

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

АКИМОВА Варвара Владимировна

**ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
СОЛНЕЧНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
СТРАН МИРА**

Специальность 25.00.24 – Экономическая, социальная,
политическая и рекреационная география

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук



Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре социально-экономической географии зарубежных стран географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель – **Сокольский Вячеслав Михайлович**
кандидат географических наук,
ведущий научный сотрудник

Официальные оппоненты – **Якобсон Анатолий Яковлевич**,
доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Менеджмент»
Иркутского государственного университета
путей сообщения

Кондратьев Владимир Борисович,
доктор экономических наук, руководитель
Центра промышленных и инвестиционных
исследований Национального исследовательского
Института мировой экономики и международных
отношений им. Е.М. Примакова РАН (г. Москва)

Гладкевич Галина Ивановна,
кандидат географических наук, доцент кафедры
экономической и социальной географии России
географического факультета МГУ имени
М.В. Ломоносова

Защита диссертации состоится 1 марта 2018 г. в 15⁰⁰ на заседании диссертационного совета МГУ.11.01 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, ГСП–1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет, ауд. 1806.

E-mail: agir@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/93872507>

Автореферат разослан 29 января 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник



А.А. Агирречу

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В условиях ограниченности традиционных источников энергии, нестабильности их цен на мировом рынке, а также обеспокоенностью экологическими последствиями использования ископаемых источников энергии все больше стран пытаются найти способы обеспечения национальной энергетической безопасности. Одним из эффективных ответов на глобальный энергетический вызов является солнечная энергетика.

Преимуществами солнечной энергетики, по сравнению с традиционной, являются: общедоступность и неисчерпаемость; высокая экологичность; надежность и модульность (что позволяет подстраиваться под требования каждого индивидуального покупателя или компании и создавать генерирующие мощности любого желаемого размера как подключенные к электросети общего пользования, так и функционирующие в автономном режиме).

На данный момент солнечная энергетика присутствует более чем в 75 странах мира, а в ряде стран способна составить самую серьезную конкуренцию традиционной энергетике, особенно в условиях достижения сетевого паритета. За последние пять лет ее суммарные установленные мощности увеличились в 5,8 раза, что более чем в два раза выше, нежели у ее главного конкурента – ветровой (2,2). Ни одна отрасль промышленности в мире, включая телекоммуникации и производство компьютеров, не имела таких темпов роста. В отдельных странах солнечные установки уже обеспечивают 4-8% потребляемой электроэнергии. Таким образом, солнечная энергетика приобретает большее значение в обеспечении национальной энергетической безопасности и представляет интерес для экономико-географического исследования.

Несмотря на все увеличивающуюся роль солнечной энергетики в мире в современной экономической географии отсутствуют полноценные исследования этого энергетического направления. Наблюдается преимущественное изучение инженерно-технических аспектов функционирования солнечной энергетики. Научных работ в области изучения географии отрасли практически нет.

Объект исследования – мировой солнечно-энергетический комплекс (СЭК). **Предмет исследования** – его территориальная организация.

Целью исследования было выявить и объяснить особенности территориальной организации мирового солнечно-энергетического комплекса и закономерности его формирования и функционирования.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) выявить особенности и тенденции развития мирового солнечно-энергетического комплекса;
- 2) проанализировать технико-экономические особенности солнечно-энергетического комплекса;
- 3) оценить роль и место солнечно-энергетического комплекса в мировой экономике и в экономиках отдельных стран;
- 4) выявить факторы размещения объектов солнечно-энергетического комплекса;
- 5) выявить региональные особенности территориальной организации мирового фотовольтаического солнечно-энергетического комплекса и мирового гелиотермального солнечно-энергетического комплекса (включая системы концентрирующей солнечной энергетики (КСЭ));
- 6) собрать и обработать эмпирические и статистические данные, полученные от компаний, осуществляющих производство продукции, необходимой для функционирования мирового солнечно-энергетического комплекса;
- 7) разработать типологию стран по характеру развития солнечно-энергетического комплекса;
- 8) оценить состояние и перспективы развития солнечно-энергетического комплекса в России.

Теоретической и методологической основой исследования послужили работы российских и зарубежных ученых: в области изучения территориальной организации – П. Я. Бакланова, Л.И. Василевского, А.П. Горкина, В.М. Гохмана, И.М. Маергойза, П.М. Поляна, Ю.Г. Саушкина, Л.В. Смирнягина, в области возобновляемой энергетики – Д. С. Стребкова, В. И. Висаррионова, Г. В. Дерюгиной, О. С. Попеля, В. Е. Фортова, Ж. И. Алфёрова, П. П. Безруких, Р. Перника, К. Уайлда, Г. Шеера, Дж. Перлина, А. МакЭвойя, Т. Маркварта, Л. Кастаньера, М. Дизендорфа, М. Мендонца, С. Калогироу и др.

Источниками **статистической информации** послужили данные Международного энергетического агентства, Управления по энергетической информации США, Европейской Гелиотермальной Электроэнергетической Ассоциации, Европейской обсерватории альтернативных источников энергии, Европейской Федерации гелиотермальной энергетики, Европейской Фотовольтаической Ассоциации, Международного агентства по возобновляемой энергетике и т. д, материалы годовых отчетов и корпоративных интернет-ресурсов рассмотренных в ходе исследования компаний, полностью

или частично осуществляющих свою деятельность в области солнечной энергетики (Trina Solar, First Solar, Renesola, Jinko Solar, JA Solar, Hanhwa Q-cells, Kyocera, Siemens, Alstom, Sharp, REC и т.д. (итого 591 компании)), а также данные, полученные в ходе интервью с представителями данных компаний. Собранные по результатам работы база данных включает информацию о ведущих компаниях, задействованных на определенном этапе создания конечной солнечной установки (включая данные об уровне вертикальной интеграции и специализации, географической привязке, финансовых показателях деятельности), что позволяет типологизировать страны по характеру развития солнечно-энергетического комплекса. База данных также включает информацию о солнечных электростанциях в разных странах: их мощность, состояние (функционирует, строится, проектируется), тип (фотовольтаическая, концентрирующая).

В качестве источников также использовались информационно-аналитические отчеты по возобновляемой энергетике, в т.ч. сборники Международного энергетического агентства, Управления по энергетической информации США, Европейской Гелиотермальной Электроэнергетической Ассоциации, Европейской обсерватории альтернативных источников энергии, Европейской Федерации гелиотермальной энергетики, Европейской Фотовольтаической Ассоциации, Международного агентства по возобновляемой энергетике и т. д., а также публикации основных новостных порталов в области «зеленых» технологий и солнечной энергетики в частности (CSP Today, PV Insider, Green Tech Media Research и т.д.) и отчетов национальных министерств (департамента по энергетике и изменению климата Великобритании, департамента природных ресурсов Канады, департамента энергетики США, департамента энергетики ЮАР, департамента энергетики Германии, Испании, Италии и т.д.).

Методы исследования. В ходе исследования были применены различные географические методы и подходы: историко-географический, экономико-статистический, сравнительно-географический, картографический, типологический, были проведены отдельные полевые исследования и экспертные интервью.

Научная новизна работы. Несмотря на актуальность темы диссертации исследования в области географии солнечной энергетики отсутствуют. В лучшем случае они являются составной частью работ по изучению топливно-энергетического комплекса мира или отдельных стран. Во многом это обусловлено тем, что данные разрознены в связи с тем, что солнечная энергетика пока еще очень фрагментированная отрасль, и, как следствие, нет четких критериев, какие именно производства к ней относить, а также напрямую отсутствует статистическая информация о структурных компонентах солнечно-энергетического комплекса. Научная новизна работы заклю-

чается в проведении комплексного географического исследования солнечно-энергетического комплекса стран мира, в рамках которого было разработано определение этого объекта мирового ТЭКа. Впервые в разрезе отдельных стран, регионов и мира в целом изучены факторы размещения солнечных электростанций, особенности и закономерности формирования территориальной организации отрасли и проведена типологизация стран по характеру развития солнечно-энергетического комплекса.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования основных выводов диссертации государственными структурами для корректировки программы развития возобновляемой энергетики в России, коммерческими организациями для планирования и обоснования своей финансовой, инвестиционной деятельности как в России, так и в зарубежных странах. Приведенные характеристики сложившихся типов стран по характеру развития солнечно-энергетического комплекса могут быть применены при формировании модели развития отечественного рынка солнечной энергетики и выстраиванию эффективных отношений с представителями выделенных типов. Положения и выводы, сделанные автором, могут быть использованы в качестве лекционного материала в рамках учебных дисциплин, посвященных географии промышленности зарубежных стран, устойчивому развитию, экономике солнечной энергетики и географии инновационного процесса. Собранные в ходе исследования база данных по компаниям, полностью или частично осуществляющим свою деятельность в области солнечной энергетики, будет использована автором в дальнейших научных исследованиях.

