

Размышления о направлениях эволюции производительных сил нового качества, новой энергетики и территориального пространственного планирования: на материале ветровой и солнечной энергетики

ВАН Ичжэ, ВАН Синпин, ЧЖУ Чжэньвэй

Аннотация. «Производительные силы нового качества» являются стратегическим инструментом, позволяющим Китаю совершить скачок в развитии национального производственного потенциала. Пространственное планирование должно активно направлять размещение систем возобновляемой энергетики, прежде всего ветровой и солнечной, и использовать энергию как посредствующее звено в формировании производительных сил нового качества. В статье подробно рассматриваются взаимосвязи между производительными силами, энергией и пространством. Показано, что возобновляемая энергетика составляет фундаментальную основу развития производительных сил нового качества: исторический опыт свидетельствует, что качественные изменения производительности обычно сопровождаются сменой доминирующих энергетических форм. Энергетический переход одновременно ведет к преобразованию способов использования земной поверхности. Ветровая и солнечная энергетика разрушают пространственную логику традиционных энергетических систем и формируют новый тип землепользования — «пространственное производство энергии», которое переопределяет ценность пространства и ставит под вопрос сложившиеся режимы его использования. На этой основе выстраивается аналитическая схема «производительные силы–энергия–пространство». Территориальное пространственное планирование несет важную ответственность за управление энергетическими ресурсами, распределенными по всей территории Китая; однако понятия и инструменты, сформировавшиеся в эпоху ископаемого топлива, все меньше соответствуют требованиям развития возобновляемой энергетики. Поэтому необходимо вернуться к фундаментальной взаимосвязи производства энергии и пространства и обновить пространственные представления, методы анализа, инструменты планирования и механизмы реализации.

Ключевые слова: производительные силы нового качества; возобновляемая энергетика; территориальное пространственное планирование; земная поверхность; пространственные ресурсы; солнечная энергия; ветровая энергия; производство энергии.

Классификационный индекс китайских библиотек: TU984. Код документа: A. DOI: 10.16361/j.urpf.202503006. Номер статьи: 1000-3363 (2025) 03-0043-09.

* Исследование выполнено при поддержке ключевого проекта Национального фонда общественных наук Китая «Содействие высококачественному развитию китайских зарубежных промышленных парков вдоль “Пояса и пути”» (№ 22AZD052) и Программы инновационной исследовательской и практической деятельности аспирантов провинции Цзянсу «Траектории, механизмы и модели планирования низкоуглеродного развития промышленных парков» (№ KYCX23_0313).

Мир переживает перемены, невиданные за столетие, а глобальный порядок глубоко перестраивается. Китай рассматривает «производительные силы нового качества» как стратегическое средство завоевания преимущества в международной конкуренции, модернизации производственного потенциала и продвижения высококачественного развития. В последние годы такие формы новых производительных сил, как искусственный интеллект, интеллектуальные электромобили и робототехника, быстро входят в производство и повседневную жизнь, стимулируя крупные научные, технологические и экономические сдвиги. На фоне ускоряющихся технологических изменений вопрос о роли пространственного планирования и его возможном вкладе становится

центральным как для дисциплины, так и для профессионального сообщества [1]. Хотя пространственное планирование связано со множеством сфер, его непосредственным объектом является не сама технология, а внешняя среда ее развития и функционирования. По мере того как информационные науки, возглавляемые искусственным интеллектом, все больше сосредотачиваются на расширении виртуального пространства, может возникнуть впечатление, что пространственное планирование удаляется от технологического фронта.

В действительности происходит обратное. Физическое и виртуальное пространство получают новую связь через энергию. Возникающие энергетические системы, основанные на ветре и солнце, объединяют производительные силы, энергию и пространство в органическое целое и открывают новый путь, посредством которого пространственное планирование может поддерживать рост производительности. Еще в 2005 г. Shen Qingji [2] отмечал важную роль градостроительства в развитии возобновляемой энергетики. Позднее исследования в области географии энергетики и устойчивых переходов дополнительно подтвердили теоретическую значимость «пространства» для «энергетического перехода». Matthew Huber [3], Gavin Bridge и другие авторы [4] утверждали, что пространство и земля должны быть поставлены в центр любой теории энергетического перехода. Географы исследовали энергию, пространство, власть, безопасность и справедливость с различных теоретических позиций [5-6]. Специалисты по архитектуре и градостроительству рассматривали взаимосвязи между городской формой — отдельным зданием, группой зданий и городом в целом — и производством возобновляемой энергии [7-8], а также реакцию пространственного планирования на изменение климата [9]. Однако сравнительно мало работ анализирует ответ планирования на сочетание энергетических и пространственных вызовов.

Будучи крупнейшим в мире проводником перехода к возобновляемой энергетике, Китай недавно сформировал систему территориального пространственного планирования как новый и мощный инструмент управления пространством [10-11]. Как этот инструмент связан с текущим энергетическим переходом и развитием производительных сил нового качества? Какую роль он способен выполнять? Осмысление этих вопросов важно для построения современной китайской теории планирования [12]. Многие исследователи уже рассмотрели широкие и многообразные связи между производительными силами нового качества и пространственным планированием [13]. Используя энергию как посредствующую переменную, статья сосредотачивается на двух группах отношений — между производительными силами и энергией, а также между энергией и использованием земной поверхности, — формирует аналитическую схему «производительные силы–энергия–пространство» и уточняет роль, современные ограничения и направления развития территориального пространственного планирования в условиях энергетического перехода.

1 «Производительные силы нового качества» и «возобновляемая энергетика»

1.1 Уточнение понятий: взаимосвязь «производительных сил» и «энергии»

«Производительные силы» обычно определяются как способность человека преобразовывать и использовать природу, а «энергия» — как «способность совершать работу», применимая к человеческим обществам и их взаимодействию с природной средой [14]. Оба понятия описывают абстрактную способность к практической деятельности и потому близки по смыслу. В 1960-х гг. советский астроном Николай Кардашёв [15] рассматривал энергию как основу производственного развития любой цивилизации и предложил индекс, основанный на способности использовать энергию, — шкалу Кардашёва^① — для измерения уровня цивилизационного развития. Если учитывать историческую связь технологических революций и энергетики [16], энергию можно понимать даже как конкретное и количественно измеримое выражение производственного потенциала.

Рост общего объема потребляемой энергии является важным показателем уровня общественных производительных сил и тесно связан с материальным благосостоянием населения. Средняя

мощность повседневного энергопотребления домохозяйства среднего класса в американском пригороде XXI века может достигать 30 кВт, что эквивалентно совокупной работе 6 000 крепких рабов, принадлежавших аристократу Римской империи [17]. Это сопоставление показывает, что массовое энергоснабжение современной эпохи позволяет обычному человеку пользоваться уровнем жизни, недоступным даже элитам древности⁽²⁾. Аналогично, в 2023 г. душевое потребление энергии в Китае достигло 4 053 кг условного угля, что в 43,6 раза превышает показатель 1953 г. — 93 кг. Это одно из наиболее наглядных проявлений быстрой модернизации производительных сил страны. Иными словами, каждый крупный скачок производительности опирается на энергетическую революцию. Хотя выражение «высокое энергопотребление» сегодня часто употребляется в негативном смысле, исторический опыт показывает, что более совершенные средства производства обычно требуют больше энергии: развитые производительные силы поддерживаются высоким уровнем энергопотребления.

