

DOI 10.22363/2313-2329-2020-28-2-300-314
УДК 519.86

Научная статья

Плюсы и минусы развития малой гидроэнергетики: российская действительность и китайский опыт

М.В. Черняев

NRA International GmbH

Австрийская Республика, 1010, Вена, Wipplingerstraße, 34

Неизбежное сокращение запасов традиционных источников энергии стимулирует активный рост интереса к развитию технологий возобновляемой энергетики по всему миру. Территориальные особенности и изобилие водных ресурсов в России имеют большой потенциал к развитию малой гидроэнергетики, однако статистические данные говорят об отсутствии высокого практического интереса к данному направлению. Сопоставительный анализ особенностей российской и китайской энергетических систем указывает на наличие определенных проблем в малой гидроэнергетике России, что связано с отсутствием стратегического понимания перспектив развития данной области на государственном уровне. Такая ситуация закономерно приводит к росту инвестиционных рисков. Целью настоящего исследования является определение тех условий, которые сделают строительство малых гидроэлектростанций привлекательным для инвесторов и приведут к формированию рынка соответствующего технологического оборудования. В процессе анализа развития российской энергетики использовались данные официальной статистики, плановые документы, экспертные публикации в СМИ и научных изданиях, а также авторские сопоставления используемых в России мер регулирования малой гидроэнергетики с опытом Китая.

Ключевые слова: малая гидроэнергетика, солнечная энергетика, ветровая энергетика, возобновляемые источники энергии, альтернативные источники энергии, экологичная энергетика, производство электроэнергии

Введение

Гидроэнергетика исторически является одним из основных способов получения энергии во многих странах мира, в том числе и в России. Индустриализация в 30-х гг. XX в. потребовала резкого увеличения выработки энергии, что привело к массовому строительству гидроэлектростанций (ГЭС) разных размеров и формированию единой энергетической системы страны. В 1960-е гг. малые ГЭС (МГЭС) были признаны малоэффективными и дальнейшее развитие гидроэнергетики основывалось исключительно на строительстве крупных платин. Такой подход позволял увеличить эффективность генерации энергии, но создавал серьезные экологические и социальные проблемы, связанные с затоплением больших территорий и переселением людей.

© Черняев М.В., 2020



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Кроме того, подключение удаленных потребителей к единой энергосети приводило к большим потерям при передаче. Опыт Китая и ряда других стран показывает, что решение данной проблемы достигается разумным сочетанием малых и крупных ГЭС (Jiang, Zeng, Cao, 2015).

Восстановление малой энергетики РФ происходит с 2013 г. на основе госпрограммы развития возобновляемых источников энергии, однако темпы ввода новых мощностей МГЭС фактически не соответствуют поставленным целям и существенно отстают от развития других возобновляемых источников. Это позволяет предположить наличие ряда проблем, которые делают госпрограмму поддержки неэффективной и снижают интерес инвесторов к проектам МГЭС. В России нет стратегического понимания использования МГЭС в энергосистеме страны, также отсутствует инфраструктура подключения к общим сетям, реверсной продажи энергии и избытков частными лицами в общую энергосеть, нет тесной координации развития региональной энергетики с промышленностью, крайне слаба локализация производства технологического оборудования. Кроме того, существует конфликт интересов с существующими региональными поставщиками электроэнергии. Непродуманная приватизация генерирующих мощностей с 1991 г. значительно снизила возможности административного регулирования рынка энергии в России (Фортов, Попель, 2013).

Рост интереса к МГЭС также обусловлен их экологической привлекательностью:

- гидротехнические сооружения МГЭС не подтопляют леса и сельскохозяйственные угодья, не приводят к сносу и переносу населенных пунктов;
- МГЭС позволяют сохранять ландшафт и окружающую среду в процессе строительства и на этапе эксплуатации;
- вода, проходящая через малую гидротурбину, сохраняет свои первоначальные природные свойства¹.

Также анализ показывает принципиальную возможность генерации энергии на МГЭС с себестоимостью, сопоставимой с традиционными источниками энергии. Для этого требуется освоение серийного производства оборудования, наличие четкого перспективного плана строительства станций, обеспечение гарантий по подключению и продаже энергии в единую сеть, замена разрешительного принципа утверждения проектов на перечень достаточных условий. Это сделает строительство МГЭС привлекательным для большого числа инвесторов. Существующая система, основанная на федеральной поддержке проектов через конкурсный отбор, не способна сделать строительство МГЭС массовым.

Обзор литературы

Заявленная тематика работы активно освещается в китайском научном сообществе как перспективное направление развития гидроэнергетических секторов стран мира. Китай как страна, обладающая сформированной тех-

¹ Дупак К., Каточ С.С. Развитие малой гидроэнергетики в Западных Гималаях: стратегия более быстрого внедрения // Возобновляемая энергетика. 2015. Т. 77. С. 571–581. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.05.058>

нологической базой и опытом конструирования малых гидроэнергосистем, создает предложение на мировом рынке возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и предлагает применить полученный опыт в различных экономических и природно-географических условиях. В одной из научных работ освещается тема баланса всех ВИЭ: «Оптимальное сочетание солнечной, ветровой, микрогидро- и дизельной систем на основе реальных сезонных профилей нагрузки для курортного острова в Южно-Китайском море»².

