодно по всему миру регистрируется около 1.5 млрд. электрических разрядов [6]. При этом существуют районы Земли (рис. 5), где в течение только одного года происходит до 70 ударов молний на 1 км^2 площади. Так, во время мощной грозы за 15 минут произошло возникновение 1 тыс. молний [7]. Во время одной грозы в Африке за 1 час отметили 7 тыс. молний.

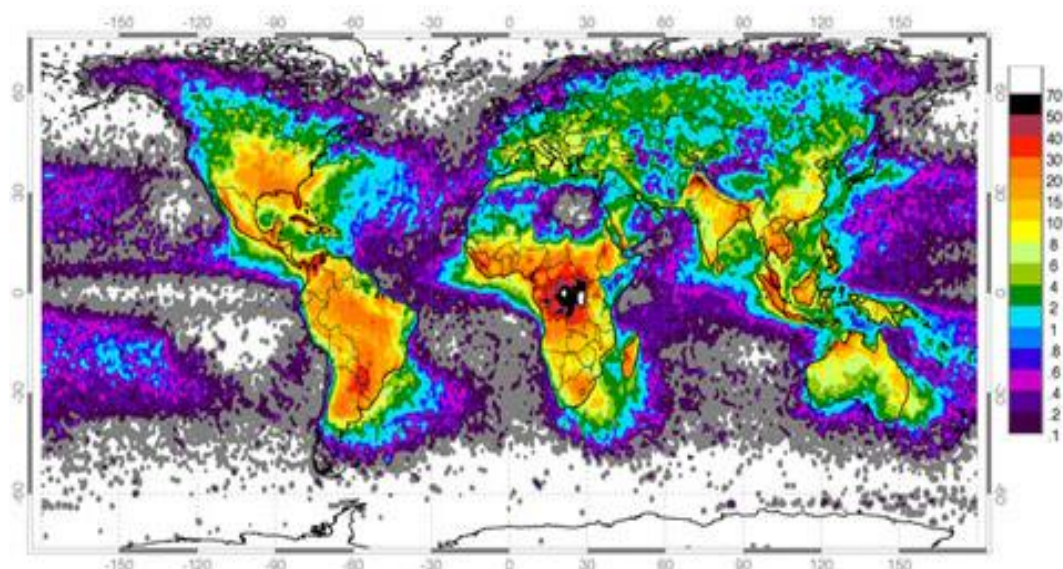


Рис. 5. Частота молний в мире [4]

Шкала справа проградуирована в единицах на $1 \text{ км}^2/\text{год}$

Нанотехнологии в энергетике. В Всероссийском научно-исследовательском институте неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара был разработан композитный силовой нанопровод (сечением 2–3 мм), в котором содержится до 400 млн. тончайших (2–3 нм) ниобиевых нановолокон (рис. 6) [8]. Такой полученный электрический нанопровод отличается аномально высокой (превышая значение 500 МПа) механической прочностью, а также электросопротивлением на уровне 65 % от значения сопротивления чистой меди, что достигается довольно малым (сопоставимым со средней длиной пробега электронов в медной матрице) расстоянием между отдельными нановолокнами.

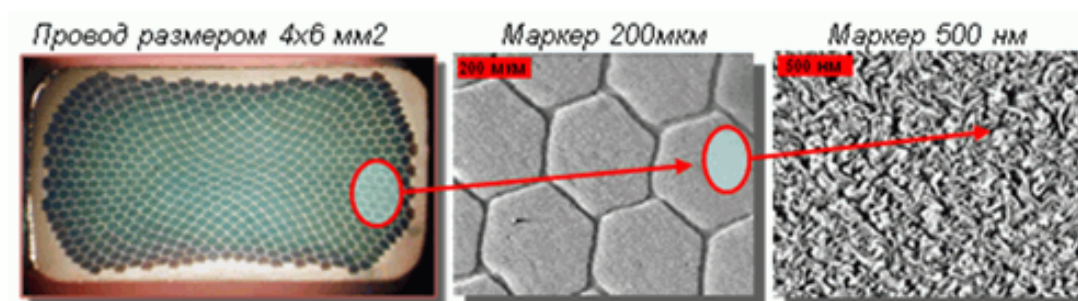


Рис. 6. Медный проводник с ниобиевыми нановолокнами

Кроме того, исследователи из университета Центральной Флориды (США) разработали специальную структуру электрического кабеля (рис. 7), способного не только передавать электрический ток, но и какое-то время хранить поступившую в него электроэнергию.