1.2 Исторический опыт: «производительные силы нового качества» опираются на «новую энергию»

Сегодня выражение «производительные силы нового качества» обозначает передовую форму производительности, в которой ведущую роль играет инновация, преодолеваются традиционные модели экономического роста и привычные траектории развития, а высокая технологичность, эффективность и качество соответствуют новой философии развития [18]. Однако в историческом плане «новое» всегда существует относительно «старого», поэтому производительные силы нового качества имеют ярко выраженную эпохальную обусловленность. История человеческой производительности представляет собой итеративный процесс, в котором «новые» силы каждой эпохи вытесняют «старые». Массовое распространение паровой машины в XIX в. и двигателя внутреннего сгорания и электрических систем в XX в. были процессами такой замены. Соответственно уголь и нефть⁽³⁾ становились «новой энергией» своих эпох и получали широкое применение [19].

От древности до наших дней рост населения и стремление к более высокому уровню жизни расширяли масштабы энергетического спроса и неоднократно вызывали появление новых форм энергии. После промышленной революции XVIII века последовательное распространение угля, нефти, природного газа и других «новых» источников увеличило общий объем доступной человечеству энергии с 5 653 до 168 779 ТВт·ч⁽⁴⁾ [20], то есть на два порядка. Ни одно из крупных коллективных достижений истории — в сельском хозяйстве, инженерии, промышленности или военном деле — не было бы возможно без эффективного захвата, использования, управления и обновления энергии. С позиций исторического материализма развитие производительных сил нового качества объективно создает давление в пользу расширения энергетического производства, а новые формы энергии образуют прочный фундамент их роста. В определенной мере новая форма энергии сама является формой производительных сил нового качества.

1.3 Современное противоречие: развитие производительных сил нового качества порождает «энергетический кризис»

Современные производственные системы глубоко связаны с ископаемым топливом. Его интенсивное использование встроено почти во все подсистемы современной жизни — продукты, культуру, пространственные ландшафты и правовые институты [21]. Во время промышленной революции ископаемое топливо выступало как «новая энергия». Благодаря термодинамическому преимуществу чрезвычайно высокой энергетической плотности оно быстро разрушило аграрный общественный порядок, тысячелетиями основанный на традиционной биомассе [22]. В «Манифесте Коммунистической партии» Karl Marx и Friedrich Engels [23] отмечали, что буржуазия за краткий исторический период создала производительные силы, превосходящие совокупные достижения всех предыдущих поколений; эта трансформация поддерживалась огромной материальной мощью ископаемого топлива. Некоторые исследователи рассматривают его использование как

основополагающее условие капиталистического способа производства и говорят о «ископаемом капитализме» [24]. Однако экологические последствия широкого и неконтролируемого использования — выбросы углерода и пространственное загрязнение — приближаются к пределам способности земных экосистем. Низкоуглеродное развитие становится глобальной тенденцией, а потолок расширения ископаемой энергетики фактически достигнут и не способен поддерживать экспоненциальный рост будущего потребления.

Одновременно новые технологии, прежде всего искусственный интеллект, ускоряют развитие производительных сил нового качества. Эволюция крупных моделей ИИ зависит от экспоненциального роста вычислительной мощности и обработки данных, что, в свою очередь, вызывает экспоненциальный рост энергопотребления [25]. По оценкам, к 2030 г. мировая вычислительная мощность может увеличиться еще на два порядка и достичь $5,6 \times 10^{22}$ операций с плавающей запятой в секунду, потребляя 44,8–67,2 трлн кВт·ч электроэнергии [26]. Такая динамика вызывает все большую обеспокоенность. Как отмечал основатель Tesla Elon Musk, стремительное развитие искусственного интеллекта уже создает энергетический кризис [27]. В январе 2025 г. китайская модель DeepSeek быстро получила глобальное распространение и стала проникать в различные отрасли, способствуя развитию производительных сил нового качества и одновременно повышая ожидания относительно спроса на энергию для вычислений. Структурное противоречие между экспоненциально растущим спросом и жестким пределом ископаемого предложения становится все более явным.

В теории и практике ветровая и солнечная энергетика становятся ключевыми средствами разрешения противоречия между новыми производительными силами и существующей энергетической системой. Почти вся поверхность Земли ежедневно получает мощное солнечное излучение, а общий потенциал возобновляемой энергии на поверхности многократно превышает текущий спрос и любые реалистичные будущие потребности. Солнечная энергия, поступающая на Землю за год, примерно в 10 000 раз превышает современное потребление ископаемого топлива. В обозримом будущем ветер и солнце рассматриваются как наиболее перспективные и осуществимые способы освоения этой огромной поверхностной энергии [28]. Их развитие одновременно приведет к глубокому изменению способов использования земной поверхности.

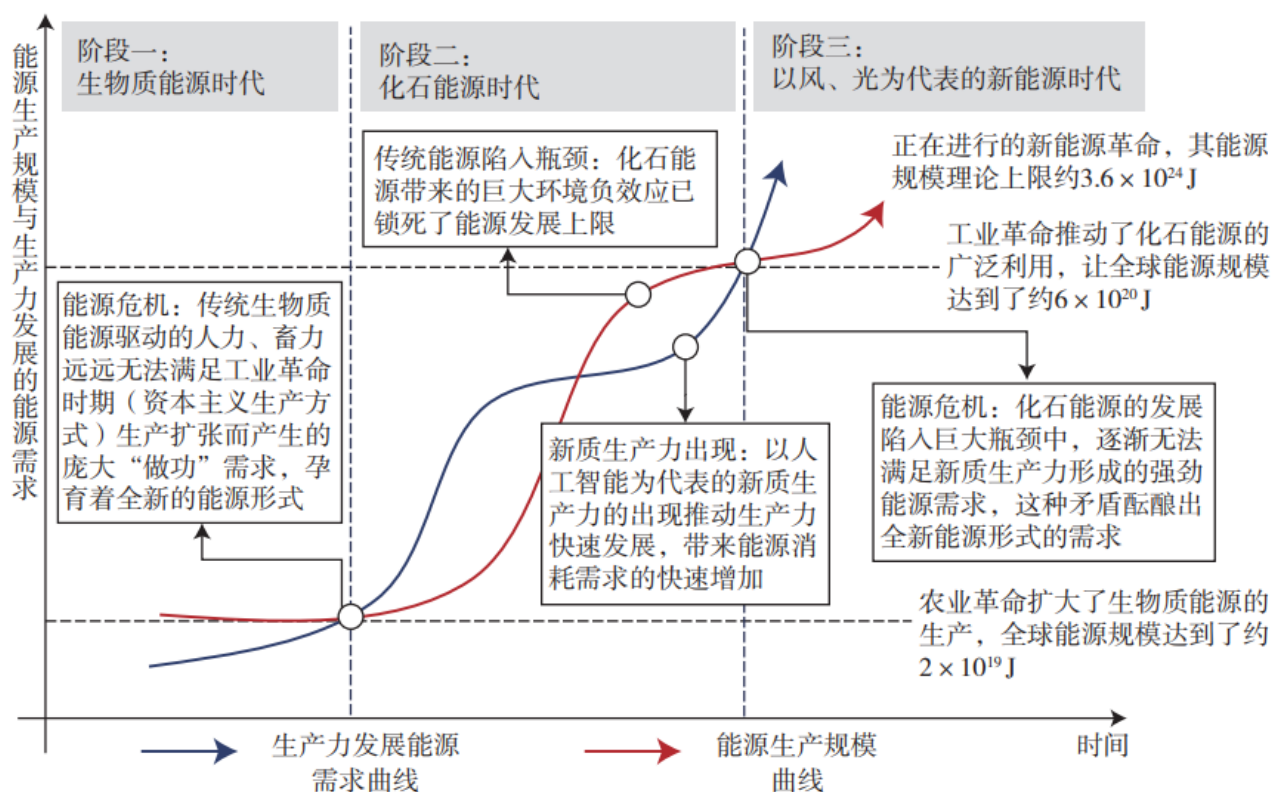


Рисунок 1. Схема диалектической взаимосвязи развития «производительных сил» и «энергии»

2 «Возобновляемая энергетика» и «новые» формы использования земной поверхности

2.1 Энергия и землепользование: энергетический переход как переход в использовании земной поверхности

На протяжении истории человеческой цивилизации возникали различные формы энергии: биомасса — пища и дрова, ископаемое топливо — уголь, нефть и природный газ, а также современные возобновляемые источники — фотоэлектрическая, солнечно-тепловая и ветровая энергия. Каждая из них формировала принципиально различную логику использования земной поверхности (табл. 1). В аграрных обществах, основанных на биомассе, ее низкая пространственная плотность мощности^⑤ означала, что производство энергии зависело от увеличения площади и качества сельскохозяйственных земель, позволяя растениям улавливать больше солнечной энергии посредством фотосинтеза. Эта энергия, в свою очередь, поддерживала большее количество человеческого и животного труда, необходимого государству и отдельным хозяйствам [29]. Поэтому ресурсы земной поверхности были ядром энергетического производства и главным мерилом политической силы и богатства [30].