После успешного внедрения МГЭС в китайскую экономику китайское научное сообщество озаботилось проблемой социального восприятия и разработки новых методов внедрения малых гидроэлектростанций в сельской местности, где при производстве энергии преобладали традиционные виды сырья. Так, в публикации «Оценка социальной устойчивости малых гидроэлектростанций методом hesitant PROMETHEE» (Wu, Wang, Chena, 2017) представлен один из методов повышения эффективности внедрения МГЭС на примере нескольких районов Китая.

В Европе данная проблема также нашла отклик в научном сообществе еще в 90-х гг. XX в., и с развитием интереса к теме экологичной энергетики объем исследований увеличивался. Джеральд Фоли еще в 1993 г. описал возможности развития малой гидроэнергетики в работе «Возобновляемые источники энергии в рамках помощи развитию стран третьего мира, доступа к электроэнергии и развития сельских районов: обзор сложной социально-экономической динамики и причинно-следственных диаграмм для более точного моделирования процессов в энергетике»³.

Отдельно стоит упомянуть научную публикацию «Оптимальное управление зеленой энергией для островных курортов Малайзии», в которой дается описание процесса организации «зеленой экономики» и развития малой энергетики практически с нулевых показателей и до перспектив основообразующей энергетической отрасли Малайзии⁴.

В российском научном сообществе акцент от МГЭС переходит в сторону выбора альтернативных источников энергии (ветер и солнце) (Гомонов и др., 2019). Несмотря на возможности использования гидроэнергии, предпочтение отдается другим методам и решениям.

Методы и подходы

В рамках настоящего исследования был проведен анализ российской и зарубежной статистики, а также многочисленных публикаций на тему разви-

² Basir Khan M.R., Jidin R., Pasupuleti J., Shaaya S.A. Optimal combination of solar, wind, micro-hydro and diesel systems based on actual seasonal load profiles for a resort island in the South China Sea // *Energy*, Elsevier. 2015. Vol. 82(C). Pp. 80–97. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v82y2015icp80-97.html>

³ Riva F., Ahlborg H., Hartvigsson E., Pachauri S., Colombo E. Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling // *Energy for Sustainable Development*. 2018. Vol. 43. Pp. 203–223. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S097308261731390X?via%3Dihub>

⁴ Ashourian M.H., Cherati S.M., Mohd Zin A.A., Niknam N., Mokhtar A.S., Anwari M. Optimal green energy management for island resorts in Malaysia // *Renewable Energy*, Elsevier. 2013. Vol. 51(C). Pp. 36–45. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v51y2013icp36-45.html>

тия МГЭС. Изучены особенности успешной реализации проектов малой гидроэнергетики Китая, проведен сопоставительный анализ российского и китайского опыта конструирования, применения и распространения МГЭС, который позволил выявить в малой гидроэнергетике России системные ошибки планирования, отсутствие нормативной базы для проектирования и создания оборудования и научно-технические проблемы.

Одним из основных методов оценки развития малой гидроэнергетики был выбран индикативный метод. Также в ходе написания научной работы использовались системный подход, статистический и сравнительный методы. Совокупность указанных методов, а также нормативный анализ и прогноз позволяют анализировать возможные противоречия и устанавливать соотношения в экономических процессах.

Результаты

Доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем мировом объеме производства электроэнергии на сегодняшний день превысила 12 % и ежегодно увеличивается. Наличие экологических угроз и социально-экономических предпосылок развития возобновляемых источников побудило правительство РФ декларировать необходимость увеличения доли ВИЭ и разработать меры поддержки. Были установлены целевые показатели развития ВИЭ до 2024 г. в программе развития Министерства энергетики России и до 2035 г. в стратегии развития ТЭК РФ⁵ (Chernyaev et al., 2019).

В частности, мощность МГЭС запланировано увеличить на 340 МВт (для сравнения рост ветровой и солнечной энергетики – 3277 МВт и 1759 МВт соответственно). Предусмотрено развитие торговли ВИЭ на оптовом рынке: сетевые компании теперь обязаны закупать энергию из альтернативных источников в размере не менее 5 % от электрических потерь в сетях, а малые электростанции имеют право на компенсацию расходов за подключение к единой энергосети. Государство ежегодно проводит конкурсный отбор проектов ВИЭ для финансирования. Сегодня развитие распределенной генерации определено в качестве ключевой стратегической задачи развития экономики РФ.

Среди возобновляемых источников гидроэнергетика имеет самое большое значение. Ее совокупный вклад превышает 60 %, при этом 54 % обеспечивают крупные ГЭС и 7 % – малые ГЭС. Считается, что потенциал малой мировой гидроэнергетики использован всего на 36–40 %⁶.

Природные условия России традиционно способствовали развитию гидроэнергетики, и сегодня в стране работают 185 крупных ГЭС, которые производят 20,6 % всей энергии. Общий гидропотенциал России находится на втором месте в мире после Китая. Гидроэнергетика РФ имеет несколько путей развития. По первому варианту наращивание мощностей будет происходить традиционным путем – за счет строительства крупных ГЭС. Недостаток за-

⁵ Национальный статистический годовой отчет по малой гидроэнергетике / Бюро развития малой гидроэнергетики и электрификации Министерства водных ресурсов. Китай, Пекин: China Statistics Press, 2017.

⁶ Доклад о развитии мировой малой гидроэнергетики. 2016. URL: <http://www.smallhydroworld.org/menu-pages/reports/2016/> (дата обращения: 12.01.2020).