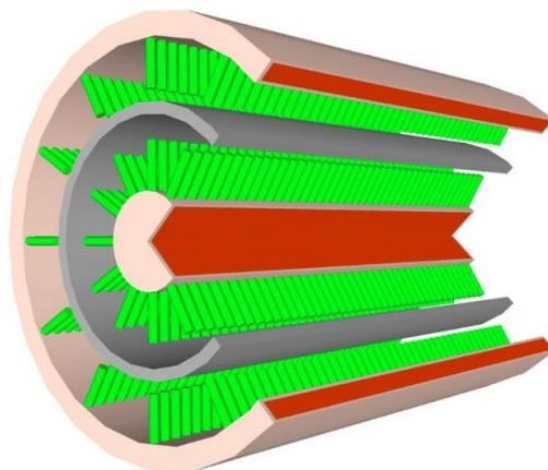


Рис. 7. Структура электрического нанокабеля, сохраняющего электроэнергию

Создать такой электрический кабель (способный хранить поступившую в него энергию) удалось путем добавления в его структуру довольно тонкого слоя пластика, содержащего определенные нанокристаллы, окруженного металлической оболочкой. При этом внутренняя медная проволока позволяет передавать электроэнергию, а слои вокруг – сохранять ее. При чем, в качестве токонесущего элемента (нанопроводника) целесообразно использование нанотрубок или двумерных кристаллов графена [9].

Распределенная энергетика. Традиционные мощные электростанции (такие, как угольные, газовые и атомные электростанции, а также плотины гидроэлектростанций и крупные солнечные электростанции) обычно расположены в некотором удалении (на расстоянии до сотен километров) от объектов электроснабжения. Такое расположение традиционных мощных электростанций объясняется целесообразностью их размещения рядом с источниками используемых для их работы ресурсов, либо вынесением за город, как значительных промышленных предприятий (чтобы сильное загрязнение приземного воздуха не сказывалось на населении).

Однако, с течением времени основным фактором затрат (до 30 %) на электроэнергию для удаленных потребителей стали такие удаленные системы передачи электроэнергии, как электрические сети. Поэтому дальнейшее повышение эффективности электроснабжения распределенных потребителей возможно только за счет единиц, расположенных как можно ближе к местам спроса (желательно – непосредственно в этих объектах).

Распределенная электроэнергетика основывается на множестве небольших (имеющих мощность в диапазоне от 1 кВт до 10 000 кВт), подключенных к электрической сети устройств, производящих электроэнергию. Такие технологии, как правило, включают двигатели, небольшие микротурбины, топливные элементы, фотоэлектрические системы и т.д. (табл. 1).

Таблица 1

Элементы распределенной энергетики [10-18]

Объекты распределенной энергетики	Изображение
Солнечные батареи на крышах жилых домов	
Фотогальваническая черепица	
«Солнечные» жалюзи	

Продолжение Таблицы 1

«Солнечные» кирпичи и блоки	
«Солнечные» тротуарные и дорожные плитки	

Распределенная генерация электроэнергии (особенно при её производстве на месте потребления) имеет определенные существенные экономические преимущества по сравнению с традиционными системами:

✓ Производство электроэнергии на месте потребления позволяет избежать

затрат на её передачу и распространение, которые обычно составляют около 30 % от стоимости поставленной электроэнергии.

✓ Существует более повышенная надежность распределенных электроэнергетических систем.

Фотогальваническая черепица была впервые использована в коммерческих целях в 2011 г. в Колорадо (США). Фотогальваническая черепица является результатом объединения фотоэлектрических ячеек с элементами черепичной кровли. Такая черепица способна одновременно генерировать электрический ток подобно традиционной солнечной батарее, передавая его накопителям – аккумуляторам, и защищать здание от внешней среды аналогично классической черепице. Для этого на относительно небольшие (длиной 2,88 м и шириной 44,5 см) листы из битумного материала крепятся фотогальванические элементы, состоящие из гальванических ячеек, сформированных несколькими слоями аморфного кремния. Каждая такая ячейка соединена с другой диодами, а уже к листам–основам выведен общий кабель, который на стыке пломбируется специальными накладками. Напряжение каждой черепицы составляет 1–1,2 В и электрический ток около 7–8 А.

Кроме «Солнечной черепицы» в жилых и производственных помещениях возможно использование и умных солнечных жалюзи Solar Gaps. Они были разработаны довольно похожими на традиционные оконные жалюзи, где несущая оболочка выполнена из очень прочного и долговечного алюминия, но при этом они «умные» (могут самостоятельно изменять наклон своих планок-полосок, наиболее оптимально по отношению к падающему солнечному свету) и покрыты фотоэлектрическими модулями.

В настоящее время солнечные жалюзи способны генерировать до 100-150 Вт возобновляемой электрической энергии на каждые 1 м² окна, что вполне достаточно для питания 30 светодиодных ламп.

Кроме того, в настоящее время начали выпускать строительные блоки со встроенными солнечными элементами. Такой светящийся кирпич (блок) представляет собой пластиковый корпус, в котором заключены:

- фотоэлементы;
- аккумулятор;
- светодиоды.

Эти светопреобразующие технологии весьма важны потому, что существующие разнообразные здания и сооружения потребляют более 40% всей производимой в мире электроэнергии [19]. А использование существующих солнечных батарей в основном сдерживаются их довольно большой занимаемой площадью и невысокими эстетическими их качествами.

Кроме этого, для выработки электроэнергии предлагается использовать «умные солнечные плитки», которые предназначены для мощения тротуаров и автомобильных дорог. Эти плитки сделаны из закалённого стекла и выдерживают вес тяжелого автомобиля. В плитку вмонтированы разноцветные светодиоды, что даёт возможность управления дорожной разметкой или различными знаками и текстами прямо на дороге.

В Европе первым испытательным полигоном стала территория, протяженностью в 1 км, в Нижней Нормандии. Для покрытия дороги потребовалось примерно 2800 м² таких плиток, которые по примерным подсчетам должны производить 290 кВт/ч электроэнергии. Таким образом, современные системы электроэнергетики будут меняться в соответствии с потребностями изменяющегося мира.

Список литературы

1. Кобзев А.А., Пустовалов К.Н., Нагорский П.М., Тельминов А.Е. Влияние атмосферных осадков на электрические параметры приземной атмосферы в переходный период // Известия высших учебных заведений. Т. 60, № 12. 2017. С. 155-157.
2. Ключников В.Ю. О возможности возникновения триггерных эффектов в геосредах при пусках перспективных ракет-носителей сверхтяжёлого класса // Космонавтика и ракетостроение №6 (79). 2014. С. 121-131.
3. Зашакуев Т.З. Исследование электрической структуры грозовых облаков // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Нальчик. 1998.
4. Молниевая ферма поймает энергию небесных разрядов // <http://www.membrana.ru/particle/3136>.
5. Анисимов С.В. Электрические поля и токи слабопроводящей нижней атмосферы в глобальной электрической цепи // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. М., 2004.
6. Грозовая энергетика как перспективный источник энергии // <http://ekoenergia.ru/grozovaya-energiya/grozovaya-energetika.html>.
7. Источники энергии – грозы (молнии) // <http://greensource.ru/istochniki-jenergii/grozy-molnii.html>.
8. Суперпровода - нанотехнологии в электроэнергетике // <http://elektrik.info/main/news/963-superprovoda-nanotehnologii-v-elektroenergetike.html>.
9. Сидоров М.А. Природоподобная нанотехнология для энергетики // Сборник материалов III Международной научной конференции «Моделирование структур, строение вещества, нанотехнологии». Тула. 2016. С. 266-271.
10. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Развитие «точечной» солнечной энергетики // Вестник АУНГ (Казахстан) №3 (51). 2019. С. 55-68.
11. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Распределенная солнечная энергетика // Вестник евразийской науки. Т. 11. № 5. 2019. С. 17.
12. Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Джумагалиев Н.И. Пути развития солнечной энергетики и нанотехнологии // Труды XXVII Международной конференции «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии,

геоэкологии и на транспорте». – Краснодар: ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. С. 78-82.

13. Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Мадаева М.З. Обоснование проектирования нанофабрик для нужд энергетики // Коллективная монография «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». Том X. Москва. 2020.

14. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Импортзамещающие нанотехнологии в топливно-энергетическом комплексе России. М., РУДН. 2014. 158 с.

15. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Наноинженерия топливно-энергетического комплекса. Т 3. Нанотехнологии настоящего и будущего. М., РУДН. 2019. 417 с.

16. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Воробьев К.А., Хаджиев А.А. Будущее развитие «точечной» солнечной энергетики // В сборнике: Геоэнергетика - 2019 Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией М.Ш. Минцаева. 2019. С. 18-37.

17. Воробьев А.Е., Турлуев Р.А.-В., Воробьев К.А., Мадаева М.З., Хаджиев А.А. Природная атмосферная энергия: средство для геооружия или источник промышленного электричества? Грозный. Спектр. 2020. - 78 с.

18. Воробьев А.Е., Хаджиев А.А. Основные пути развития ветровой электроэнергетики в г. Грозном // Молодежный исследовательский потенциал: Сборник статей VI Международного научно-исследовательского конкурса (13 июня 2022 г.). – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука». 2022. С. 141-152.

19. Солнечные кирпичи - два в одном // <https://russian.worldbuild365.com/news/dndyto26r/hvac/solnechnye-kirpichi-dva-v-odnom>.

© А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева, А.А. Хаджиев, 2022