Апробация результатов исследования. Основные положения и выводы диссертации докладывались и обсуждались на Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (г. Москва, 2013 г., 2015 г., 2016 г., 2017 г.); Международной научной студенческой конференции «Ломоносов в Женеве» (Швейцария, 2013 г.); школе-семинаре «Теория и практика географической конфликтологии» (г. Витебск, 2013 г.); Всероссийской конференции с международным участием «Разнообразие как фактор и условие территориального развития» (г. Саранск, 2013 г.); 7-ой ежегодной конференции Ассоциации японоведов «Российское японоведение сегодня. К 20-летию Ассоциации японоведов» (г. Москва, 2014 г.); Международном Большом географическом фестивале студентов и молодых ученых (г. Санкт-Петербург, 2015 г., 2017 г.); Научно-практическом семинаре «Управление природопользованием и экологическая безопасность регионов» (г. Москва, 2015 г.); Международной региональной конференции IGU Regional Conference «Geography, culture and society for our future Earth» (г. Москва, 2015 г.); 10-ой Международной

конференции «Map – City – Nature» (Польша, 2015 г.); 18-ой Всероссийской конференции «История и культура Японии» (г. Москва, 2016 г.); Международной научно-практической конференции «Первые Максаковские чтения» (г. Москва, 2016 г.); Всероссийской конференции с международным участием «Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика» (г. Смоленск, 2016 г.); Всероссийской конференции с международным участием и X научной молодежной школе «Возобновляемые источники энергии» (г. Москва, 2016 г.); Научном семинаре лаборатории возобновляемых источников энергии МГУ (г. Москва, 2017 г.).

Материалы выполненного исследования применялись при чтении автором отдельных лекций в курсах «География промышленности зарубежных стран», «Социально-экономическая география зарубежных стран», «Решение актуальных проблем современности (на примере Японии)» на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова. Основные выводы и положения диссертации отражены в 28 публикациях, в т.ч. в 4 статьях в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных журналов для опубликования результатов диссертаций, и четырех книгах.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из списка используемых сокращений, введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Основное содержание работы изложено на 184 страницах, включает 14 таблиц и 60 рисунков (в т. ч. 10 картосхем). Библиографический список содержит 158 наименований на русском и английском языках без учета корпоративных отчетов. Приложения содержат 2 схемы производственных цепей составляющих солнечно-энергетического комплекса, 8 картосхем, статистическую информацию и базы данных солнечных электростанций и компаний, занятых в определенных звеньях производственной цепи солнечных установок.

Первая глава посвящена общей характеристике солнечно-энергетического комплекса (СЭК), его составу и структуре, технико-экономическим особенностям его основных составляющих, историко-географическому анализу его развития и выделению факторов размещения. Во второй главе проводится анализ территориальной организации фотовольтаического солнечно-энергетического комплекса, в третьей – территориальной организации гелиотермального солнечно-энергетического комплекса (включая концентрирующую солнечную энергетику (КСЭ)), в рамках которого поэтапно изучается география основных производственных звеньев и особенности географии конечного продукта в мировом, страновом и региональном разрезе. В четвертой главе проводится типологизация стран мира по характеру развития солнечно-энергетического комплекса с подробной характеристикой выделенных типов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

1. Предложено и обосновано определение солнечно-энергетического комплекса (СЭК) как межсекторального комплекса экономики – интегрированной системы различных видов деятельности, относящихся к разным секторам экономики (первичному, вторичному, третичному), но объединенных целевой функцией в экономике и обществе (в нашем случае, производство различных видов энергии) и характером слагающих элементов. То есть солнечно-энергетический комплекс включает в себя все виды деятельности, направленные на создание конечной солнечной установки и ввода ее в эксплуатацию: от производства поликремния до оказания услуг населению по проектированию, выбору дизайна и рекламе солнечных установок (рис. 1), тем самым объединяя природный, экономический, институциональный, социальный аспекты человеческой деятельности, интегрируя экономический вектор производства с социальным вектором потребления товаров и услуг.



Рис. 1. Состав солнечно-энергетического комплекса

Несмотря на то, что солнечно-энергетический комплекс представляет собой целостную многокомпонентную (составную) систему, обладающую функциональным единством (главная функция солнечно-энергетического комплекса – производство и перераспределение энергии, полученной за счет использования энергии Солнца), входящие в его состав подсистемы обладают своей производственной спецификой, что обуславливает необходимость их дифференцированного изучения в рамках настояще-

го исследования и разделения солнечно-энергетического комплекса на два подтипа: фотовольтаический СЭК и гелиотермальный СЭК. В гелиотермальном солнечно-энергетическом комплексе для выполнения целевой функции используются технологии преобразования солнечной энергии в тепло (с помощью солнечных коллекторов) и технологии концентрирования солнечной энергии с ее последующим преобразованием в электроэнергию, а в фотовольтаическом СЭК – технология прямого преобразования солнечной энергии в электроэнергию. В свою очередь фотовольтаический СЭК имеет два сектора: промышленный и индивидуальный, гелиотермальный также имеет два сектора: в индивидуальном секторе применяются солнечные коллекторы, в промышленном – концентрирующие солнечные установки.

2. Развитие мирового солнечно-энергетического комплекса сопровождается его пространственной экспансией. Если на ранних этапах развития солнечной энергетики её территориальная структура носила ярко выраженный «евромоцентрический» характер, то наблюдаемый в настоящее время процесс появления новых полюсов роста привел к возникновению полицентрической модели территориальной структуры отрасли. В этой модели выделяются три главных центра: *европейский* – во главе с Германией (на протяжении последних десяти лет сохранявшей за собой статус мирового лидера), Испанией (лидером в концентрирующей солнечной энергетике), Италией и с недавних пор Великобританией; *американский* – с США и *азиатский* – где основными полюсами роста являются две страны – Китай (с 2015 г. мировой лидер по суммарным установленным мощностям (43 ГВт) и Япония (где в результате остановки всех действующих ядерных реакторов (в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г.) с 2012 г. наблюдается настоящий «солнечный бум», призванный восполнить дефицит энергетических мощностей).

Наряду с динамичным развитием крупных центров, возникает масса менее значимых, способствующих изменению структуры размещения объектов отрасли. В будущем, возможно, что именно эти новые центры станут локомотивом развития мировой солнечной энергетики. Так в Северной Америке в состав «солнечного клуба», включающего до недавнего времени только США, вошла и Канада, в Европе – к Германии, Италии, Франции и Испании – присоединилась Бельгия, в перспективе также в лидеры могут выйти Болгария и Чехия (рис. 2–4).

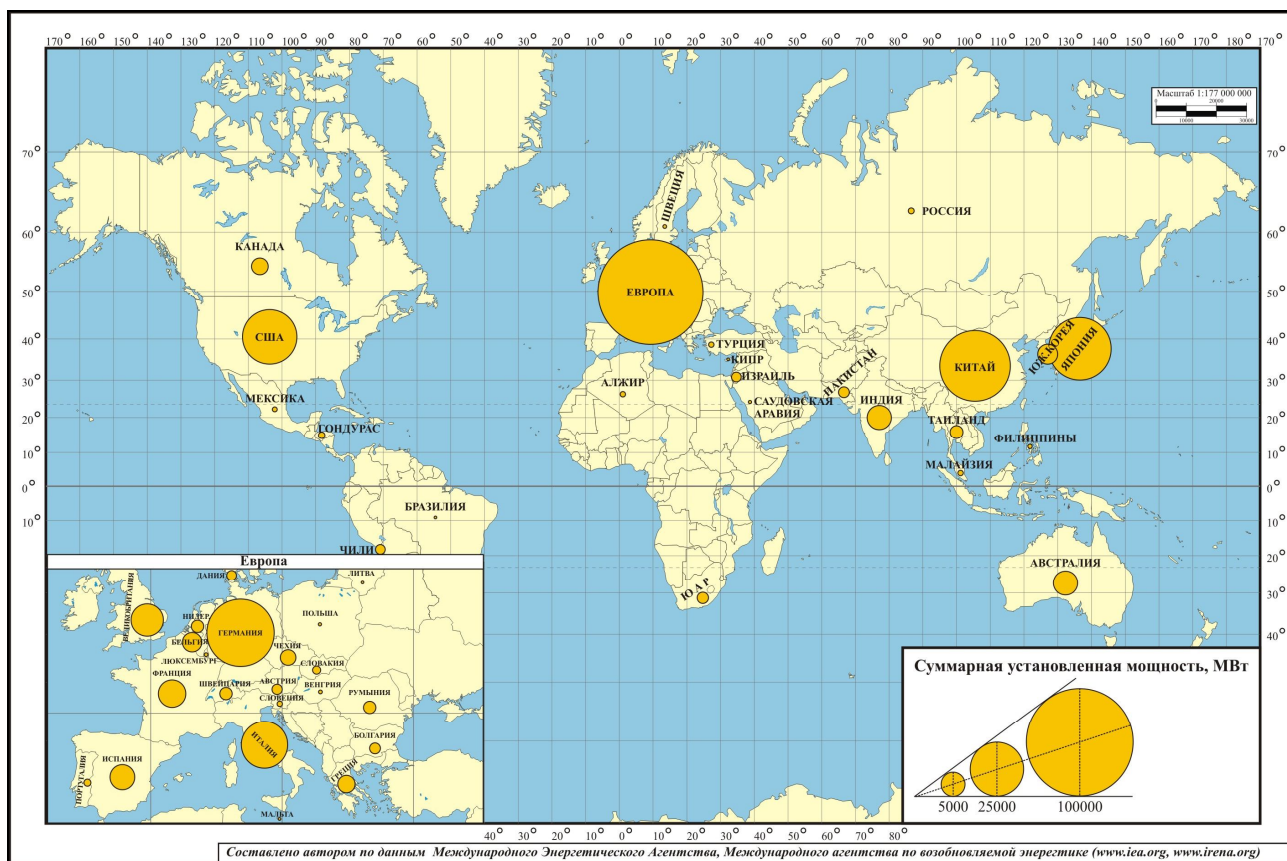


Рис. 2. Фотовольтайческая солнечная энергетика, 2015 г.