ключается в том, что большая часть российских гидроресурсов находится в труднодоступных районах Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, а основная промышленность и население сосредоточены в европейской части страны. Строительство новых крупных мощностей в Сибири оправдано только при одновременном развитии регионального производства. Например, сегодня крупнейшие сибирские ГЭС (Саяно-Шушенская, Братская, Усть-Илимская, Красноярская) обеспечивают производство алюминия на заводах «Русала». Передача электроэнергии с этих электростанций в Центральный регион сопряжена с объемными энергопотерями. Из-за больших расстояний в России сетевая составляющая стоимости электроэнергии достигает 45–50 %, то есть сопоставима со стоимостью генерации энергии (Гречухина, Кудрявцева, Яковлева, 2016).

Сегодня в РФ действуют по разным подсчетам от 100 до 300 МГЭС с совокупной мощностью не более 600 МВт. Для сравнения: в Китае действуют более 47 000 установок, которые вырабатывают более 25 % всей гидроэнергии, а также используется значительно больше видов МГЭС, что расширяет их географическое распространение и внедрение. Китайские компании также активно внедряют новшества и патенты из других стран⁷.

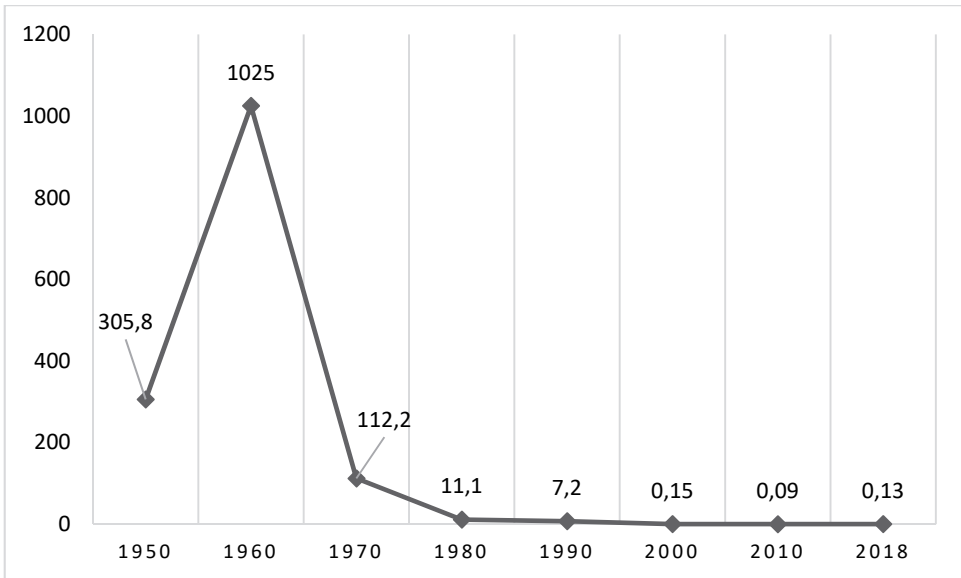


Рисунок. Производство электрической энергии на МГЭС СССР до 1991 года в млн кВт·ч
[Figure. Production of electric energy at the SHPP of the USSR until 1991 in million kWh]

Источник: составлено автором по данным Государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности⁸.

⁷ 13-й пятилетний план развития возобновляемых источников энергии на 2016–2020 годы / Национальная комиссия по развитию и реформам (НКРР). Пекин. URL: <http://boostre.cnrec.org.cn/index.php/2017/10/16/china-renewable-energy-outlook-2017-executive-summary/?lang=en> (дата обращения: 15.01.2020).

⁸ Развитие малой гидроэнергетики в России, 2017 / Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: <https://gisee.ru/articles/small-hydro/24512/> (дата обращения: 25.12.2019).

Касательно российского опыта конструкции МГЭС важно отметить, что еще во второй половине XX в. приоритет был отдан крупным проектам. Пиковым значением генерации можно считать 1960-е гг., когда данные технологии использовали больше как временное решение для энергоснабжения территорий СССР (см. рисунок).

Капитальные затраты на строительство МГЭС сегодня существенно превышают показатели других возобновляемых источников, но эксплуатационные затраты у них меньше. Об этом свидетельствуют установленные лимиты по затратам, которые используются при конкурсном отборе проектов для госфинансирования (табл. 1).

Таблица 1

Лимиты капитальных и эксплуатационных затрат по технологиям
[Table 1. Technology capital and operating limits]

ВИЭ	Капитальные затраты, 2014–2024 гг., тыс. руб/кВт	Удельные эксплуатационные затраты, тыс. руб/МВт в мес.
Солнечная энергия	116,5–103,2	170,0
Ветровая энергия	116,5–103,1	118,0
Малая гидроэлектростанция	146,0	100,0

Источник: составлено автором по данным, представленным в исследовании В.А. Ясинского (Ясинский, 2011).

Основными проблемами развития малой гидроэнергетики России являются:

- отсутствие стратегии развития;
- отсутствие нормативной базы для проектирования и создания оборудования;
- научно-технические проблемы.

Несмотря на то что в России разработана и функционирует «Энергетическая стратегия до 2035 года», возобновляемые источники энергии занимают лишь 15 % от общего объема технологических мер и инициатив. Малая гидроэнергетика упоминается как одно из перспективных направлений развития, но отработанного механизма стимулирования ее развития на данный момент не существует. Также нет проработанной нормативно-правовой базы, в рамках которой частные хозяйства могли бы генерировать энергию на МГЭС и реализовывать избытки в общую сеть (Serhat, 2014).