Таблица 1. Пространственные характеристики трех основных энергетических систем и способов производства энергии [31]

Характеристика	Энергия биомассы	Ископаемая энергия	Возобновляемая энергия
Основной исторический период	До приблизительно 1800 г.	Приблизительно с 1800 г. до настоящего времени	С настоящего времени и далее
Тип системы	Поверхностная энергетическая система	Подземная энергетическая система	Поверхностная энергетическая система
Основные формы энергии	Пища и дрова	Уголь, нефть, природный газ и др.	Ветровая и солнечная энергия
Механизм формирования энергии	Растительность у поверхности улавливает солнечную энергию посредством фотосинтеза	Древняя биомасса преобразуется геологическими и геохимическими процессами в течение десятков миллионов лет	Ветровые и солнечные установки прямо или косвенно улавливают энергию солнечного происхождения у поверхности Земли
Основная движущая сила	Мышечная сила человека и животных	Паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и др.	Электродвигатели и обработка информации
Пространственная плотность мощности основных энергоносителей (Вт/м ²)	0,03–0,18	135–500	1–8
Потребление пространственных ресурсов при производстве энергии	Очень высокое	Низкое	Относительно высокое
Условная относительная площадь для производства одинакового объема энергии	Сетка 40 × 40	Сетка 1 × 1	Сетка 8 × 8
Логика расширения производства энергии	Расширять используемую поверхность для производства максимально возможного объема энергии	Инвестировать в технологии для более эффективного извлечения энергии из недр	Расширять используемую поверхность для улавливания и производства максимально возможного объема энергии
Давление энергетического производства на использование поверхности	Высокое	Низкое	Относительно высокое
Пространственные последствия	Большие площади связаны с производством энергии, что серьезно ограничивает землю для других функций	Для производства и транспортировки требуется лишь небольшая поверхность, поэтому значительные площади остаются доступными для иных видов деятельности	Большие площади используются для производства энергии, создавая значительное давление на пространство, необходимое для других видов деятельности

Примечание: условные потребности в пространстве рассчитаны на основе характерных значений плотности мощности: 0,08 Вт/м² для биомассы, 135 Вт/м² для ископаемой энергетики и 6 Вт/м² для возобновляемой энергетики.

С переходом к индустриальному обществу производство энергии сместилось к разведке более крупных и качественных подземных месторождений и к созданию надежных торговых путей, способных эффективно доставлять энергию к мировым центрам потребления — прежде всего городам [32]. Высокая пространственная плотность мощности ископаемого топлива позволила перенести энергетическое производство с поверхности в недра. Огромные территории перестали быть жестко связаны с производством энергии, создав пространственную основу для возникновения крупных городов и непрерывных урбанизированных регионов [33]. Без фундаментального изменения землепользования, вызванного переходом к ископаемому топливу, привычные сегодня ландшафты современного общества не могли бы появиться.

Таким образом, современные города и сельские территории можно понимать как результат энергетического перехода, начавшегося более двух столетий назад [34]. Рост ветровой и солнечной энергетики вновь превращает земную поверхность в основной носитель производства энергии и начинает в больших масштабах потреблять пространственные ресурсы (рис. 2). Энергетический переход касается не только технологий, но и «социальных структур, посредством которых энергия добывается и управляется», где пространство выступает ключевым компонентом [35]. Поэтому он никогда не является только техническим изменением, а представляет собой широкое и глубокое преобразование общества и, прежде всего, способов использования пространства [36].

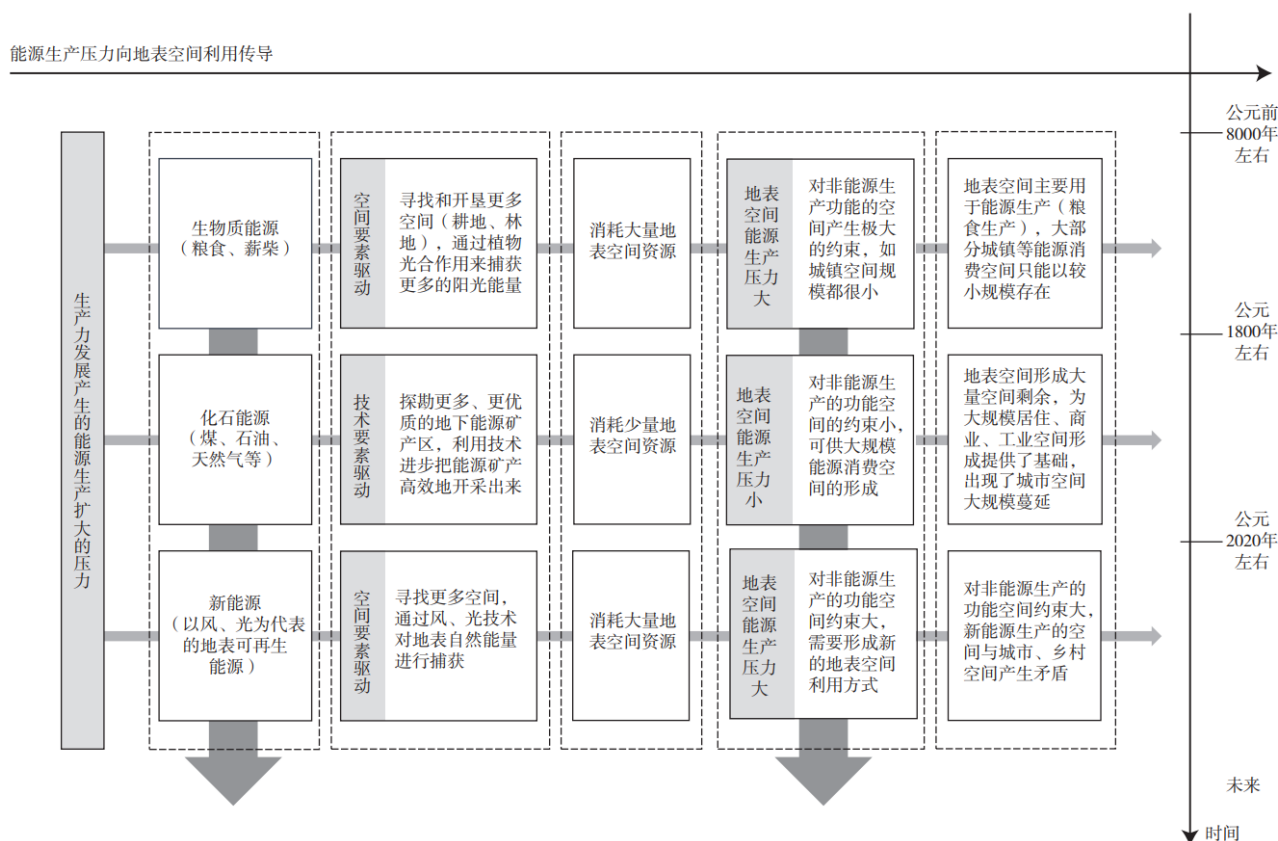


Рисунок 2. Взаимосвязь энергетического перехода и преобразования использования земной поверхности