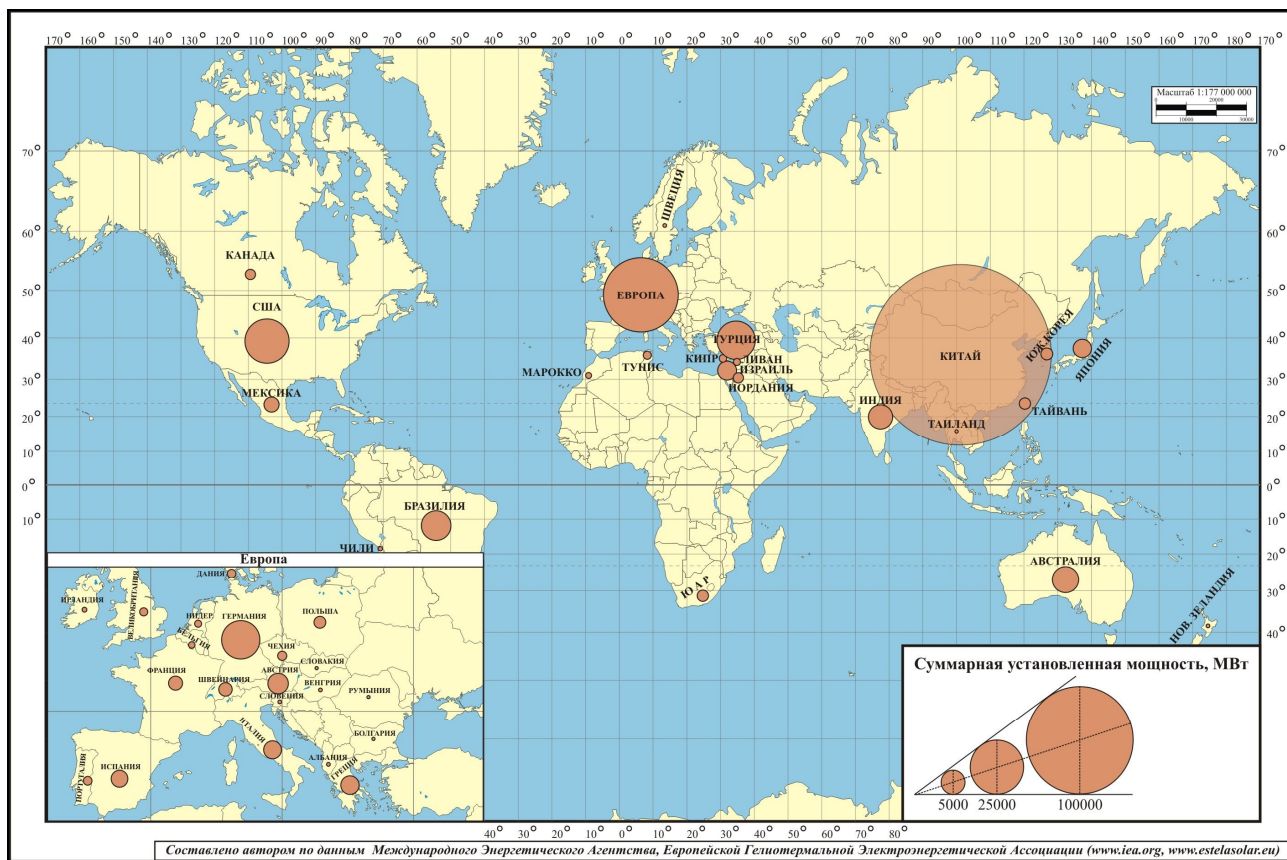


Рис. 3. Гелиотермальная энергетика, 2015 г.

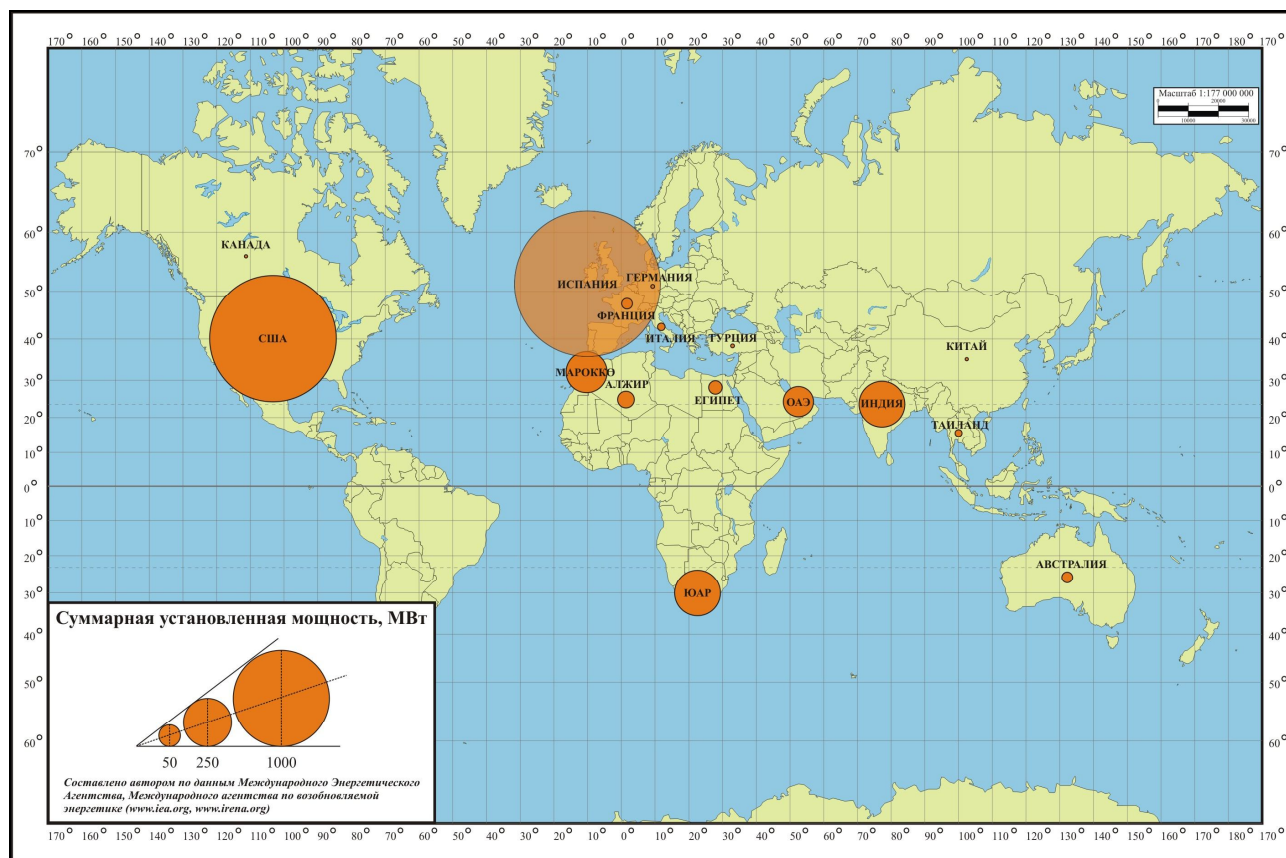


Рис. 4. Концентрирующая солнечная энергетика, 2015 г.

В странах Южной Америки и Африки солнечная энергетика пока не получила повсеместное распространение, но в перспективе эти страны представляют собой один из основных регионов для развития данной отрасли в связи с наличием спроса, высоким уровнем солнечной радиации на большей части территории и экологическим фактором. Так, например, в Чили суммарные установленные мощности фотогальваники уже превысили 1 ГВт.

3. На начальном этапе своего формирования мировой солнечно-энергетический комплекс в силу своей высокой науко- и капиталоемкости концентрируется преимущественно в промышленно развитых странах. Безусловной монополией этих стран является фотогальваника (176 из 229 ГВт мировых мощностей, то есть 76,9%) и концентрирующая солнечная энергетика (4,1 ГВт из 4,8 ГВт, то есть 85%). При этом только на Европу приходится 45% фотогальванических мощностей и более 50% мощностей КСЭ. Это подтверждается и результатами расчета индекса «солнечности» энергетики (рассчитываемый как отношение доли солнечных электроэнергетических мощностей (фотогальваника и концентрирующая солнечная энергетика) в суммарных электроэнергетических мощностях в стране к доле солнечных электроэнергетических мощностей в суммарных электроэнергетических мощностях в мире) (рис. 5).