Отдельно стоит выделить научно-технические проблемы и проблемы развития технологий малой гидроэнергетики (табл. 2).

Сопоставляя эффективность малой энергетики с крупной, можно сказать, что с увеличением общности удельные инвестиционные затраты существенно снижаются. Так, удельные инвестиции в расчете на кВт в ГЭС мощностью более 10 МВт на 20 % ниже, чем в МГЭС (до 1 МВт). Во многом подобные расчеты послужили основанием для сворачивания строительства МГЭС в 1960-е гг. Однако такие расчеты нельзя считать до конца объективными. Все крупные ГЭС были построены в советский период и приватизированы в 1990-е гг. Их новые владельцы не платят аренду за плодородные земли, залитые водохранилищами, они не выплачивали компенсации населению за переезд на новые территории. Все эти затраты были бы неизбежны при рыноч-

ной экономике в демократическом обществе, и они должны существенно увеличить себестоимость энергии крупных ГЭС.

Таблица 2

Научно-технические проблемы развития малой гидроэнергетики России
[Table 2. Scientific and technical problems of the development of small hydropower in Russia]

Создание оборудования	Проектирование	Оценка ресурсов
<ul style="list-style-type: none"> ● надежность, простота изготовления и обслуживания; ● обеспечение возможности работы в автономном режиме и/или параллельно с энергосистемой; ● соответствие вырабатываемого электрического тока требованиям ГОСТов по частоте и напряжению; ● уровень автоматизации, обеспечивающий автономную эксплуатацию; ● экологическая безопасность принятых решений 	<ul style="list-style-type: none"> ● обеспечение работы «по водотоку»; ● использование каскадных схем на притоках; ● использование местных строительных материалов; ● использование новых технологических схем; ● выбор створов с близкими характеристиками; ● унификация технических решений 	<ul style="list-style-type: none"> ● выявление региональных технических ресурсов; ● особенности водозергетических расчетов; ● учет боковой проточности

Источник: составлено автором по данным, представленным в тексте Постановления Правительства РФ⁹.

Также высокие удельные затраты МГЭС связаны со стоимостью оборудования, которая составляет около 60 % всех затрат. Серийное производство такого оборудования в России давно прекращено, и сегодня оно выпускается только единичными экземплярами.

Выделяются два варианта эффективного использования МГЭС в России. Первый предполагает их подключение к единой энергосистеме, второй предусматривает автономное использование. Оба варианта имеют свои существенные преимущества и недостатки. Поскольку все генерирующие мощности рассчитывают на определенную оптимальную нагрузку, то неизбежные отклонения снижают КПД оборудования и ведут к повышенному износу. Если энергосистема централизована, то регион может отдавать избыток энергии или дополучать недостающие мощности. Потребление энергии в локальном регионе всегда имеет очень сильные колебания, а значит, автономная система без дополнительных средств аккумуляции энергии, возможности оперативного отключения части турбоагрегатов или иных средств обеспечения маневренности будет работать неэффективно. Энергоснабжение группой независимых электростанций всегда будет иметь меньшую надежность, чем объединенная система (Wang, Tseng, Zheng, 2015).

С другой стороны, подключение к единой системе имеет свои проблемы технического и организационно-экономического характера. Схема подключения МГЭС к сети определяется существующей электросетевой инфраструктурой в районе. Если предполагается подключение к единой сети, то

⁹ Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/ (дата обращения: 15.01.2020).

ГЭС должна гарантированно обеспечивать показатели такой сети по напряжению и частоте. Например, для подключения к магистральной ЛЭП напряжением 110 кВ МГЭС должна иметь мощность не менее 25–50 МВт и находится на удалении не более 150 км. Отсутствие водохранилища на МГЭС приводит к колебаниям напора воды, а следовательно, к изменению напряжения и частоты тока. Для поддержания выходных параметров требуется использование выпрямителя и инвертора напряжения, что увеличивает стоимость энергии. МГЭС часто вообще невозможно подключить к единой энергосистеме. Поэтому МГЭС имеют узкий сектор использования – питание насосных станций, вентиляционных, отопительных систем и других объектов со стабильным энергопотреблением¹⁰.

Альтернативным решением может быть развитие региональной передающей сети на постоянном токе, подключение к которой разнообразных источников значительно проще. Однако это требует системного планирования малой энергетики на региональном уровне и инфраструктурных инвестиций. Сегодня такие проекты не рассматриваются.

Наряду со стоимостью и проблемами подключения существуют многочисленные административные барьеры. Строительство МГЭС осуществляется в соответствии с законом об использовании водных ресурсов, и для получения разрешения на строительство требуется долгая бюрократическая процедура согласования с местными чиновниками. В России отсутствуют формализованный механизм отбора проектов и система заключения долгосрочных договоров по результатам отбора. Иначе говоря, инвестор не имеет гарантий реализации энергии на оптовом рынке. Согласно Федеральному закону «Об энергетике» условия перераспределения мощностей в сети и все тарифы на энергию устанавливает региональный поставщик, а он не заинтересован в конкуренции и может выдвигать невыгодные условия по закупке. Чтобы стать участником розничного рынка, проект также должен пройти конкурсный отбор и затем быть включен в схему и программу территориального развития электроэнергетики. Конкурсная процедура является закрытой и не гарантирует инвестору результата. Очевидно, что здесь требуется ведение технологически нейтрального отбора проектов ВИЭ по критерию минимизации удельной стоимости производства электрической энергии (Ясинский, 2011).