2.2 Новые пространственные требования возобновляемой энергетики: система, потребляющая значительные поверхностные ресурсы

Массовое внедрение ветровой и солнечной энергетики знаменует постепенный отход от ископаемого топлива, добываемого из недр, и переход к непосредственному использованию природной энергии, порождаемой солнечным излучением у поверхности Земли. В отличие от крайне неравномерного глобального распределения ископаемых ресурсов, ветер и солнце распространены широко, доступны и почти универсальны. Исторически сформировавшаяся «энергетическая власть»,

основанная на неравномерности размещения ископаемого топлива, будет ослабевать по мере расширения возобновляемой энергетики, потенциально формируя более справедливую мировую энергетическую географию [37]. В теории такой переход способен создать децентрализованную и распределенную систему снабжения, в которой производители больше не смогут монополизировать контроль над энергией [38].

В то же время пространственная плотность мощности ветровой и солнечной энергии относительно невелика — обычно 1–6 Вт/м², то есть на два-три порядка ниже, чем у ископаемого топлива. Поэтому для производства одинакового объема энергии требуется значительно больше поверхности. Vaclav Smil [39] показал, что переход к возобновляемым источникам потребует огромной доли территории страны. Возникающие ландшафты не будут напоминать романтическую картину отдельных ветряков и солнечных панелей у ручья. Скорее это повсеместная пространственно-индустриальная инженерия, разворачивающаяся в основных пространствах человеческой деятельности по всему миру. Масштабный переход потребует колоссальных земельных площадей, строительных материалов, труда и капитала, а также перестройки социально-пространственных отношений [40]. Обширные энергетические ландшафты появятся у берегов и в море, на полях, в городах, районах Гоби, пустынях и холмистых территориях (рис. 3). Этот процесс уже широко наблюдается в Китае, Европе, США и многих других регионах.

По сравнению с ископаемым топливом возобновляемая энергетика очевидно более землеемка. В теоретическом отношении этот сдвиг придает значительной части земной поверхности, ранее рассматривавшейся главным образом как пространство потребления энергии, потенциал стать пространством ее производства [41].

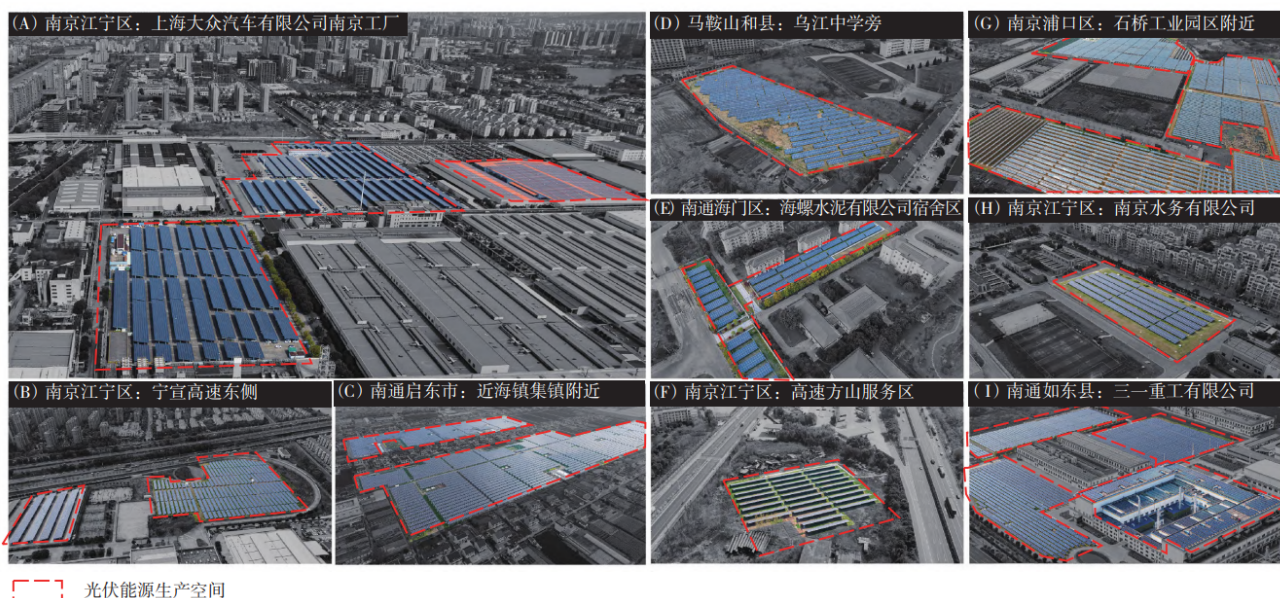


Рисунок 3. Типичные примеры фотоэлектрического производства, «потребляющего значительные пространственные ресурсы»

2.3 Новое измерение освоения земной поверхности: «пространственное производство энергии» бросает вызов сложившимся моделям использования ресурсов

Современное использование земной поверхности представляет собой сложную практическую систему, организованную вокруг сельского хозяйства, расселения, промышленности, торговли, транспорта и экологии и несущую экономические, социальные и эстетические ценности. Эта система питается энергетическими ресурсами, сформированными в недрах геологическими и геохимическими процессами в течение десятков миллионов лет. Как отмечает Gavin Bridge [42], энергетические материалы извлекаются из подземных «отверстий» и выводятся на поверхность в форме потоков; шахты, нефтяные насосы и газовые клапаны служат воротами между двумя мирами, подчиненными

принципиально различным пространственным и временным процессам. Под землей находится мир «естественного производства», не контролируемый непосредственно человеком, а на поверхности — мир, произведенный обществом. После извлечения ископаемой энергии земная поверхность главным образом выполняет транспортную функцию для «энергетических потоков». Такие инфраструктуры обычно линейны, занимают ограниченное пространство и допускают гибкую трассировку, оставаясь подчиненными экономическим, социальным и экологическим ценностям поверхности [43]. В ископаемой энергетической системе стабильное снабжение городов и сельских территорий обычно обеспечивается надежностью этих линейных коридоров.

Быстрое распространение возобновляемой энергетики вводит принципиально новое измерение освоения поверхности — пространственное производство энергии. Пространство перестает быть лишь фоном энергетической деятельности и становится ключевым фактором, непосредственно участвующим в производстве; обширные территории получают потенциал выработки энергии. После промышленной революции дисциплины пространственного планирования — городское и сельское планирование, планирование землепользования — стремились согласовывать экономические, социальные, экологические и другие ценности в развитии поверхности, особенно в городах и сельской местности, в интересах общества. Возобновляемая энергетика позволяет пространствам, ранее считавшимся трудными для хозяйственного использования, превращаться в энергетические площадки и тем самым бросает вызов существующим режимам освоения ресурсов. Включение «производства энергии» как новой переменной в систему землепользования неизбежно создаст новые конфликты и новые задачи координации.

Фотоэлектрическое производство дает наглядный пример. На практике оно напоминает сельское хозяйство: оба вида деятельности зависят от солнечной экспозиции. Их прямое требование состоит в захвате и занятии солнечного излучения на определенной площади. Однако солнечный свет является фундаментальным природным элементом жизненной и производственной среды человека, обеспечивая освещение, естественную инсоляцию, дезинфекцию и здоровье, фотосинтез и другие пространственные функции. Согласно закону сохранения энергии, когда излучение, поступающее на поверхность, преобразуется в коммерческую энергию, иные функции света в том же пространстве неизбежно ослабляются или исчезают, что может нарушить исходный способ использования территории.