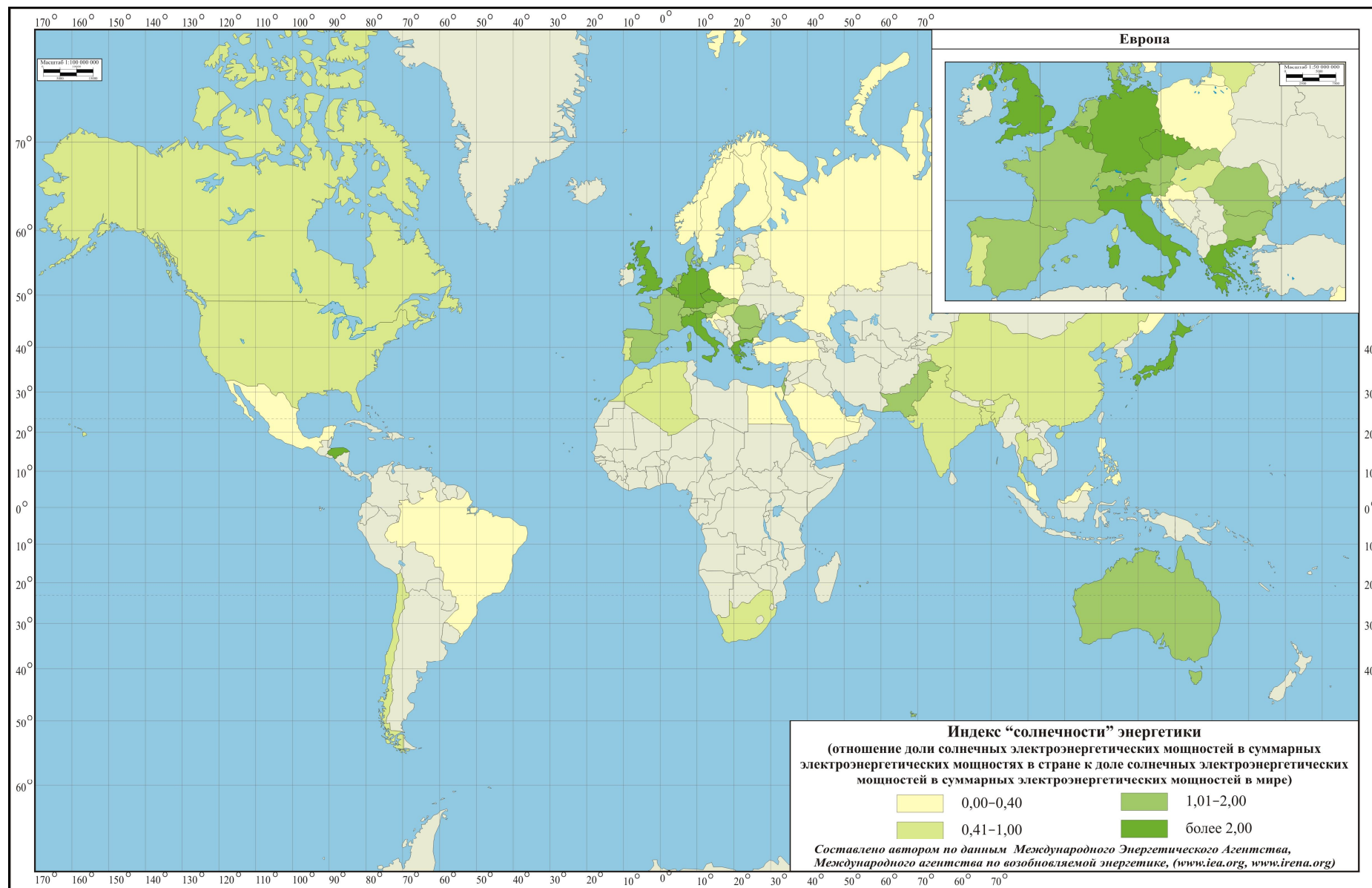


Рис. 5. Индекс солнечности энергетики, 2015 г.

Среди 22 стран со значением индекса больше 1 (что свидетельствует о высоком уровне специализации энергетического комплекса страны на развитии солнечной энергетики) только 2 относятся к развивающимся. В то же время в гелиотермальной энергетике доминируют развивающиеся страны (78% мощностей). Причинами такого разделения является высокий уровень доходов в промышленно развитых странах (что облегчает покупку относительно дорогой по сравнению с солнечными коллекторами фотовольтаической системы), сложность фотовольтаических технологий, необходимость в специализированных центрах обслуживания и центрах НИОКР и в проработанной системе государственной поддержки отрасли на различных иерархических уровнях.

В связи со сложностью технологий концентрирующей солнечной энергетики и необходимостью наличия мощной технологической базы и специализирующихся на данном сегменте солнечной энергетики центров НИОКР, пока лидерство в данной подотрасли солнечной энергетики сохраняют за собой две страны – Испания и США, чьи компании в связи с большей капиталоемкостью систем КСЭ отличаются очень высоким уровнем вертикальной интеграции. В целом эта отрасль еще очень молода, поэтому лидеры на мировом рынке еще не закрепились и меняются в зависимости от технологии и проекта. Тем не менее, концентрирующая солнечная энергетика является перспективной отраслью именно для развивающихся стран. Причины носят экономический и географический характер. Концентрирующая солнечная энергетика наиболее эффективна при размещении в районах тропического пояса с высоким уровнем солнечной радиации, выигрывает от эффекта масштаба и не имеет потребности в дорогих фотовольтаических материалах.

4. Несмотря на пространственную экспансию, солнечно-энергетический комплекс характеризуется высокой степенью территориальной концентрации на различных уровнях: внутристрановом, страновом и макрорегиональном. На уровне макрорегионов – 45% фотовольтаических мощностей приходится на Европу, в гелиотермальной энергетике (без КСЭ) – 73% на АТР, в концентрирующей – более 50% на Европу.

На страновом уровне мировым лидером в фотовольтаике является Китай, на который приходится 19% всех электроэнергетических мощностей, в гелиотермальной – также Китай (около 70%), в концентрирующей – Испания (50%).

Тем не менее, тенденция последних лет в фотовольтаике – оформление в ранге лидеров небольшой группы стран при выравнивании внутренних различий внутри

этой группы вне зависимости от площади страны или уровня солнечной радиации. Так, на Китай приходится около 19% всех мировых мощностей мировой фотовольтаики, но расположившаяся на втором месте Германия отстает совсем не намного – 17% мировых мощностей, Япония обладает 15% и США – 11%. Данную тенденцию в фотовольтаике подтверждает рассчитанный индекс Херфиндаля-Хиршмана по выборке стран, обладающих суммарными установленными мощностями более 1 ГВт – 1124, что свидетельствует об умеренной степени концентрации на данном рынке, появлении новых игроков и постепенном распространении отрасли за пределами основных центров возникновения.

Простая гелиотермальная и концентрирующая солнечная энергетика наоборот обладают очень высоким значением индекса – 5028 для ГТЭ, 3659 для КСЭ.

Особенно заметна тенденция к увеличению территориальной концентрации на внутристрановом уровне, где ядро образуют 3-4 региона, в отдельных случаях 1-2 (Бавария, Баден-Вюртемберг и Северный Рейн-Вестфалия в Германии, Калифорния, Северная Каролина и Аризона в США, Ганьсу, Цинхай, Цзянсу, Внутренняя Монголия в Китае, Эстремадура и Андалусия в Испании; Оита, Айти, Аомори и Хоккайдо в Японии и т.д.) (рис. 6–7). Таким образом, солнечной энергетике присущ пока еще очаговый характер размещения, а такие резкие контрасты характерны для новых «пионерных» отраслей, коей солнечная энергетика и является.

5. Важнейшей тенденцией территориального развития мирового солнечно-энергетического комплекса в последние годы является его ускоренный рост в странах Восточной Азии и так называемый дрейф на восток.

Основным мировым центром производства солнечных установок и комплектующих для них стал Китай, с которым конкурируют европейские и американские компании. Китай занимает лидирующие позиции за счет того, что технологии по использованию энергии Солнца, впервые появившиеся в развитых странах Европы и США, в китайском исполнении оказываются гораздо дешевле (разница цен составляет 22%), что связано со следующими факторами:

- *экономия на масштабе.* Китайские заводы обладают значительно большими производственными мощностями и объемом выхода продукции, чем остальные страны. Крупнейший завод в Китае имеет мощности в 3,2 ГВт, в то время как самый большой завод в Европе и США – 650 МВт.