Сейчас в России строительство МГЭС разворачивается преимущественно на Северном Кавказе, где для этого имеются наиболее благоприятные природные условия. Все проекты по созданию сети МГЭС в этом регионе реализует «РусГидро». В 2014 г. в ходе визита президента РФ Владимира Путина в Шанхай между «РусГидро» и «PowerChina» было подписано соглашение по сотрудничеству в области малой энергетики¹¹.

¹⁰ Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 12.01.2020).

¹¹ Приоритеты рыночной электроэнергетики в России: ВИЭ после 2024 г. // Механизмы поддержки ВИЭ на рынках электроэнергии (мощности) и подходы к повышению их эффективности: материалы V Конференции. Пятигорск, 2018.

Российское Правительство не зря для понимания перспектив малой энергетики обратилось к опыту Китая, где с начала 2000-х гг. происходит бурный рост малой гидроэнергетики. Важным элементом китайской энергетической политики является заинтересованность местных властей в развитии генерирующих мощностей. Деятельность МГЭС облагается местным налогом. Инвесторы строят ГЭС, а район получает налоговые поступления на много лет вперед. Администрация становится заинтересованной в максимальной эффективности всех процессов согласования. С другой стороны, наличие местной дешевой электроэнергии и сетевой инфраструктуры привлекает инвесторов для промышленного освоения региона. Таким образом, местная энергосистема строится в корреляции с промышленной политикой региона. Сходные принципы стимулирования малой энергетики в ближайшей перспективе будут реализованы в России, а значит, можно ожидать развитие малой гидроэнергетики по китайскому сценарию¹².

Таблица 3

Схемы финансирования малой гидроэнергетики в некоторых странах ЕС
 [Table 3. Small hydropower financing schemes in EU countries]

Страна	Схема финансирования	Собственность
Австрия	Корпоративные финансы	Малые и большие электросети
Германия	Частные финансы	Частная
	Долевые финансы	Общества с ограниченной ответственностью Муниципалитеты
Испания	Сторонние финансы	Через правительственные организации
Италия	Корпоративные финансы	Частные инвесторы
	Сторонние финансы	Местные электросети
Нидерланды	Частные финансы	Частная
	Корпоративные финансы	Электросети
Швеция	Частные финансы	Партнерства
	Корпоративные финансы	Частная (фермеры) Корпорации
Китай	Государственные финансы	Инвестиции от региональных властей
	Частные финансы	Частная
	Корпоративные финансы	Партнерства и корпорации
Россия	Частные финансы	Частные инвесторы
	Корпоративные финансы	Корпорации

Источник: составлено автором по данным, представленным в тексте Постановления Правительства РФ¹³, а также по данным исследования М. Орахелашвили¹⁴.

¹² Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». URL: <http://government.ru/docs/all/87499/> (дата обращения: 12.01.2020).

¹³ Постановление Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1-р. «Об основных направлениях государственной политики в области повышения энергоэффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года». URL: <http://government.ru/docs/20503/> (дата обращения: 12.01.2020).

¹⁴ Орахелашвили М. Проблемы развития малой гидроэнергетики // Повышение надежности и эффективности эксплуатации энергетических установок и энергетических систем: материалы конференции, 2010. URL: www.energy2010.mpei.ru (дата обращения: 25.10.2019).

Развитие российской малой гидроэнергетики зависит от множества факторов экономического, политического, нормативного и социального характера. До принятия государственной программы развития малой энергетики, которую начали обсуждать в 2018 г., все прогнозы развития будут субъективными. Естественно, что в условиях неопределенности ожидать роста инвестиций в МГЭС и производство оборудования не приходится.

Встает актуальный вопрос о целесообразности применения опыта других стран в России. Обратившись к табл. 3, можно отметить, что в большинстве стран, где активно развиваются МГЭС, преобладающая доля финансирования происходит из коммерческого сектора. В России же для подобного опыта необходим пересмотр нормативно-правовой базы¹⁵.

Тем не менее для снижения барьеров развития МГЭС в России возможно наладить совместный выпуск оборудования с китайской стороной, так как на настоящий момент производство оборудования для установки коммерческих МГЭС в Китае возросло в 18,5 раз по сравнению с 2009 г. и наблюдается явный избыток предложения, что положительно скажется на ценах приобретения оборудования российской стороной.

Фактически оборудование для установки домашних или малых коммерческих ГЭС можно приобрести в России через интернет-источники или официальные представительства компаний. Благодаря такой доступности технологий, цены на установку и оборудование МГЭС существенно снизились. Рассчитав стоимость оборудования по цене выработки 1 кВт можно определить уровень цен на 2019 г. в 300–800 долл. США, тогда как в восточноевропейских странах данный показатель достигает уровня 1200–2000 долл. США за 1 кВт энергии. Сроки окупаемости также отличаются. В России данная цифра составляет 5–7 лет, тогда как в восточноевропейских странах достигает 8–10 лет.