Хотя переход к возобновляемой энергетике находится на ранней стадии, конфликты между поверхностным производством энергии и существующим землепользованием уже распространены. К ним относятся занятие сельхозугодий энергетическими объектами [44], пространственная несправедливость, возникающая вследствие «зеленого захвата земель» [45], противоречия между энергетической инфраструктурой и культурными ландшафтами [46], а также напряжение между размещением возобновляемых установок и интенсивным использованием промышленных земель (рис. 4). Эти ранние проявления показывают, что пространственное производство энергии уже нарушает традиционные представления и институты использования поверхности.

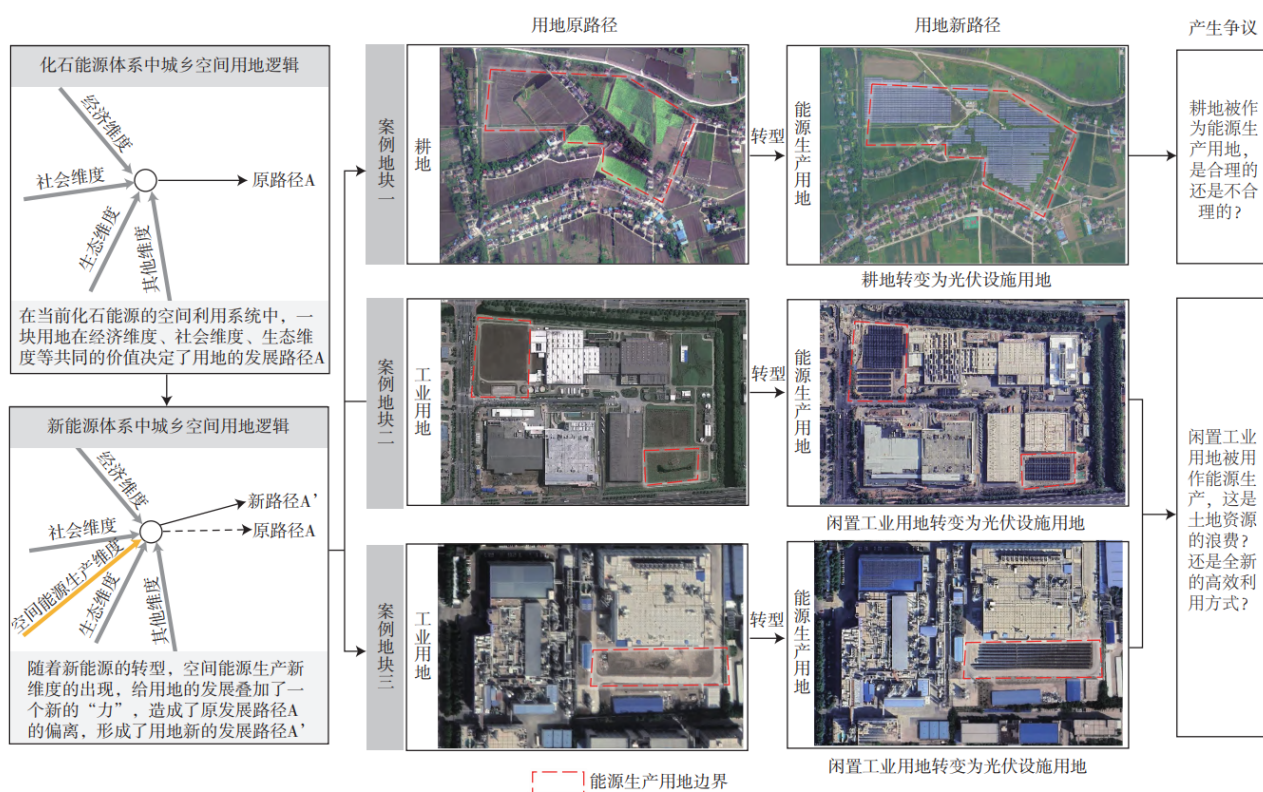


Рисунок 4. Схема и примеры изменения траекторий землепользования под воздействием «пространственного производства энергии»

Примечание: (1) земли энергетического производства на показанных промышленных площадках относятся к наземным фотоэлектрическим установкам, а не к менее спорным системам на крышах; (2) пример 1 расположен в Yangzhong, пример 2 — в индустриальном парке Suzhou, пример 3 — в зоне экономического и технологического развития Nantong.

3 Роль, ограничения и направления развития территориального пространственного планирования в схеме «производительные силы–энергия–пространство»

3.1 Формирование схемы «производительные силы–энергия–пространство»

По мере быстрого развития возобновляемой энергетики «производительные силы» и «пространство» все теснее связываются через энергию. Предыдущий анализ выявляет краткую логику. Во-первых, рост производительных сил нового качества требует большей энергетической поддержки, стимулируя разнообразие источников и повышение эффективности преобразования и тем самым ускоряя развитие возобновляемой энергетики. Во-вторых, возобновляемая энергия зависит от улавливания потоков, распределенных по поверхности Земли; ее расширение требует большего объема пространственных ресурсов и более эффективного их использования, непосредственно бросая вызов существующим моделям землепользования. В этой логике предложение и использование пространственных ресурсов становятся важнейшим основанием развития производительных сил нового качества. Эта взаимосвязь может быть выражена формулой «пространство есть энергия, а энергия есть производительная сила», образующей основу аналитической схемы «производительные силы–энергия–пространство» (рис. 5).

В этой схеме пространство является основой энергии, а энергия — основой производительных сил. Однако связь между ними не сводится к простой линейной зависимости. Статья не поддерживает ни «энергетический детерминизм», ни его возможное продолжение в виде «пространственного детерминизма». С точки зрения исторического материализма массовое применение ископаемого топлива не определило непосредственно конкретную техническую форму паровой машины или

двигателя внутреннего сгорания. Аналогично, масштабное освоение возобновляемой энергии не предопределяет точные формы искусственного интеллекта, робототехники или интерфейсов «мозг–компьютер». Вместе с тем изобилие энергии подобно плодородной почве тропического леса: оно создает основание, на котором способны возникать и расти многочисленные «высокие деревья».

Исторический опыт показывает, что возникновение любых производительных сил нового качества носит вероятностный и неопределенный характер. Однако эффективное планирование и управление ресурсами земной поверхности способны создать надежную и постоянно расширяющуюся основу энергоснабжения, а следовательно, устойчивую общественную среду их развития. Если Китай увеличит свою энергетическую производственную мощность на один порядок, это сформирует плодородную почву для появления разнообразных новых производительных сил и станет крупным стратегическим преимуществом в международной конкуренции. Создание такой основы зависит от того, как общество понимает и использует земную поверхность, что придает территориальному пространственному планированию ключевую роль.