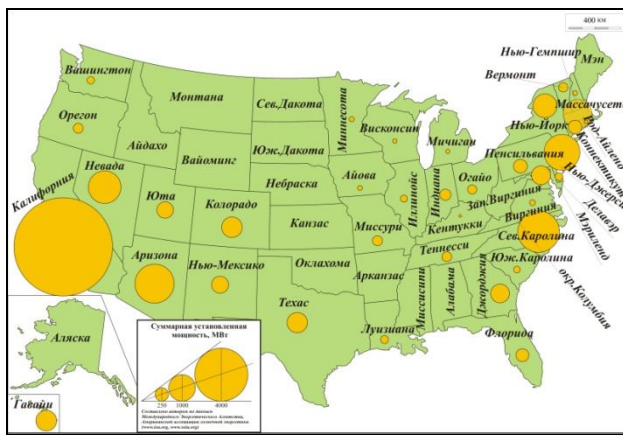


Рис. 6. Фотовольтайческая солнечная энергетика в США, Китае, 2015 г.

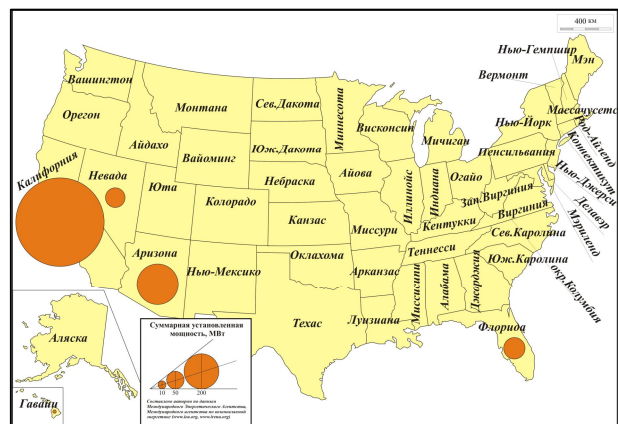
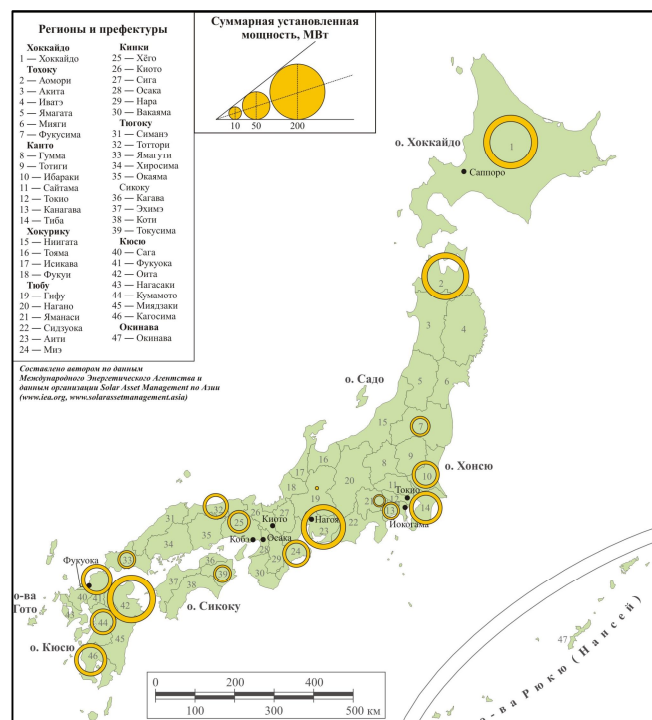
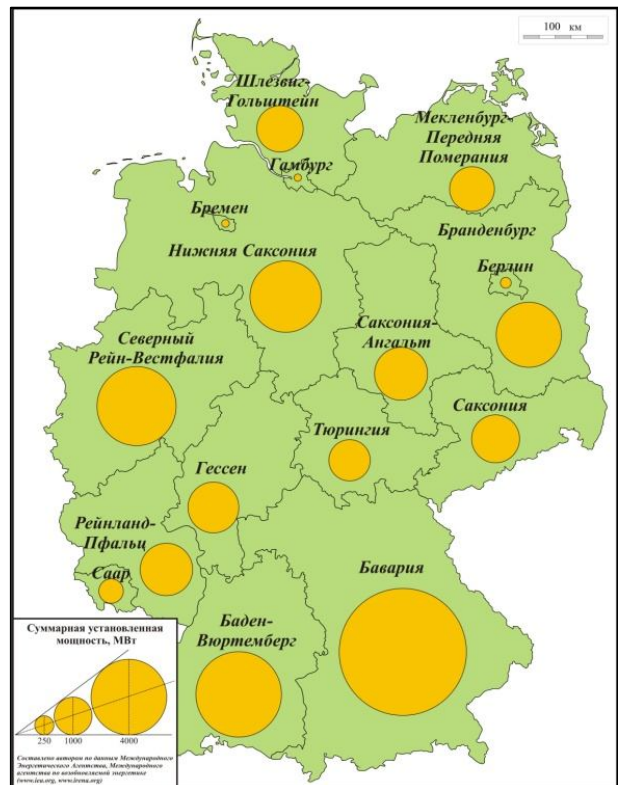
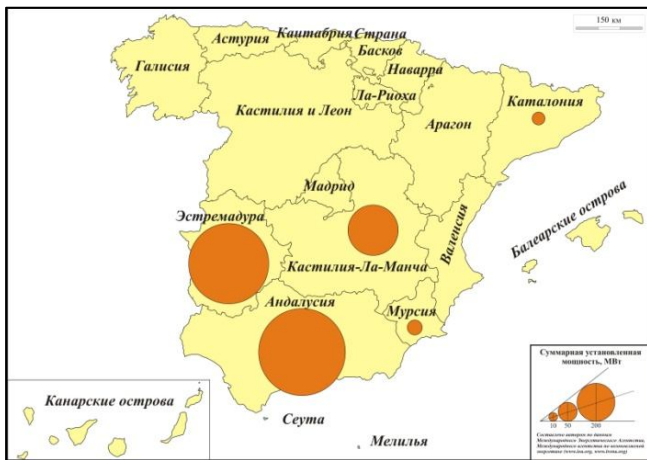


Рис. 7. Концентрирующая солнечная энергетика в Испании, США, 2015 г.
Фотовольтайческая солнечная энергетика в Германии, Японии, 2015 г.

- *близость к поставщикам дешевого сырья.* Ведущие китайские компании были первыми, кто стал задействовать местных поставщиков дешевого сырья, что позволило снизить затраты на материалы по сравнению с другими конкурентами в мире.

- *специализация на выпуске стандартных модулей.* Китайские компании отдают предпочтение производству стандартной основной продукции (мультикристаллических модулей размером 60x60). Для сравнения западные и японские компании исторически оперировали в рыночных сегментах, предоставляя больший диапазон размеров и технологий солнечных модулей.

В результате на Китай приходится более 60% мирового производства фотоэлементов, 70% солнечных модулей. Можно предположить, что производители солнечных модулей в Китае скоро вытеснят с рынка за счет обвала цен на свою продукцию всех остальных производителей (рис. 8). Поэтому европейским и американским компаниям ничего другого не остается, кроме как искать новые высокотехнологичные решения выхода из сложившейся ситуации, например, за счет специализации на производстве тонкопленочных солнечных модулей с меньшей эффективностью преобразования, но и с меньшими капитальными затратами.

Европа и США еще сохраняют свои позиции на рынке поликремния, так как его производство – это очень технологически сложный процесс. В результате в условиях снижения цен на поликремний Китай пока еще не может производить одновременно и качественный, и дешевый продукт, и, как следствие, не может обеспечивать выпуск поликремния в достаточном объеме для того, чтобы на равных конкурировать с другими мировыми производителями.

Китай является бесспорным лидером и на **рынке солнечных коллекторов**, при этом он специализируется на производстве самых совершенных коллекторов, в то время как Европа и США активно развивают производство простейших дешевых гелиоустановок. Это связано с тем, что европейские и американские компании не выдерживают ценовую конкуренцию с Китаем в рамках производства технологически сложных коллекторов, которые благодаря своим техническим характеристикам наиболее эффективны для применения в самом Китае.

Большая часть произведенных коллекторов во всех странах идет на удовлетворение внутреннего спроса. В Китае это, прежде всего, выгодное приобретение в связи с меньшими требованиями денежных вложений в течение срока эксплуатации системы по сравнению с газовыми аналогами. В Европе же установка солнечных коллекторов также выгодна в связи с неразвитостью института центрального отопления, материальными стимулами от государства и высоким уровнем экологической культуры населения.