Подобное ценовое преимущество в России может сохраняться лишь непродолжительное время, так как цены на рынке зависят от китайских производителей, которые в скором времени могут значительно снизить производство оборудования для МГЭС. В последние годы в Китае прослеживается тенденция замены МГЭС на альтернативные источники энергии – ветряную и солнечную. По прогнозам, максимальный технически достижимый объем энергии ветра на континенте составляет 1000 ГВт, в прибрежной зоне – 300 ГВт в год, что свидетельствует об отсутствии серьезных ресурсных ограничений для развития ветровой энергетики в Китае. Однако, несмотря на субсидирование государством ветровой энергетики, в последние годы наблюдается тенденция сокращения годового прироста устанавливаемых мощностей всех АИЭ – в основном из-за отсутствия согласованности с сетевыми компаниями, которые в соответствии с законом обязаны не только покупать определенный объем ветровой энергии, но также строить линии электропередач для обеспечения конечного потребителя этой энергией¹⁶.

¹⁵ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2015 г. № 1472-Р URL: <http://government.ru/docs/all/102917/> (дата обращения: 15.01.2020).

¹⁶ Абд Е.М., Смит С.Э., Дарвиш К. Последствия строительства Асуанской высокой плотины через 50 лет // Водные ресурсы. Управление. 2015. Т. 29. № 6. С. 1873–1885. <https://>

Также после принятия в КНР в 2005 г. закона о возобновляемых источниках энергии начался стремительный рост строительства солнечных энергостанций, и уже в 2012 г. по производству солнечной энергии Китай стал второй после ФРГ страной по общей установленной мощности фотоэлектрических панелей, а в 2020 г. с высокой вероятностью обгонит своего конкурента (по XII пятилетнему плану должно быть смонтировано солнечных панелей общей установленной мощности до 15 ГВт, а по перспективным планам к 2050 г. – до 50 ГВт) (Hennig, Harlan, 2018).

Сектор российской малой гидроэнергетики очень мал, локализованного производства оборудования нет. Даже при разворачивании серийного производства и выполнении всех условий привлечения инвестиций развитие данного энергетического сегмента затянется на годы. Можно предположить, что у России есть возможность вовсе пропустить этап развития малой гидроэнергетики и сразу сконцентрировать усилия на более перспективных технологиях. Об этом свидетельствуют мировые тенденции ввода в эксплуатацию альтернативных источников энергии с явным приоритетом солнечной энергетики. По солнечной энергетике уже достигнуты все целевые показатели госпрограммы. Возможно, в России следует пересмотреть концепцию развития альтернативных источников в пользу солнечной энергетики, если вопрос с развитием МГЭС не будет решен в ближайшие 3–5 лет (Zhang, Andrews-Speed, Ji, 2014).

Заключение

Представленная работа рассматривает вопросы стратегического развития российской малой гидроэнергетики с использованием опыта Китая и ряда европейских стран. Реальная ситуация со строительством МГЭС в России существенно отличается от мирового опыта и даже от утвержденных российских планов развития альтернативных источников энергии. Отсутствие системного представления о роли малой энергетики в экономике России делает противоречивыми сценарии дальнейшего развития. С одной стороны, международные экологические требования вынуждают Россию развивать альтернативную энергетику, с другой – экологический аспект вступает в противоречие с экономикой отрасли.

Стоит отметить, что потенциал развития малой гидроэнергетики в РФ значителен, так как по состоянию на 2019 г. в России зарегистрировано 2,5 млн малых рек, вблизи которых проживает 44 % городского населения и более 90 % сельского населения.

В условиях неразвитости экологического мышления малая гидроэнергетика рассматривается главным образом с экономической точки зрения и проигрывает другим технологиям генерации. Таким образом, перспективы развития всех альтернативных технологий в РФ требуют политической воли со стороны руководства и широкого использования мер принуждения. Реформирование энергетики России под влиянием частных инвестиционных инициатив или общественных объединений представляется невозможным.

Список литературы

- Абд Е.М., Смит С.Э., Дарвиш К.* Последствия строительства Асуанской высокой плотины через 50 лет // Водные ресурсы. Управление. 2015. Т. 29. № 6. С. 1873–1885. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-0916-z>
- Гомонов К.Г., Сипакова П.О., Чапурная А.П.* Внедрение микрогенерации и энергосберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики: зарубежный опыт и Россия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2019. Т. 27. № 3. С. 442–454. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-3-442-454>
- Гречухина И.А., Кудрявцева О.В., Яковлев Е.Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 4. С. 1167–1177. doi: 10.17059/2016-4-18.
- Дупак К., Каточ С.С.* Развитие малой гидроэнергетики в Западных Гималаях: стратегия более быстрого внедрения // Возобновляемая энергетика. 2015. Т. 77. С. 571–581. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.05.058>
- Доклад о развитии мировой малой гидроэнергетики, 2016. URL: <http://www.smallhydro.world.org/menu-pages/reports/2016/> (дата обращения: 12.01.2020).
- Национальный статистический годовой отчет по малой гидроэнергетике / Бюро развития малой гидроэнергетики и электрификации Министерства водных ресурсов. Китай, Пекин: China Statistics Press, 2017.
- Орахелашвили М.* Проблемы развития малой гидроэнергетики // Повышение надежности и эффективности эксплуатации энергетических установок и энергетических систем: материалы конференции. 2010. URL: www.energy2010.mpei.ru (дата обращения: 25.10.2019).
- Развитие малой гидроэнергетики в России, 2017 / Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: <https://gisee.ru/articles/small-hydro/24512/> (дата обращения: 25.12.2019).
- Фортон В., Попель О.* Возобновляемые источники энергии в мире и в России // Энергетический вестник. 2013. № 16. С. 20–31.
- Ясинский В.А.* Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ // Отраслевое обозрение. 2011. № 14. С. 21–25.
- Ashourian M.H., Cherati S.M., Mohd Zin A.A., Niknam N., Mokhtar A.S., Anwari M.* Optimal green energy management for island resorts in Malaysia // Renewable Energy, Elsevier. 2013. Vol. 51(C). Pp. 36–45. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v51y2013icp36-45.html> (accessed: 20.12.2019).
- Basir Khan M.R., Jidin R., Pasupuleti J., Shaaya S.A.* Optimal combination of solar, wind, micro-hydro and diesel systems based on actual seasonal load profiles for a resort island in the South China Sea // Energy, Elsevier. 2015. Vol. 82(C). Pp. 80–97. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v82y2015icp80-97.html> (accessed: 20.12.2019).
- Chernyayev M., Grigorieva E., Kreidenko T., Rodionova I.* Methodology of the process of improving the support tools for fuel and energy complex within the context of achieving energy efficiency and energy independence of the region // International Journal of Energy Economics and Policy. 2019. No. 9 (1). Pp. 250–261.
- Hennig T., Harlan T.* Shades of green energy: Geographies of small hydropower in Yunnan, China and the challenges of over-development // Global Environmental Change. 2018. Vol. 49. Pp. 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.010>
- Jiang S.Y., Zeng H.P., Cao M.X.* Effects of hydropower construction on spatial-temporal change of land use and landscape pattern. A case study of Jing Hong, Yunnan, China // Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Energy and Environmental Science (Zhuhai). 2015. Pp. 1–7. <https://doi.org/10.2991/icaees-15.2015.20>
- Riva F., Ahlborg H., Hartvigsson E., Pachauri S., Colombo E.* Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling // Energy for Sustainable Development. 2018. Vol. 43. Pp. 203–223. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S097308261731390X?via%3Dihub> (accessed: 20.12.2019).