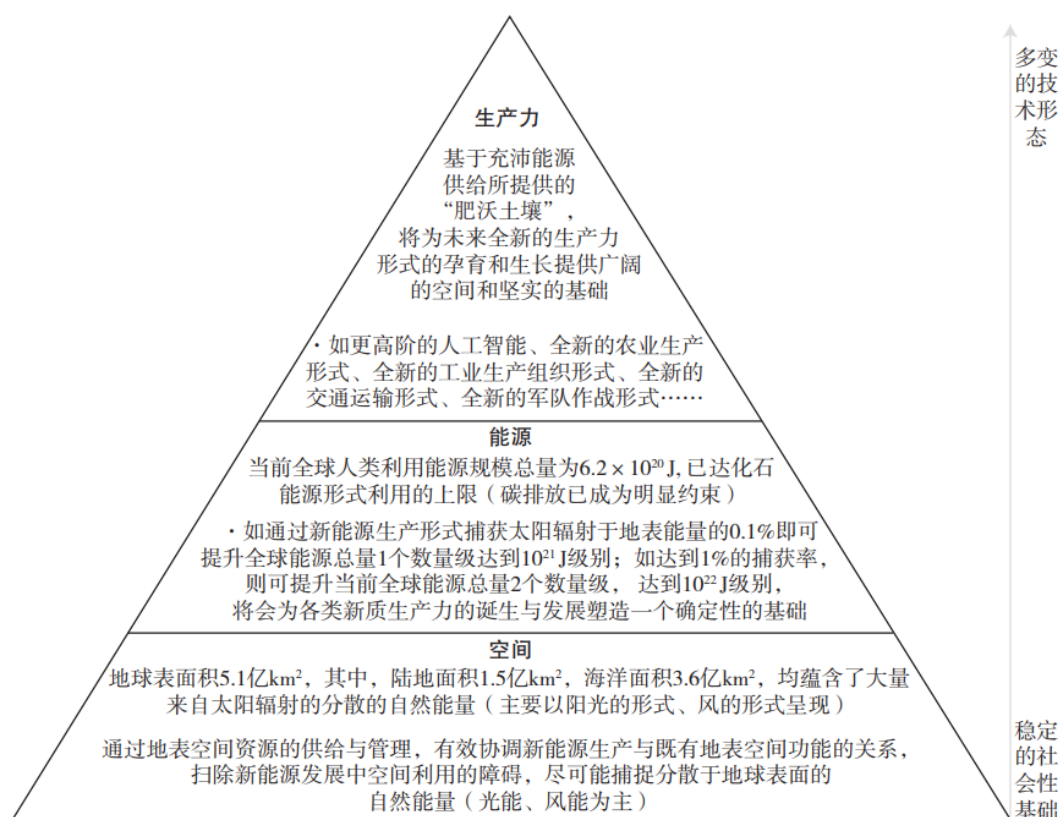


Рисунок 5. Схема «производительные силы–энергия–пространство», основанная на возобновляемой энергетике

3.2 Территориальное пространственное планирование в схеме «производительные силы–энергия–пространство»

3.2.1 Функция планирования: управление огромными активами «пространственной энергии» средствами территориального управления

Китай в основном сформировал систему территориального пространственного планирования, охватывающую по вертикали все уровни управления, а по горизонтали — основные категории пространства. В принципе, это создает практическую основу для планирования, координации и управления всей национальной территорией [47-48]. В соответствии с принципом «пространство есть энергия, а энергия есть производительная сила» территориальное пространственное планирование несет ответственность за управление природными энергетическими ресурсами, заключенными в 9,6

млн км² поверхности Китая, и потому существенно влияет на энергетическую основу производительных сил нового качества.

Предварительная оценка показывает, что годовой объем солнечного излучения, поступающего на территорию Китая, составляет около $5,2 \times 10^{22}$ Дж^⑥ — более чем в 300 раз больше общего потребления энергии в стране в 2022 г., равного приблизительно $1,6 \times 10^{20}$ Дж. Появление возобновляемой энергетики тем самым добавляет измерение производства энергии к горам, водам, лесам, сельхозугодьям, озерам, пастбищам, морям и городам, регулируемым территориальным пространственным планированием.

В большинстве других функциональных пространств, управляемых системой планирования, — жилых, промышленных или коммерческих — пространство выступает носителем деятельности, но не ее материальным содержанием, поэтому вмешательство в основном косвенно. В возобновляемой энергетике, напротив, энергия извлекается непосредственно из обширной поверхности; пространство является внутренним компонентом производственного процесса. Следовательно, планирование воздействует на него более непосредственно и способно существенно влиять на темпы и форму энергетического перехода Китая, а через него — на основу развития производительных сил нового качества.

3.2.2 Современное ограничение: пространственные инструменты, сформированные в эпоху ископаемого топлива, не соответствующим требованиям возобновляемой энергетики

Создание системы территориального пространственного планирования открывает возможность управления возобновляемыми ресурсами на национальном уровне. На практике некоторые регионы уже используют ее для согласования конфликтов между производством энергии и традиционными функциями пространства. Органы управления природными ресурсами Китая, например, неоднократно выпускали рекомендации по землепользованию в связи с занятием сельскохозяйственных земель объектами возобновляемой энергетики [49]. Однако на более глубоком уровне эти конфликты возникают потому, что «старые» понятия и инструменты действующего планирования не позволяют эффективно осмыслить и регулировать новые явления.

Чтобы избежать противоречий с существующими функциями земной поверхности, развитие возобновляемой энергетики до сих пор в основном сосредоточивалось на фотоэлектрических установках на крышах, солнечных объектах в пустынях и районах Гоби, а также на прибрежной и морской ветроэнергетике, то есть использовало пространства, традиционно считавшиеся малопродуктивными. Эти формы уже дали значительные результаты, однако диапазон задействованных ресурсов остается ограниченным и далек от комплексного освоения энергии, распределенной по всей территории.

На уровне базовых пространственных представлений современная система территориального пространственного планирования остается укорененной в статической парадигме классической физики, которая упрощает пространство до трехмерного линейного контейнера, определяемого длиной, шириной и высотой. Такие инструменты, как регулирование видов использования и перечни проектов, по сути действуют как механизмы «разрешить–запретить», управляющие занятием трехмерного пространства^⑦. Однако возобновляемая энергетика рассматривает пространство как внутреннюю часть производства. Освоение солнечной энергии зависит от двумерных поверхностей, задаваемых длиной и шириной [50], тогда как освоение ветровой энергии зависит от текущего пространства движущегося воздуха.

В силу этих различий инструменты, унаследованные от ископаемой энергетической парадигмы, не способны ни сформировать адекватную оценку эффективности землепользования для возобновляемой энергетики, ни эффективно направлять распределение пространственных факторов. Если традиционные представления останутся неизменными, даже огромные энергетические активы будет трудно использовать и превращать в материальную производительную силу.

3.2.3 Направление развития: обновление и создание пространственных инструментов для возобновляемой энергетики

Планирование должно вернуться к фундаментальной связи между производством энергии и пространством и на эпистемологическом уровне признать различие пространственных представлений, свойственных возобновляемой и ископаемой энергетике. Сосредоточившись на захвате солнечного света и движущегося воздуха, необходимо разработать новые способы познания, анализа и практического действия, позволяющие согласовать производство возобновляемой энергии с другими функциями земной поверхности.

Во-первых, следует сформировать целостное представление об энергии. Нормальное функционирование современного города зависит не только от поставок ископаемого топлива, но и от непосредственного воздействия значительных объемов природной энергии на освещение, отопление, санитарно-гигиенические условия, вентиляцию и фотосинтез. По закону сохранения энергии превращение природного потока в коммерческую энергию неизбежно ослабляет или устраняет его первоначальные функции. Особенно это важно для солнечного света: планирование должно различать его функции, «необходимые» для городской деятельности, «необязательные» и представляющие «потери», чтобы определить, какие природные потоки допустимо преобразовывать в производство энергии.

Во-вторых, пространственное планирование должно разработать методы анализа, связывающие пространство и энергию. Для солнечной энергетики необходимо картировать проекцию света на земную поверхность и создавать модели оценки масштаба и эффективности использования солнечной энергии. Для ветровой энергетики следует анализировать пространственные внешние эффекты: шум, воздействие на сообщества животных и сопротивление, возникающее из-за изменения культурных ландшафтов.