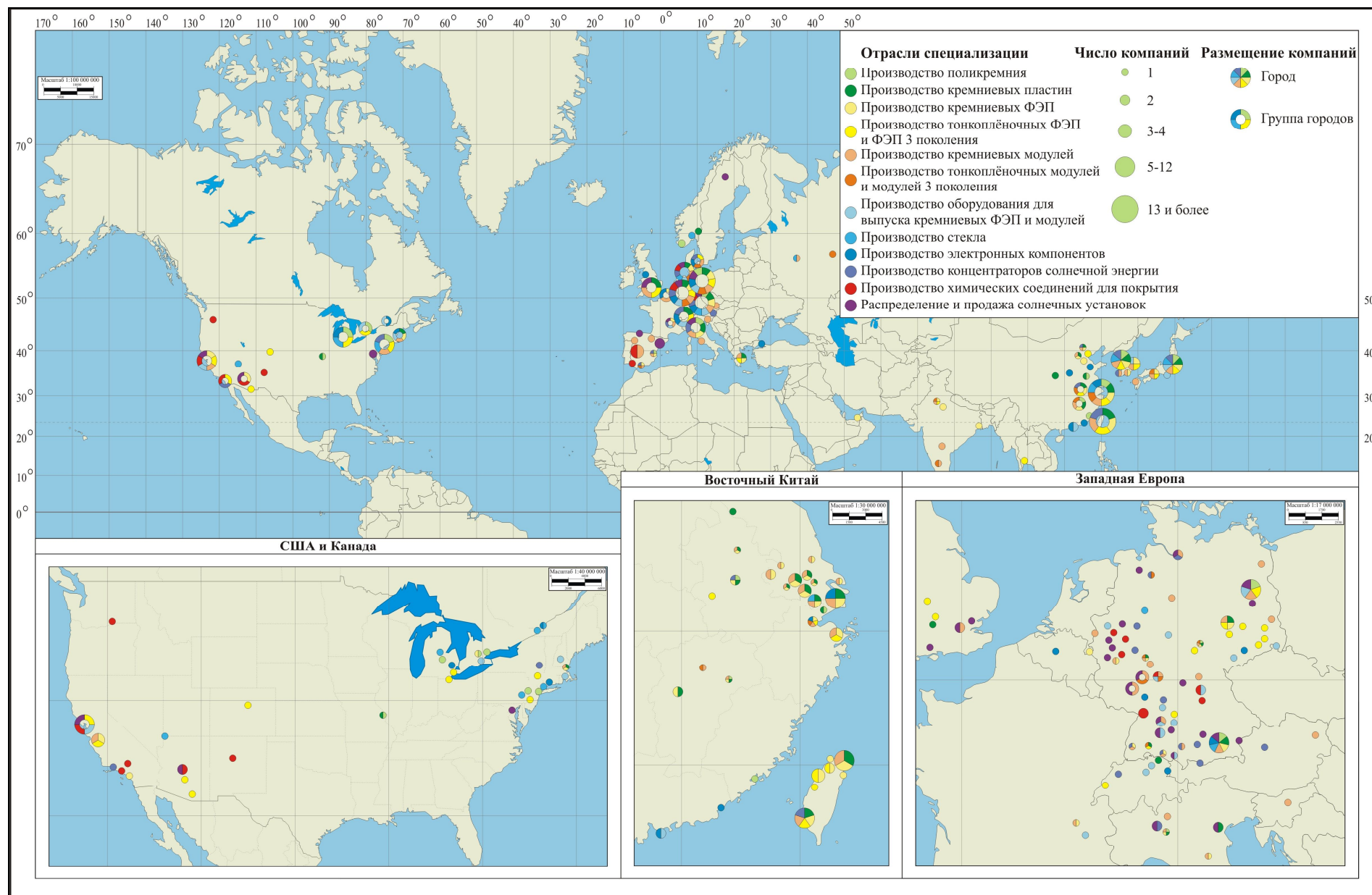


Рис. 8. Крупнейшие центры производства комплектующих и оборудования для фотовольтаики и КСЭ, 2015 г.

6. Солнечную энергетику отличает мезомасштабная коллизия размещения, проявляющаяся в отсутствии единого определяющего фактора размещения, действующего для каждой страны. Детерминирующий фактор меняется от страны к стране с учетом социально-экономической и политической специфики этих стран. В результате анализа факторов размещения объектов солнечной энергетики автором предлагается классификация стран, в основе которой лежит детерминирующий фактор размещения на мезоуровне (то есть на межстрановом уровне).

Следует признать, что существует комплекс различных факторов: стоимость других источников энергии (угля, гидро- и ядерной энергии, энергии волн и ветра, геотермальной и т.д.), плотность населения, национальные стратегии ценообразования в энергетике в отношении традиционных источников энергии, географическое положение (широта), структура государственных субсидий, общемировые тенденции и т.д. – и каждый из них играет свою роль. Например, из-за все еще относительно высокой стоимости солнечной электроэнергии большую роль в развитии солнечной энергетики играют институциональные факторы: политический климат в стране, желание или нежелание властей содействовать использованию технологий за счет использования прямых или косвенных механизмов финансирования, а также уровень осведомленности населения о данной технологии.

Во всех странах с высоким уровнем развития солнечной энергетики применяются меры государственной поддержки для повышения конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности отрасли. Тем не менее, есть один единственный фактор для каждой страны, который играет решающую роль в развитии солнечной энергетики, причем необязательно самый очевидный (при этом в рамках одной отрасли для разных секторов (промышленного и индивидуального) факторы могут быть различны).

Например, солнечная радиация больше не является решающим фактором для развития фотовольтаики в связи с эволюцией солнечных технологий, что позволяет солнечным модулям вырабатывать электроэнергию даже при облачной погоде, используя как прямую, так и рассеянную солнечную радиацию.

Кроме того, в прошлом замедляющие развитие рассматриваемой отрасли факторы сейчас могут быть использованы как дополнительный драйвер. Например, снег теперь может применяться как еще одно «зеркало», отражающее солнечные лучи на поверхность солнечного коллектора или модуля, тем самым увеличивая общее количество полученной солнечной энергии, и в результате, объем выработанной электроэнергии. Именно поэтому некоторые факторы были исключены из представленной

классификации, так как влияние других существенно их превысило. Классификация базируется на одном основополагающем факторе, сыгравшем определяющую роль в развитии солнечной энергетики. При этом промышленная солнечная энергетика и индивидуальные солнечные установки рассматриваются отдельно.

Потребитель, наличие спроса, высокие доходы населения – страны Европейского региона (Великобритания, Италия, Бельгия, Франция, Германия, Чехия, Австрия, Швейцария), а также Израиль (все – индивидуальные солнечные установки);

Государственная политика – Индия, Япония (все – индивидуальные солнечные установки), Болгария, Германия (промышленная солнечная энергетика);

Наличие собственной производственной базы, в связи с чем низкая капиталоемкость продукции, а также необходимость в электрификации сельских и труднодоступных районов – Китай, Канада, Турция, Мексика, Бразилия (все – индивидуальные солнечные установки);

Внешнее воздействие (энергетические кризисы, коллапсы в других отраслях ТЭКа) – США (все сегменты солнечной энергетики), Япония (промышленная солнечная энергетика);

Наличие свободных малозаселенных территорий с высоким уровнем солнечной радиации – промышленная солнечная энергетика – Испания, Чили, Марокко, Алжир, Китай.

7. Разработана типология стран мира по характеру развития солнечно-энергетического комплекса, исходя из данных о его мощностях, отраслевой и корпоративной структуре, полученных в результате анализа годовых отчетов и интервью с представителями 591 компании, действующих в сфере солнечной энергетики. Предлагается выделить четыре основных типа стран (рис. 9):

1) *страны с полным солнечно-энергетическим комплексом* играют определяющую роль в развитии солнечной энергетики, в них сконцентрировано более 1/2 мировых установленных мощностей отрасли, а мировая солнечная энергетика впервые прошла становление и развитие как современная отрасль мирового хозяйства начиная с 70-х гг. XX в. Компании этих стран лидируют на мировом рынке производства солнечно-энергетического оборудования, комплектующих, а также предоставления услуг по установке и эксплуатации солнечных установок. Национальные компании развивают всю цепочку производства – от выпуска поликремния, кремниевых пластин, фотоэлементов, солнечных модулей до монтажа и рекламы, причем полные производственные цепи покрывают все звенья как фотовольтаической, так и концентрирующей и гелиотермальной солнечной энергетики. К этому типу стран относятся США, Герма-

ния, Япония, а с недавних пор и Китай. Несмотря на то что полный СЭК в Китае оформился позже, здесь отрасль развивалась очень быстро, в настоящее время Китай вышел на лидирующие позиции в мире.

2) *страны с фрагментированным солнечно-энергетическим комплексом.* К этой типологической категории относятся страны, в которых солнечная энергетика показывает стабильно высокую динамику роста как по приросту новых тепло- и электроэнергетических мощностей, так и по наращиванию производственных мощностей для увеличения выпуска солнечных установок.

В странах этого типа представлен не весь СЭК, а лишь его отдельные составляющие – национальные компании частично покрывают звенья по созданию добавленной стоимости различных солнечных установок.

Отсутствие оставшихся звеньев компенсируется импортом необходимых товаров из стран, относящихся к типу с полным СЭК, или из стран с фрагментированным СЭК, которые имеют полную производственную линию для создания компонентов или оборудования для той подотрасли солнечной энергетики, развитие которой на данный момент необходимо стране-импортеру. К этому типу относится большинство стран, где на данный момент развивается солнечная энергетика. Среди стран этого типа можно выделить 7 подтипов в соответствии с представленными технологиями.