- Serhat K.* Environmental risk assessment of small hydropower (SHP) plants: A case study for Tefen SHP plant on Filyos River // *Energy for Sustainable Development*. 2014. Vol. 19. No. 1. Pp. 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.12.010>
- Wang J.-H., Tseng S.-W., Zheng H.* The paradox of small hydropower: Local government and environmental governance in China // *The Journal of Development Studies*. 2015. Vol. 51. Pp. 1475–1487. <https://doi.org/10.1080/00220388.2014.973860>
- Wu Y., Wang Y., Chena K.* Social sustainability assessment of small hydropower with hesitant PROMETHEE method // *Sustainable Cities and Society*. 2017. Vol. 35. Pp. 522–537. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.034>
- Zhang S., Andrews-Speed P., Ji M.* The erratic path of the low-carbon transition in China: Evolution of solar PV policy // *Energy Policy*. 2014. Vol. 67. Pp. 903–912. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.063>

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 20 января 2020
Дата проверки: 2 февраля 2020
Дата принятия статьи: 13 марта 2020

Для цитирования:

Черняев М.В. Плюсы и минусы развития малой гидроэнергетики: российская действительность и китайский опыт // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Экономика. 2020. Т. 28. № 2. С. 300–314. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2020-28-2-300-314>

Сведения об авторе:

Черняев Максим Васильевич, кандидат экономических наук, PhD, доцент, независимый эксперт по странам СНГ и России NRA International GmbH (Австрия, Вена), советник по вопросам внешнеэкономической деятельности нефтесервисной компании Novas Energy Services, вице-президент по международному сотрудничеству и молодежной политике Международной академии технологических наук (MATH). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4638-5623>; Author ID: 850416; eLIBRARY SPIN-код: 1500-2438; Web of Science Researcher ID: C-7959-2019; Scopus Author ID: 57195059657. E-mail: m.chernyaev@mail.ru

Research article

Risks and benefits of small hydropower development: Chinese experience and Russian practice

Maksim V. Chernyaev

NRA International GmbH
Wipplingerstraße 34, Vienna, A-1010, Republic of Austria

Abstract. The inevitable depletion of traditional energy sources attracts a strong interest in the development of renewable energy technologies around the world. Territorial features and abundance of water resources in Russia have a great potential for small hydropower development, but statistics show that there is no high practical interest in this area. A comparative analysis of the features of the Russian and Chinese energy systems indicates the presence of certain problems in the small hydropower industry of Russia connected with the lack of

a strategic understanding of the prospects for the development of the industry at the state level. This situation naturally leads to an increase in investment risks. The purpose of the present research is to determine the conditions that can make the construction of small hydropower plants attractive to investors and lead to the formation of the market of the appropriate technological equipment. Official statistics, planning documents, expert publications in the media and scientific magazines, as well as the author's comparisons of the Russian and Chinese small hydropower regulation measures have been used in the process of analyzing the Russian energy development.