В-третьих, необходимо усилить управление трехмерным пространством и обновить инструментарий планирования. Традиционные показатели — коэффициент интенсивности застройки, доля озеленения, ограничения высоты и плотность застройки — следует совершенствовать. Одновременно необходимо создавать специальные понятия и инструменты для возобновляемых энергетических систем, повышая эффективность пространственного производства энергии и снижая конфликты с другими функциями поверхности.

В-четвертых, требуется инновационная система прав на энергетическое пространство. Фотоэлектрическое производство улавливает энергию посредством последовательности двумерных поверхностей. Поэтому существующие режимы собственности на землю и здания следует дополнить пространственными правами, специально предназначенными для производства энергии.

4 Заключение и обсуждение

Производительные силы нового качества являются стратегическим средством, позволяющим Китаю перехватить инициативу в глобальной конкуренции, совершить скачок в развитии национальной производительности и продвигать высококачественное развитие. Пространственное планирование должно отвечать требованиям времени, активно поддерживать ветровую и солнечную энергетику, участвовать в новой энергетической революции и укреплять энергетическую основу, необходимую для новых производительных сил.

Статья объединяет производительные силы, энергию и пространство в единую аналитическую схему. Во-первых, возобновляемая энергетика определяется как фундаментальное условие развития производительных сил нового качества. Исторически качественные сдвиги производительности обычно предвлялись или сопровождалась обновлением энергетических форм; сегодня потолок ископаемого предложения становится системным ограничением дальнейшего роста. Во-вторых, энергетическая революция по сути является революцией использования земной поверхности. Развитие ветровой и солнечной энергетики разрушает пространственную логику традиционных систем

и придает значительной части поверхности — ранее понимавшейся главным образом как пространство потребления — потенциал пространства производства. Возникает новый тип использования, «пространственное производство энергии», создающий новые ценности и одновременно ставящий под вопрос сложившиеся режимы. Поэтому энергетический переход представляет собой не только смену технологий, но широкое и глубокое преобразование общества и фундаментальных способов использования пространства.

Наконец, в статье формируется схема «производительные силы–энергия–пространство» и утверждается, что эффективное планирование и управление поверхностными ресурсами должны создавать надежную и расширяющуюся энергетическую основу производительных сил нового качества. Территориальное пространственное планирование должно нести значительную ответственность за управление огромными ресурсами пространственной энергии, распределенными по всей национальной территории. Однако понятия и инструменты, сформированные в ископаемой системе, не позволяют адекватно оценивать и направлять развитие возобновляемых форм. Поэтому планирование должно вернуться к фундаментальной связи энергии и пространства и обновить как концептуальные основания, так и практический инструментарий: (1) сформировать целостное представление об энергии; (2) разработать методы анализа взаимосвязи пространства и энергии; (3) усилить управление трехмерным пространством и модернизировать инструменты; (4) создать новые режимы пространственных прав для производства энергии.

Использование возобновляемой энергии в планетарном масштабе еще недавно относилось преимущественно к научной фантастике. Стремительное развитие технологий и широкое участие общества превращают его в практическую реальность, а футуристическое преобразование земной поверхности уже началось. Однако исторический опыт показывает, что энергетические и пространственные переходы никогда не завершаются одномоментно: это крупные исторические процессы, способные длиться десятилетиями или даже столетием [51]. Поэтому Китаю следует как можно раньше использовать схему «производительные силы–энергия–пространство», стремиться к увеличению энергетической производственной мощности на порядок, создавать новые пространственные представления и инструменты планирования, направлять преобразование территориального пространственного планирования и развивать практики, ориентированные на возобновляемую энергетику.

Примечания

- ① Индекс Кардашёва рассчитывается по формуле $K = (\log_{10} P - 6) / 10$, где K — индекс цивилизации, а P — используемая ею мощность. На этой основе различают цивилизации типов I, II и III. Цивилизация типа I способна использовать всю возобновляемую энергию своей планеты — солнечную, ветровую, гидроэнергию и др.; типа II — энергию в масштабе звезды; типа III — энергию в масштабе галактики. Современное человечество оценивается как цивилизация уровня 0,73.
- ② Сопоставление учитывает только общий объем выполненной работы и не принимает во внимание качество энергии. Если включить этот фактор, различие между жизнью обычного современного человека и древнего аристократа окажется еще значительнее.
- ③ В XIX в. уголь был новой энергией по отношению к традиционной биомассе — пище и дровам; в XX в. нефть стала новой энергией по отношению к углю.
- ④ ТВт·ч означает тераватт-час и соответствует 10^9 кВт·ч.
- ⑤ Пространственная плотность мощности — количество энергии, производимой на единицу площади земной поверхности, выраженное в Вт/м². Чем выше плотность, тем меньше пространственных ресурсов требуется для выработки заданного объема энергии; низкая плотность, напротив, требует большей площади.
- ⑥ Солнечная энергия, поступающая на территорию Китая, оценивается по формуле $E = S \times H$, где E — общий годовой объем солнечной энергии, S — площадь страны, равная 9,6 млн км², а H — средняя

годовая глобальная горизонтальная инсоляция в Китае, равная 1 493,4 кВт·ч/м². Упрощенная оценка не является точной, но показывает порядок величины пространственной энергии, заключенной в территории.

⑦ Хотя регулирование видов использования внешне относится к двумерной поверхности, на практике оно включает показатели высоты, такие как коэффициент интенсивности застройки и ограничения высотности, и потому является формой управления трехмерным пространством.

Список литературы

- [1] WU Zhiqiang, YAN Juan, XU Haowen, et al. Десять ключевых ежегодных вопросов развития дисциплины городского и сельского планирования (2024–2025) [J]. Urban Planning Forum, 2024(6): 8–11. [на китайском языке]
- [2] SHEN Qingji. Устойчивое развитие городской энергетики в Китае: взгляд с позиций градостроительства [J]. Urban Planning Forum, 2005(6): 41–47. [на китайском языке]
- [3] HUBER M. T. Theorizing energy geographies [J]. Geography Compass, 2015, 9(6): 327–338.
- [4] BRIDGE G., BOUZAROVSKI S., BRADSHAW M., et al. Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy [J]. Energy Policy, 2013, 53: 331–340.
- [5] YANG Yu, XIA Siyou, JIN Zhijun. Логика и перспективы исследований геополитической перестройки, обусловленной энергетическим переходом [J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(9): 2299–2315. [на китайском языке]
- [6] MORONI S., ANTONIUCCI V., BISELLO A. Energy sprawl, land taking and distributed generation: towards a multi-layered density [J]. Energy Policy, 2016, 98: 266–273.
- [7] ZHU D., SONG D., SHI J., et al. The effect of morphology on solar potential of high-density residential area: a case study of Shanghai [J]. Energies, 2020, 13(9): 2215.
- [8] HU M., SONG X., BAO Z., et al. Evaluation of the economic potential of photovoltaic power generation in road spaces [J]. Energies, 2022, 15(17): 6408.
- [9] ZHANG Bing, ZHU Yingying, LAN Chun, et al. Природоориентированные решения: подходы к познанию и планированию охраны исторической городской среды в условиях изменения климата [J]. Urban Planning Forum, 2024(1): 18–28. [на китайском языке]
- [10] SUN Shiwen. Базовое исследование системы реализации и надзора территориального пространственного планирования [J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 12–17. [на китайском языке]
- [11] ZHANG Shangwu. Техническая система территориального пространственного планирования: верхнеуровневая архитектура и ключевые прорывы [J]. Urban Planning Forum, 2022(5): 45–50. [на китайском языке]
- [12] WU Zhiqiang, GUO Renzhong, ZHANG Bing, et al. Академическая дискуссия о системном построении национальной системы пространственного планирования [J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 1–11. [на китайском языке]
- [13] WANG Kai, ZHAO Yanjing, ZHANG Jingxiang, et al. Академическая дискуссия о производительных силах нового качества и городском и сельском планировании [J]. Urban Planning Forum, 2024(4): 1–10. [на китайском языке]
- [14] BRIDGE G. Material worlds: natural resources, resource geography and the material economy [J]. Geography Compass, 2009, 3(3): 1217–1244.
- [15] KARDASHEV N. S. Transmission of information by extraterrestrial civilizations [J]. Soviet Astronomy, 1964, 8: 217.
- [16] SMIL V. Энергетические переходы: данные, история и перспективы [М]. Пер. GAO Feng, JIANG Aixin, LI Hongda. Beijing: Science Press, 2018. [китайское издание]
- [17] SMIL V. World history and energy [J]. Encyclopedia of Energy, 2004, 6: 558.

- [18] ИНФОРМАЦИОННОЕ АГЕНТСТВО XINHUA. На одиннадцатом коллективном обучении Политбюро ЦК КПК Xi Jinping подчеркнул необходимость ускорять развитие производительных сил нового качества и последовательно продвигать высококачественное развитие [EB/OL]. (2024-02-10) [2024-09-28]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content_6929446.htm. [на китайском языке]
- [19] CUI Shoujun, CAI Yu, JIANG Moqian. Крупные технологические изменения и трансформация энергетической геополитики [J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(11): 2585–2595. [на китайском языке]
- [20] RITCHIE H., ROSADO P., ROSER M. Energy Production and Consumption [EB/OL]. (2024-01) [2024-09-28]. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>.
- [21] BRIDGE G., LE BILLON P. Oil [M]. Cambridge: Polity Press, 2012.
- [22] MCNEILL J. R. Something New under the Sun: An Environmental History of the Twentieth Century [M]. New York: W. W. Norton, 2000.
- [23] MARX K., ENGELS F. Манифест Коммунистической партии [EB/OL]. (2019-11-21) [2024-09-28]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_5037841. [китайское онлайн-издание]
- [24] HUBER M. T. Energizing historical materialism: fossil fuels, space and the capitalist mode of production [J]. *Geoforum*, 2009, 40(1): 105–115.
- [25] CALVERT B. AI already uses as much energy as a small country. It's only the beginning [EB/OL]. (2024-03-28) [2024-09-28]. <https://www.vox.com/climate/2024/3/28/24111721/climate-ai-tech-energy-demand-rising>.
- [26] SHI Dan, SHI Kehan. Роль возобновляемой энергетики в развитии производительных сил нового качества [EB/OL]. (2024-06-05) [2024-09-28]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI0NDZMjA5Nw==&mid=2654909767&idx=1&sn=2177cb9ee8738ed358207bb36146eb28&chksm=f2a9e249c5de6b5f7a416492e3cc7c7785e055d580f1e675a3546fd6d92a73031c8eeb06835b&scene=27. [на китайском языке]
- [27] BLAIN L. Elon Musk: AI will run out of electricity and transformers in 2025 [EB/OL]. (2024-03-01) [2024-09-28]. <https://newatlas.com/technology/elon-musk-ai/>.
- [28] DE VRIES B. J. M., VAN VUUREN D. P., HOOGWIJK M. M. Renewable energy sources: their global potential for the first half of the 21st century at a global level—an integrated approach [J]. *Energy Policy*, 2007, 35(4): 2590–2610.
- [29] WRIGLEY E. A. Continuity, Chance and Change: The Character of the Industrial Revolution in England [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [30] SIEFERLE R. P. The Subterranean Forest: Energy Systems and the Industrial Revolution [M]. Cambridge, UK: White Horse Press, 2001.
- [31] VAN ZALK J., BEHRENS P. The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: a review and meta-analysis of power densities and their application in the US [J]. *Energy Policy*, 2018, 123: 83–91.
- [32] YANG Yu, XIA Siyou, QIAN Xiaoying. Геополитические исследования энергетического перехода [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(8): 2050–2066. [на китайском языке]
- [33] NIKIFORUK A. The Energy of Slaves: Oil and the New Servitude [M]. Vancouver: Greystone Books, 2014.
- [34] RUTHERFORD J., COUTARD O. Urban energy transitions: places, processes and politics of socio-technical change [J]. *Urban Studies*, 2014, 51(7): 1353–1377.
- [35] PASQUALETTI M. J., BROWN M. A. Ancient discipline, modern concern: geographers in the field of energy and society [J]. *Energy Research & Social Science*, 2014, 1: 122–133.
- [36] COENEN L., TRUFFER B. Places and spaces of sustainability transitions: geographical contributions to an emerging research and policy field [J]. *European Planning Studies*, 2012, 20(3): 367–374.

- [37] YANG Yu, HE Ze. Энергетическая геополитика и энергетическая власть [J]. Progress in Geography, 2021, 40(3): 524–540. [на китайском языке]
- [38] WEINRUB A. Expressions of Energy Democracy: Perspectives on an Emerging Movement [R/OL]. (2014-08) [2025-03-04]. <https://www.localcleanenergy.org/files/Expressions%20of%20Energy%20Democracy.pdf>.
- [39] SMIL V. Power Density: A Key to Understanding Energy Sources and Uses [M]. Boston: MIT Press, 2015.
- [40] HUBER M. T., MCCARTHY J. Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space [J]. Transactions of the Institute of British Geographers, 2017, 42(4): 655–668.
- [41] CALVERT K. From ‘energy geography’ to ‘energy geographies’: perspectives on a fertile academic borderland [J]. Progress in Human Geography, 2016, 40(1): 105–125.
- [42] BRIDGE G. The Hole World: Scales and Spaces of Extraction [EB/OL]. (2015-09-01) [2024-09-28]. <https://scenariojournal.com/article/the-hole-world/>.
- [43] CALVERT K., SIMANDAN D. Energy, space, and society: a reassessment of the changing landscape of energy production, distribution, and use [J]. Journal of Economics and Business Research, 2010, 16(1): 13–37.
- [44] XIA Z., LI Y., GUO S., et al. Balancing photovoltaic development and cropland protection: assessing agrivoltaic potential in China [J]. Sustainable Production and Consumption, 2024, 50: 205–215.
- [45] HOLMES G. What is a land grab? Exploring green grabs, conservation, and private protected areas in southern Chile [J]. Journal of Peasant Studies, 2014, 41(4): 547–567.
- [46] COWELL R. Wind power, landscape and strategic spatial planning: the construction of ‘acceptable locations’ in Wales [J]. Land Use Policy, 2010, 27(2): 222–232.
- [47] YANG Baojun, CHEN Peng, DONG Ke, et al. Формирование системы территориального пространственного планирования в контексте экологической цивилизации [J]. Urban Planning Forum, 2019(4): 16–23. [на китайском языке]
- [48] ZHAO Min. Логика и операционные стратегии построения системы территориального пространственного планирования [J]. Urban Planning Forum, 2019(4): 8–15. [на китайском языке]
- [49] ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ, ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ АДМИНИСТРАЦИИ ЛЕСОВ И ПАСТБИЩ, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АДМИНИСТРАЦИИ. Уведомление о поддержке развития фотоэлектрической отрасли и стандартизации управления землепользованием [R/OL]. (2023-03-20) [2024-09-28]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-04/03/content_5749824.htm. [на китайском языке]
- [50] WANG Yizhe. Пространственное производство энергии: новый путь низкоуглеродной трансформации городского пространства в эпоху возобновляемой энергетики — с точки зрения интерактивной интеграции фотоэлектрического производства и городского пространства [J]. City Planning Review, 2024, 48(4): 59–70. [на китайском языке]
- [51] GRUBLER A. Energy transitions research: insights and cautionary tales [J]. Energy Policy, 2012, 50: 8–16.

Переработанная версия получена: февраль 2025 г.

Перевод при содействии ИИ