3) *страны с солнечно-энергетическим комплексом-трансплантом.* К этой категории относятся страны, существенно отстающие по развитию отрасли от предыдущих типов. Солнечная энергетика в этих странах начала формироваться под воздействием присутствия на их территории крупных иностранных компаний, преимущественно американских, японских и немецких, то есть компаний стран с полным СЭК.

По образцу крупных корпораций здесь созданы свои малые национальные солнечно-энергетические компании, осуществляющие деятельность лишь в отдельных достаточно простых звеньях по созданию добавленной стоимости солнечных установок (Филиппины, Малайзия и т.д.).

4) *страны с единичными элементами солнечно-энергетического комплекса.* В этих странах солнечная энергетика представлена единичными индивидуальными пользователями и компаниями, которые осуществляют закупку установок в других странах у крупнейших производителей, то есть выполняют функцию ритейлеров, все установки импортные. К этому типу относятся Барбадос, Албания, Зимбабве, Латвия, Литва, Эстония, Люксембург, Мальта, Намибия, Уругвай.

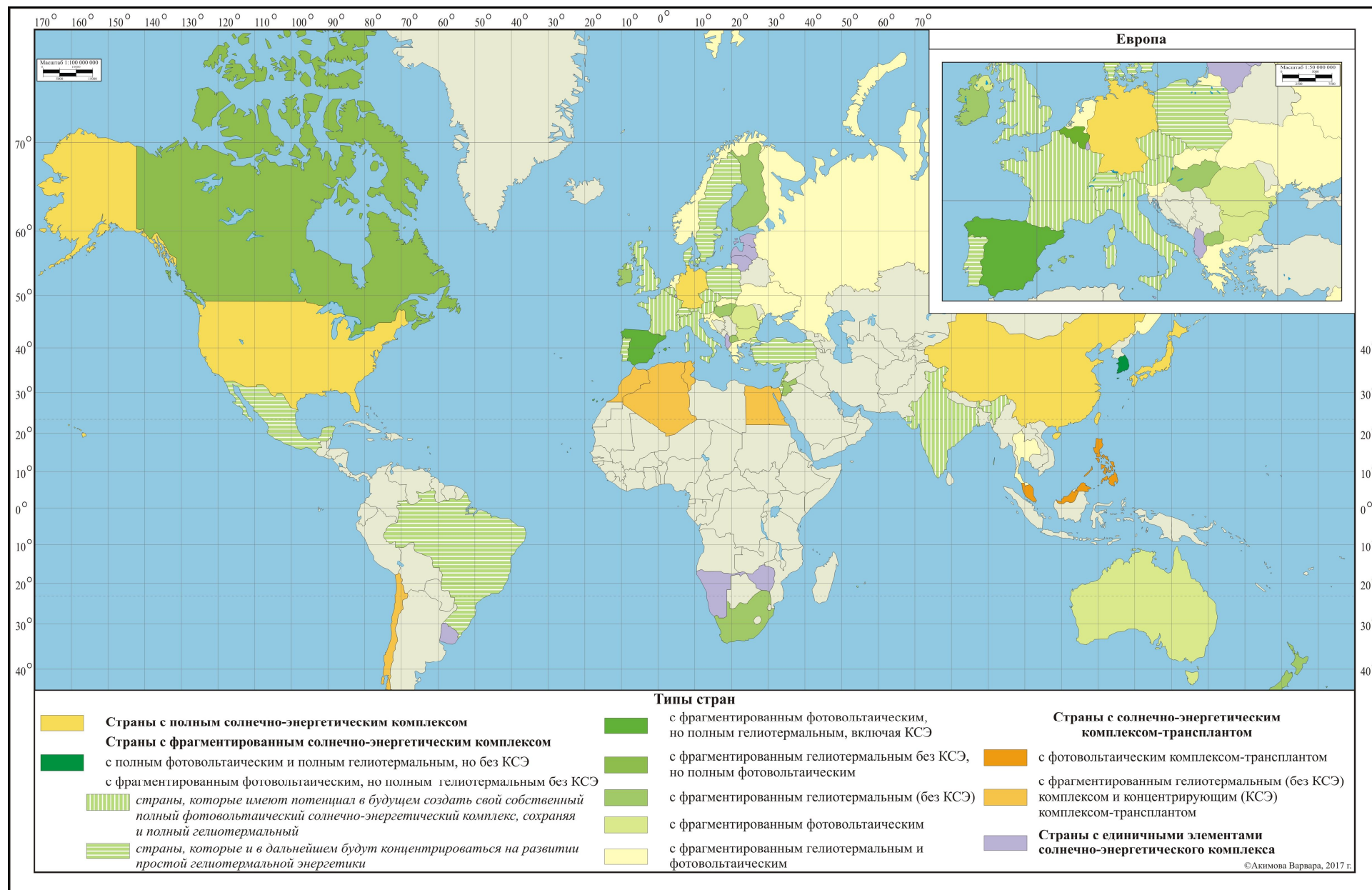


Рис. 9. Типология стран по характеру развития солнечно-энергетического комплекса, 2015 г.

8. По результатам анализа состояния солнечно-энергетического комплекса в России выявлены ключевые факторы, благоприятствующие и препятствующие его развитию.

Среди факторов, благоприятствующих развитию СЭК: 1) высокий научно-технологический потенциал, которым обладает Россия; 2) достаточный уровень солнечного излучения на большей части территории России; 3) возможность использования гибридных установок (совмещение различных возобновляемых источников энергии) для обеспечения круглосуточной генерации электроэнергии; 4) мультипликативный эффект, заключающийся в развитии смежных высокотехнологичных, инновационных отраслей: микроэлектроники, производства полупроводников, накопителей энергии, «умных сетей».

Основными проблемами, сдерживающими развитие солнечно-энергетического комплекса, являются (по убыванию степени значимости): 1) отсутствие чёткой нормативной и законодательной базы на федеральном уровне; 2) избыточность энергогенерирующих мощностей в России; 3) обеспеченность запасами органического топлива и, как следствие, высокая роль фактора инерционности развития; 4) хорошо отлаженная система централизованных поставок тепла и электроэнергии; 5) жесткие требования по локализации оборудования (на данный момент более 70%); 6) зарегулированность российской системы сертификации энергетической установки как объекта возобновляемой энергетики; и 7) пока еще высокая стоимость солнечных установок, что ограничивает их широкое применение индивидуальными потребителями.

Наиболее перспективными для развития солнечной энергетики представляются регионы с децентрализованным энергоснабжением, труднодоступные и изолированные зоны, а также особо охраняемые природные территории: заповедники, национальные парки.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Солнечная энергетика на протяжении последних лет превратилась в одну из самых быстроразвивающихся отраслей возобновляемой энергетики. В период с 2010 по 2015 г. ее суммарные установленные мощности увеличились в 5,8 раза, что более чем в два раза выше, нежели у ее главного конкурента – ветровой (2,2), в пять раз больше, чем у геотермальной энергетики (1,2) и в три раза больше, чем у биоэнергетики (1,7). В перспективе к 2050 г. солнечная энергетика рассматривается как вторая по масштабам (после газовой) отрасль мировой электрической генерации (27%).

2. Факторами ускоренного развития солнечной энергетики являются: 1) общедоступность и неисчерпаемость солнечной энергии; 2) высокая экологическая безопасность; 3) значительно более низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с традиционной углеводородной энергетикой; 4) постоянное удешевление стоимости солнечных модулей (в 1977 г. – \$76,67 за Ватт, в 2015 г. – \$0,30) и «солнечного» киловатт-часа (в 2010 г. – \$0,11 за кВт*ч, в 2015 г. – \$0,03); 5) «надежность» (рынок углеводородов очень волатилен, а солнце имеет прогнозируемую цикличность и географическую привязку).

3. Развитие мирового солнечно-энергетического комплекса сопровождается расширением его географии и возникновением полицентрической модели территориальной структуры отрасли с тремя главными центрами: европейским, азиатским и американским.

4. Разным типам стран (промышленно развитым и развивающимся) соответствуют разные типы специализации в области солнечной энергетики. Промышленно развитые страны в основном специализируются на фотовольтаике и концентрирующей солнечной энергетике, развивающиеся – на гелиотермальной.

5. Концентрирующая солнечная энергетика является перспективной отраслью для развивающихся стран, что связано с ее технико-экономическими особенностями: наиболее эффективна при размещении в районах тропического пояса с высоким уровнем солнечной радиации, выигрывает от эффекта масштаба и не имеет потребности в дорогих фотовольтаических материалах.

6. Географической спецификой солнечно-энергетического комплекса является доминирование в нем небольшого числа стран и их регионов. Так, на внутристрановом уровне ядро образуют всего 3-4 региона, в отдельных случаях 1-2 (Бавария и Ба-

ден-Вюртемберг, Северный Рейн-Вестфалия в Германии, Калифорния, Северная Каролина и Аризона в США, Ганьсу, Цинхай, Цзянсу, Внутренняя Монголия в Китае, Эстремадура и Андалусия в Испании и т.д.).