Keywords: small hydropower, solar power, wind power, renewable energy sources, alternative energy sources, green energy, energy production

References

- Abd-El Monsef, H., Smith, S.E., & Darwish, K. (2015). Impacts of the Aswan High Dam After 50 Years. *Water Resour. Manag.* 29, 1873–1885. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-0916-zs>
- Ashourian, M.H., Cherati, S.M., Mohd Zin, A.A., Niknam, N., Mokhtar, A.S., & Anwari, M. (2013). Optimal green energy management for island resorts in Malaysia. *Renewable Energy, Elsevier*, 51(C), 36–45. Retrieved December 20 2019 from <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v51y2013icp36-45.html>
- Basir Khan, M.R., Jidin, R., Pasupuleti, J., & Shaaya, S.A. (2015). Optimal combination of solar, wind, micro-hydro and diesel systems based on actual seasonal load profiles for a resort island in the South China Sea. *Energy, Elsevier*, 82(C), 80–97. Retrieved December 20 2019 from <https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v82y2015icp80-97.html>
- Chernyaev, M., Grigorieva, E., Kreidenko, T., & Rodionova, I. (2019). Methodology of the process of improving the support tools for fuel and energy complex within the context of achieving energy efficiency and energy independence of the region. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1), 250–261.
- Deepak, K., & Katoch, S.S. (2015). Sustainability Suspense of Small Hydropower Projects: A Study from Western Himalayan Region of India. *Renewable Energy*, 76, 220–233.
- Fortov, V., & Popel, O. (2013). Vozobnovljaemye istochniki jenergii v mire i v Rossii [Renewable energy sources in the world and in Russia]. *Jenergeticheskij vestnik*, 16, 20–31. (In Russ.)
- Gomonov, K.G., Sipakova, P.O., & Chapurnaya, A.P. (2019). Introduction of microgeneration and energy-saving technologies within the concept of green economy: Foreign experience and Russia. *RUDN Journal of Economics*, 27(3), 442–454. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-3-442-454>
- Grechukhina, I.A., Kudryavtseva, O.V., & Yakovleva, E. Yu. (2016). Jeffektivnost' razvitiya rynka vozobnovljaemyh istochnikov jenergii v Rossii [The efficiency of the development of the market of renewable energy sources in Russia]. *Jekonomika regiona*, 4(12), 1167–1177. doi: 10.17059/2016-4-18. (In Russ.)
- Hennig, T., & Harlan, T. (2018). Shades of green energy: Geographies of small hydropower in Yunnan, China and the challenges of over-development. *Global Environmental Change*, 49, 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.010>
- Jiang, S.Y., Zeng, H.P., & Cao, M.X. (2015). Effects of hydropower construction on spatial-temporal change of land use and landscape pattern. A case study of Jing Hong, Yunnan, China. *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Energy and Environmental Science (Zhuhai)* (pp. 1–7). <https://doi.org/10.2991/icaees-15.2015.20>
- Orakhelashvili, M. (2010). *Problemy razvitiya maloy gidroenergetiki. Povysheniye nadezhnosti i effektivnosti ekspluatatsii energeticheskikh ustanovok i energeticheskikh system* [Problems of small hydropower development. Improving the reliability and operational efficiency of power plants and power systems]: Conference Proceedings. Retrieved October 25 2019 from www.energy2010.mpei.ru

- Riva, F., Ahlborg, H., Hartvigsson, E., Pachauri, S., & Colombo, E. (2018). Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling. *Energy for Sustainable Development*, 43, 203–223. Retrieved December 20 2019 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S097308261731390X?via%3Dihub>
- Serhat, K. (2014). Environmental risk assessment of small hydropower (SHP) plants: A case study for Tefen SHP plant on Filyos River. *Energy for Sustainable Development*, 19(1), 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.12.010>
- Small Hydropower Development and Electrification Bureau of the Ministry of Water Resources. (2017). *National Statistical Annual Report on Small Hydropower*. Beijing: China Statistics Press.
- State information system in the field of energy conservation and energy efficiency. (2017). The development of small hydropower in Russia, 2017. Retrieved December 25 2019 from <https://gisee.ru/articles/small-hydro/24512/>
- United Nations Industrial Development Organization (Vienna), International Center on Small Hydro Power (Hangzhou). *The World Small Hydropower Development Report 2016*. Retrieved January 12 2020 from <http://www.smallhydroworld.org/menu-pages/reports/2016/>
- Wang, J.-H., Tseng, S.-W., & Zheng, H. (2015). The paradox of small hydropower: Local government and environmental governance in China. *The Journal of Development Studies*, 51, 1475–1487. <https://doi.org/10.1080/00220388.2014.973860>
- Wu, Y., Wang, Y., & Chena, K. (2017). Social sustainability assessment of small hydropower with hesitant PROMETHEE method. *Sustainable Cities and Society*, 35, 522–537. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.034>
- Yasinsky, V.A. (2011). Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya maloj gidrojenergetiki v stranah SNG [Current status and development prospects of small hydropower in the CIS countries]. *Otraslevoe obozrenie*, 14, 21–25. (In Russ.)
- Zhang, S., Andrews-Speed, P., & Ji, M. (2014). The erratic path of the low-carbon transition in China: Evolution of solar PV policy. *Energy Policy*, 67, 903–912. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.063>

Article history:

Received: 20 January 2020

Revised: 2 February 2020

Accepted: 13 March 2020

For citation:

Chernyaev, M.V. (2020). Risks and benefits of small hydropower development: Chinese experience and Russian practice. *RUDN Journal of Economics*, 28(2), 300–314. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2020-28-2-300-314>

Bio note:

Maksim V. Chernyaev, PhD, Associate Professor, expert on CIS and Russia “NRA International GmbH” (Austria, Vienna), adviser on foreign economic activity of the oil service company “Novas Energy Services”, Vice President of International Cooperation and Youth Policy of the International Academy of Technological Sciences (MATN). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4638-5623>; Author ID: 850416; eLIBRARY SPIN-код: 1500-2438; Web of Science Researcher ID: C-7959-2019; Scopus Author ID: 57195059657. E-mail: m.chernyaev@mail.ru