7. Особенностью территориального развития мирового солнечно-энергетического комплекса в последние годы является «дрейф на восток» из европейских стран в азиатские во главе с Китаем, Японией, Южной Кореей, особенно в отношении производства оборудования и комплектующих для солнечных установок.

8. Единого, общего для всех стран, фактора размещения солнечной энергетики на мезоуровне не существует. В зависимости от социально-экономической и политической специфики страны меняется и определяющий фактор размещения.

9. По характеру развития солнечно-энергетического комплекса можно выделить четыре основных типа стран: а) страны с полным солнечно-энергетическим комплексом (национальные компании этих стран полностью покрывают все звенья по созданию добавленной стоимости как фотовольтаической, так и концентрирующей и простой гелиотермальной солнечной энергетики); б) страны с фрагментированным солнечно-энергетическим комплексом (с преобладанием национальных компаний (национальные компании этих стран лишь частично покрывают звенья по созданию добавленной стоимости солнечных установок различных видов)); в) страны с солнечно-энергетическим комплексом – трансплантом (с преобладанием иностранных компаний (практически все этапы производственного процесса представлены филиалами иностранных компаний)) и г) страны с единичными элементами солнечно-энергетического комплекса.

10. В России солнечная энергетика, несмотря на недостаточную степень проработанности нормативной и законодательной базы, имеет благоприятные перспективы развития, особенно в регионах с децентрализованным энергоснабжением, труднодоступных зонах и в пределах особо охраняемых природных территорий.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. **Акимова В.В., Тихоцкая И.С.** Новое японское «чудо»...Солнечное! // Азия и Африка сегодня. – 2014. – №9. – С. 18–25.
2. **Акимова В.В.** География мировой солнечной энергетики // Региональные исследования. – 2015. – №2(48). – С. 128–137.
3. **Акимова В.В.** Типология стран по уровню развития солнечной энергетики // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2015. – № 4. – С. 89–95.
4. **Акимова В.В.** Институциональный фактор развития возобновляемой энергетики: опыт Белгородской области // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2017. – № 6. – С. 18–24.
5. **Akimova V.V., Tikhotskaya I.S.** A way to a sustainable future: the solar industry in Japan // Geography, Environment, Sustainability (GES). – 2015. – Vol. 8, no. 03. – P. 92–100.
6. Атлас технологий будущего / А.В. Соколова, Н.С. Микова, Е.В. Гутарук, В.В. Акимова и др. – М.: Точка, 2017. – 192 с.
7. Глобальные технологические тренды / А.В. Соколова, Н.С. Микова, Е.В. Гутарук, В.В. Акимова и др. – М.: НИУ ВШЭ, 2016. – 192 с.
8. Социально-экономическая география Японии: учебное пособие для студентов вузов. Под ред. И.С. Тихоцкой / Т.А. Ачкасова, А.Н. Мещеряков, А.С. Мостовая, **В.В. Акимова** и др. – М.: Аспект Пресс, 2016. – 528 с.
9. Global Technology Trends / A. Sokolova, N. Mikova, E. Gutaruk, **V. Akimova** et al. – М.: National Research University Higher School of Economics (HSE), 2017. – 192 p.
10. **Акимова В.В.** Мировая солнечная энергетика: географические аспекты развития // Разнообразие как фактор и условие территориального развития. Сборник статей. Ч. I. – М.: Эслан, 2014. – С. 178–190.
11. **Акимова В.В., Тихоцкая И.С.** Новая энергетическая стратегия Японии и развитие солнечной энергетики // Ежегодник. Япония. – М.: АИРО–XXI, 2014. – С. 71–87.
12. **Акимова В.В., Тихоцкая И. С.** Современное состояние и перспективы развития солнечной энергетики в Японии // Российское японоведение сегодня: К 20-летию Ассоциации японоведов. – М.: ИДВ РАН, 2015. – С. 222–235.
13. **Акимова В.В.** Хозяйство Японии // Большая Российская энциклопедия. Т. 35. – М.: Науч. изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 2017. – С. 737–744.
14. **Акимова В.В.** Динамика и перспективы развития мировой солнечной энергетики // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XI Большого географического фестиваля. – М.: Перо, 2015. – С.21–23.
15. **Акимова В.В.** Китай и Япония: факторы и особенности становления в качестве мировых лидеров солнечной энергетики // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XII Большого географического фестиваля. – М.: Перо, 2016. – С. 630–634.
16. **Акимова В.В.** Районирование солнечной энергетики // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XIII Большого географического фестиваля. – СПб.: Свое изд-во, 2017. – С. 733–736.
17. **Акимова В.В.** Солнечно-энергетический комплекс как продукт новой волны индустриализации // Социально-экономическая география: теория, методология и прак-

тика преподавания. Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Первые Максаковские чтения». Т. 1. – М.: МПГУ, 2016. – С. 89–94.

18. **Акимова В.В.** Новая индустриализация в энергетике. Солнечно-энергетический межсекторальный комплекс // Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и X научной молодежной школы – М.: КДУ, 2016. – С. 9–16.
19. **Акимова В.В.** Солнечная энергетика в России как результат процессов глобализации // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика. Сб. научных статей. – Смоленск: Универсум, 2016. – С. 717–723.
20. **Акимова В.В., Тихоцкая И. С.** Будущее солнечной энергетики в Японии // Новое слово в науке: перспективы развития: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – С. 313–314.
21. **Akimova V.** Geographical aspects of solar energy development // Problems of Student Science: Мат-лы Междунар. науч.-студенческой конф. «Ломоносов в Женеве – 2013». – М: Статут, 2014. – С. 242–268.
22. **Акимова В.В.** Солнечная энергетика. На пути к достижению энергетической безопасности // Мат-лы науч.-практ. семинара «Управление природопользованием и экологическая безопасность регионов». – М., 2015. – С. 6–14.
23. **Акимова В.В.** Энергия Солнца. Настоящее и будущее // Материалы XXI Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2014». Секция «География». Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов. [Электр. ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2014.
24. **Акимова В.В.** Основные сдвиги и тенденции в географии солнечной энергетики // Материалы XXII Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015». Секция «География». Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов. [Электр. ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2015.
25. **Акимова В.В.** Солнечная энергетика как один из способов решения глобальной энергетической проблемы // Материалы XXIII Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016». Секция «Глобалистика и геополитика». Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электр. ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2016.
26. **Акимова В.В.** Солнечно-энергетический межсекторальный комплекс. Роль и место в современной экономике // Материалы XXIII Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016». Секция «География». Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электр. ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2016.
27. **Акимова В. В.** Китай и Япония: энергетический разворот к Солнцу // Материалы XXIV Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2017». Секция «Востоковедение и африканистика». Отв. ред. А.И. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электр. ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2017.
28. **Akimova V.** Solar energy. Role and place in the global and local development // Abstracts of IGU Regional Conference. [Электр. ресурс]. – М., 2015. P.995.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. Солнечно-энергетический комплекс (СЭК) как объект экономико-географического исследования

- 1.1. Территориальная организация и межсекторальные комплексы
- 1.2. Состав и структура СЭК
- 1.3. Историко-географический анализ развития СЭК
- 1.3. Техничко-экономические особенности отраслей солнечной энергетики
- 1.3. Факторы размещения отраслей солнечной энергетики

ГЛАВА 2. Территориальная организация фотовольтаической части СЭКа

- 2.1. Материальная база фотовольтаики: особенности развития и размещения
 - 2.1.1. Рынки сырьевых материалов для фотовольтаики: структурные и географические особенности
 - 2.1.2. Рынки комплектующих для фотовольтаики: структурные и географические особенности
- 2.2. Фотовольтаическая энергетика: особенности развития и географии
- 2.3. Региональные особенности фотовольтаической энергетики
 - 2.3.1. Фотовольтаика Европы (на примере Германии)
 - 2.3.2. Фотовольтаика Северной Америки (на примере США)
 - 2.3.3. Фотовольтаика Азии (на примере Китая и Японии)
- 2.4. Перспективы развития фотовольтаики в России

ГЛАВА 3. Территориальная организация гелиотермальной части СЭКа

- 3.1. Материальная база гелиотермальной энергетики: особенности развития и размещения
 - 3.1.1. Рынок солнечных коллекторов: структурные и географические особенности
 - 3.1.2. Производство оборудования и комплектующих для концентрирующей солнечной энергетики (КСЭ): структурные и географические особенности
- 3.2. Гелиотермальная энергетика: особенности развития и географии
- 3.3. Региональные особенности концентрирующей солнечной энергетики
 - 3.3.1. КСЭ Европы (на приме Испании)
 - 3.3.2. КСЭ Северной Америки (на примере США)
 - 3.3.3. КСЭ Южной Америки (на примере Чили)
 - 3.3.4. КСЭ Африки

ГЛАВА 4. Типология стран мира по характеру развития солнечно-энергетического комплекса

- 4.1. Классификация стран по индексу «солнечности» энергетики
- 4.2. Классификация стран по детерминирующему фактору размещения на мезоуровне
- 4.3. Типология стран мира по характеру развития солнечно-энергетического комплекса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЯