

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОСВОЕНИЮ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МАЛЫХ РЕК РОССИИ

© 2012 г. **Л.К. Малик**

Институт географии Российской академии наук, Москва

Ключевые слова: малые реки, малые гидроэлектростанции, концептуальная схема развития малой гидроэнергетики, энергодиалог ЕС–Россия.



Анализируются возможности создания малых гидроэлектростанций на малых реках с учетом их экономических и социально-экологических преимуществ, безопасности и ряда факторов, осложняющих их эксплуатацию. Приводится разработанная автором Концептуальная схема развития малой гидроэнергетики, блоки которой содержат мероприятия и рекомендации, необходимые при проектировании и строительстве малых ГЭС. Сформулированы главные задачи создания малых ГЭС.

В РФ в настоящее время функционирует мощный водохозяйственный комплекс, обеспечивающий потребности различных отраслей хозяйства и населения в водных ресурсах. Существенную роль в этом комплексе играют малые реки, значение которых выросло в последние годы в связи с перспективами освоения их гидроэнергетического потенциала.

Однако, единой точки зрения о том, что такое «малая» река пока нет. Имеют место различные подходы к ее определению, прежде всего использование количественных критериев для классификации рек по ряду гидрографических характеристик – площади водосбора (не более 200 км²), длине реки (не более 100 км), а также расположению водосбора в одной географической зоне и т. д. Подчеркиваются особенности формирования стока малых рек (под влиянием местных факторов) и отличие его в результате этого от зональной климатической величины. Предлагается выделять малые реки по абсолютным характеристикам водности и однородности природных условий водосбора [1].

Существует определение малой реки в зависимости от минимального стока. В этом случае в качестве критерия используется наибольшая (критическая) площадь бассейна, при которой прекращается заметное изменение модуля минимального 30-дневного стока с ростом площади бассейна, т. е. при достижении условий полного дренирования рекой питающих ее водоносных горизонтов. Диапазон критических площадей для рек, считающихся малыми, для зимнего и летне-осеннего сезонов составляет 800–2500 км². На территориях с наличием систематически пересыхающих или перемерзающих рек к малым относят реки с площадью бассейна до 5000–10 000 км² [2].

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02-77 «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов» у малой реки площадь водосбора не превышает 2 тыс. км², а средний многолетний сток в период низкой межени не выше 5 м³/с.

Рассмотренные определения малых рек не учитывают возможного хозяйственного использования их водосборов. В связи с этим представляется заслуживающим внимания предложение Ю.С. Васильева и Н.И. Хрисанова [3] о применении экономических критериев, не отражающих направление экономической специализации, но предусматривающих учет хозяйственного использования водосборов. Последнее, по мнению указанных авторов, для малых рек ограничивается территорией максимум до 23 тыс. км², т. е. может охватывать до 10 административных районов. Таким образом, малые реки могут удовлетворять хозяйственные потребности районного и межрайонного масштабов.

При использовании малых рек для энергетики важна градация малых гидроэлектростанций (МГЭС) по мощности электростанций. Однако на этот счет существует также много различных мнений и применяемых градаций [4]. Верхняя граница мощности МГЭС принимается равной от 1,5 до 30 МВт. Чаще всего к МГЭС относят ГЭС с мощностью не выше 5 МВт (Австрия, Индия, Испания, Канада, Франция, ФРГ и др.). В Италии, Норвегии, Швейцарии, Швеции малыми гидроэлектростанциями считают ГЭС мощностью до 2 МВт. По данным ООН к микроГЭС относят гидроэлектростанции мощностью менее 0,1 МВт, миниГЭС – 0,1–1,0 МВт и малым ГЭС – 1–10 МВт. Комитет ООН по промышленному развитию относит к категории малых ГЭС гидроэлектростанции мощностью до 5 МВт. По предложению КНР в странах Юго-Восточной Азии к малым относят ГЭС с установленной мощностью менее 12 МВт или оборудованные агрегатами единичной мощности до 6 МВт. Энергетическая организация латиноамериканских стран считает малыми станции до 10 МВт. В США, где государством стимулируется развитие малой гидроэнергетики, трижды менялось ограничение мощности МГЭС — сначала до 5 МВт, затем до 13 МВт, а в 1980 г. до 30 МВт.

Таблица. Экономический потенциал различных видов ВИЭ в России (по данным Э.Э. Шпильрайн [6])

<i>ВИЭ</i>	<i>Экономический потенциал, млн т у.т./год</i>
Геотермальная энергия	115
Малые гидроустановки	65,2
Биомасса	3,5
Солнечная энергия	12,5
Энергия ветра	10
Низкопотенциальное тепло	36

В России максимальная мощность одного агрегата на МГЭС принята равной 10 МВт, общая максимальная мощность – не более 30 МВт, нижний предел мощности – 50 кВт, ГЭС меньшей мощности относят к микроГЭС. Кроме того, ГЭС различаются по напору, среди них МГЭС, которые могут иметь низкий, средний и высокий напоры, равные, соответственно – менее 25 м, 25–130 м, более 130 м, по степени автоматизации – полуавтоматизированные, автоматизированные (без дежурного персонала). При этом МГЭС могут иметь водохранилища, т. е. работать на зарегулированном стоке или работать без подпора на естественном стоке (в режиме реки).

Строительство и восстановление гидроэлектростанций на малых реках является одним из наиболее перспективных направлений использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России (см. таблицу). При этом экономический потенциал МГЭС превышает потенциал таких видов нетрадиционной энергетики как ветер, солнце вместе взятые и составляет около 70 млн тонн условного топлива в год (т у.т./год) [5].

В последние годы роль малых ГЭС (мощностью менее 30 МВт) выросла в связи с дефицитом органического топлива, необходимостью электрификации изолированных сельских и промышленных потребителей, большими затратами на транспортировку дизельного топлива в отдаленные районы с рассредоточенными потребителями энергии, не доступными для получения электроэнергии по линиям электропередач.

Ряд проблем создания МГЭС на малых реках России, большинство из которых являются верхними звеньями и истоками крупных речных систем, рассматривался ранее [7–10]. Напомним, малые реки длиной до 100 км преобладают в гидрографической сети по числу и общей длине – из 3 млн рек на территории бывшего СССР 2,9 млн – малые реки, 94 % длины речной сети России – малые водотоки. Их сток колеблется от 25 до 85 % и составляет в среднем около 50 % общего стока рек. В водохозяйственном балансе сток малых рек невелик – около 25 %, а безвозвратное потребление

ние водных ресурсов из них – около 22 %. Однако значение малых рек в жизни общества трудно переоценить в связи с их исключительной ролью в удовлетворении потребностей экономики в водных ресурсах и охватом их бассейнами значительных территорий. Большая ландшафтообразующая роль малых рек определяется во многом эрозионно-транспортирующей способностью водных потоков, зависящей от уклонов, водности реки и т. д. Малые реки – важная составляющая среды обитания значительной части населения. На их водосборах и в прибрежных зонах сосредоточено до 44 % городских жителей и 90 % сельских, 127 тысяч малых рек используется для нужд населения и хозяйственного комплекса. Это определяет в значительной степени сильное антропогенное воздействие на водные ресурсы малых рек и их общее состояние. Малые реки – приемники наносов и растворенных веществ, удобный тракт для удаления сточных вод, которые они транспортируют в большие реки. В связи с этим велико значение малых рек в возникновении экологических, экономических и социальных проблем в бассейнах крупных рек. В настоящее время состояние многих малых рек остается неудовлетворительным – уменьшается водоносность, ухудшается водный режим, снижается качество воды, особенно в маловодные годы и сезоны и т. д. Малые реки – наиболее ранимое звено речной системы. Поэтому рассмотрение перспектив освоения гидроэнергетического потенциала малых рек требует чрезвычайно осторожного подхода и взвешенной оценки позитивных и возможных негативных последствий создания ГЭС.

В лаборатории гидрологии Института географии РАН автором статьи разработаны концептуальные подходы к решению проблем использования малых рек для целей энергетики. Концептуальная схема развития малой гидроэнергетики, представленная на рисунке, отражает преимущества МГЭС, комплекс решаемых при эксплуатации задач и требуемые для их выполнения мероприятия. Большое внимание сосредоточено на остро необходимых научно-организационных, законодательных и нормативно-правовых мероприятиях и анализе факторов, сдерживающих проектирование и строительство МГЭС.

Развитие малой гидроэнергетики должно быть тесно связано с улучшением состояния малых рек. Создаваемые плотины и водохранилища не только не должны нарушать жизнедеятельность малых рек, а напротив, содействовать их возрождению. С этой целью необходима разработка водоохранных мероприятий с учетом потребностей в водных ресурсах ближайших промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий. Расчистка, спрямление, углубление русел и ряд других мероприятий должны помочь контролировать глубину малых рек, режим поемности, степень зарастания и отложения наносов. Углубление и расширение рек позволяют



вскрыть родники и увеличить приток чистой воды. Таким образом, восстановление малых рек, помимо экономического, имеет важный социальный аспект: чистые реки с живой водой – это признак здорового общества и благополучной экологии.

Не менее острой проблемой является безопасное функционирование МГЭС. Наиболее распространенным видом аварий на плотинах ГЭС, особенно малых, является перелив воды через гребень плотин, вызванный прохождением паводков с расходами воды выше расчетных, т. е. связанный с ошибками проектантов, отказом водосбросного гидромеханического оборудования, недостатками в работе технического персонала, плохой освещенностью рек данными гидрологических наблюдений.

Поясним содержание блоков Концептуальной схемы развития малой гидроэнергетики (см. рисунок).

Преимущества:

I. Экономические. Позволяют электрифицировать отдаленные районы с рассредоточенными потребителями энергии, недоступными для ее получения по линиям электропередач. Эффективны в составе объединенных энергосистем в качестве надежного маневренного источника энергии. Обеспечивают водными ресурсами различные отрасли хозяйства в разных частях бассейнов. Снижают трудозатраты при строительстве и эксплуатации гид-

роузлов. Экономят органическое топливо и затраты на его транспортировку. Не требуют больших капиталовложений, облегчают поиски инвесторов. Гарантируют быстрый возврат инвестиций при типовых проектах и унификации деталей сооружений, небольших сроках строительства. Обеспечивают поэтапное распределение капитальных вложений при поочередном возведении гидроузлов и постепенном по мере надобности наращивании регулирующей мощности. Отсутствие федерального финансирования на развитие систем энергоснабжения делает строительство МГЭС задачей регионов и местных энергосистем, что дополнительно подтверждается надежностью конструкций, гибкостью эксплуатации и малыми затратами на их обслуживание. Дают возможность финансировать строительство и эксплуатацию гидроузлов через потребителей энергии и инвестиции на местах. Дополнение крупномасштабной энергетики малой повышает надежность электроснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек.

II. Социально-экологические. Отвечают критериям оптимальности – удовлетворяют потребности человека при минимальном воздействии на окружающую среду благодаря небольшим затоплениям и подтоплениям, особенно в горных районах с устойчивыми к размыву руслами. Отличаются сравнительной простотой подготовки ложа водохранилищ к затоплению. Не препятствуют водообмену в речных системах благодаря мелководности и небольшому объему водохранилищ. Оказывают наименьшее влияние на водный и другие виды режима малых рек, особенно при расположении водохранилищ в пределах русел рек, бесплотинном варианте конструкций гидроузлов и др. Способствуют переводу поверхностного стока в устойчивый подземный. Имеют ярко выраженную тенденцию затухания переработки берегов в противоположность крупным водохранилищам за исключением отдельных периодов, связанных с колебаниями водности рек. Не требуют переселения жителей, не нарушают охотничьих угодий, не вносят изменений в образ жизни коренных малочисленных народов. Способствуют возрождению и подъему национальной экономики, базирующейся на традиционных отраслях хозяйства. Эффективны и безопасны в экологическом отношении при снабжении электроэнергией возрождаемых факторий и новых национальных поселков. Водоохранилища МГЭС интенсивно используются для рыбозаведения, рекреации, организации курортных зон и охотничьих хозяйств.

Создание МГЭС:

III. Проблемы безопасности. Способствуют повышению уровня жизни и безопасности населения в суровых по природным условиям отдаленных районах. Являются энергетическим резервом стратегически

важных объектов, обеспечивают преодоление энергетического коллапса при чрезвычайных ситуациях на лидирующих энергопроизводящих предприятиях. Повышают безопасность снабжения населения электричеством и теплом в случае непредвиденного аварийного или преднамеренного отключения крупных энергосистем. Основные причины разрушения МГЭС – перелив воды через гребень плотин вследствие прохождения нерасчетных паводков, отказа гидромеханического оборудования, ошибок обслуживающего персонала, плохой освещенности водного режима малых рек данными гидрометеорологических наблюдений. Непосредственный ущерб от повреждения МГЭС несравнимо меньше, чем от крупных энергообъектов. МГЭС не провоцируют наведенную сейсмичность и более безопасны при землетрясениях. Сравнительная безопасность МГЭС для природных систем и самих сооружений, небольшая стоимость и сроки строительства, техническая доступность согласуется с целями ЮНЕСКО в области гидрологии, охраны окружающей среды, разработки новых методов эксплуатации энергетических ресурсов и сохранности энергообъектов.

IV. Факторы, осложняющие проектирование, строительство и эксплуатацию. Недостаточная изученность режима малых рек, вследствие слабой освещенности данными гидрологических наблюдений. Отсутствие современных методов оценки стока неизученных малых рек. Незавершенность методики и затрудненность прогноза различных сторон воздействия МГЭС на природную среду. Недостаточное развитие способов определения эффективности малой гидроэнергетики, установления ее преимуществ и недостатков, экономически и экологически обоснованных масштабов развития. Частичная или полная потеря регулирующей емкости вследствие заиления водохранилищ, нарушение баланса наносов из-за их отложения в водоемах и активности руслоформирующих процессов в нижних бьефах. Необеспечение гарантированной выработки энергии вследствие резкого падения энергоотдачи зимой и в летнюю межень, приостановка работы в случае замерзания или пересыхания рек. Задержка строительства гидроузлов из-за возможных потерь рыбного хозяйства при отсутствии рыбоходов на нерестовых реках.

Необходимые мероприятия:

V. Научно-организационные. Изучение режима малых рек, уточнение их гидроэнергетического потенциала и потребностей в электроэнергии. Продолжение обследования действующих и выведенных из эксплуатации МГЭС, установление целесообразности восстановления, модернизации и увеличения мощности. Завершение создания базы данных о ГЭС на малых реках для всей территории РФ. Совершенствование

ние технологий, отказ от индивидуального проектирования, серийный выпуск надежного унифицированного оборудования, автоматизация управления станциями. Организация системы мониторинга, разработка методов прогноза последствий создания МГЭС, районирование территории России по степени возможных экологических последствий строительства гидроузлов, составление оптимальных схем размещения малых электростанций. Изучение ландшафтных особенностей районов строительства МГЭС, т. к. создание станций не является лишь русловой задачей, решаемой в пределах долин рек. Использование при размещении гидроузлов карт ландшафтно-экологического районирования (ИГРАН), позволяющих выявить районы со слабыми малоустойчивыми ландшафтами, требующими особой осторожности при освоении. Сохранение жизнедеятельности малых рек (водохранилища не должны превышать 20–30 % объема среднего годового стока реки), соблюдение определенных критериев скорости течения и водности потока ниже плотины; обязательная расчистка русел и другие мероприятия, помогающие контролировать их глубину, режим поемности, степень зарастания и отложения наносов. Предотвращение эрозии берегов и загрязнения рек сточными водами. Создание водоохраных зон при строительстве или восстановлении МГЭС, благоустройство побережий, организация заповедных территорий и объектов рекреации. Снижение или исключение потерь рыбного хозяйства путем создания конструкций бесплотинных ГЭС, природоимитирующих рыбоходов и др. Строительство в горных районах подземных ГЭС, отвечающих условиям безопасности при стихийных воздействиях. Осуществление технических мероприятий, обеспечивающих безаварийную работу МГЭС, сохранение водонепроницаемости и фильтрационной прочности сооружений, устройство качественных водосбросов, готовых к пропуску экстремальных расходов воды (например, водосбросных систем «Гидроплюс»), сооружение надежных по гидравлическим условиям конструкций переливных грунтовых плотин без специальных затворов со ступенчатым откосом, обращенным к нижнему бьефу. Популяризация и разъяснение задач и выгод от энергопроектов для формирования общественного мнения и экономической заинтересованности регионов в МГЭС с учетом взаимоотношений с природной средой различных социальных и этнических групп населения.

VI. Законодательные, финансовые и нормативно-правовые. Принятие закона РФ о возобновляемой энергетике, сопровождаемого пакетом мер и постановлений Правительства по его государственной поддержке. Разработка и принятие, наряду с общим законом о ВИЭ, законов РФ

прямого действия, в том числе «О малой энергетике», предусматривающего механизмы стимулирования строительства МГЭС. Использование системы мер Киотского протокола для законодательной поддержки ВИЭ. Привлечение опыта интенсификации ВИЭ странами ЕС с учетом экономических, экологических и социальных особенностей России. Экономическая поддержка развития ВИЭ: введение специальных закупочных тарифов на электроэнергию от возобновляемых энергоисточников, осуществление благоприятной налоговой и кредитной политики, упрощение получения разрешений на строительство и создание льготных условий для инвестирования. Составление региональных энергетических кадастров и программ развития малой гидроэнергетики, согласованных с местными органами самоуправления, привлечение хозяйственных предприятий и независимых частных инвесторов, организация региональных инвестиционных фондов. Отказ от преференций в пользу ВИЭ после достижения сопоставимого с традиционной энергетикой уровня себестоимости производимой энергии и перевод их в обычный конкурентный режим. Либерализация рынка электроэнергетики и свободное ценообразование, связанное с демополизацией и созданием условий для свободной конкуренции с участием малой энергетики. Финансирование научно-исследовательских работ, обеспечивающих технологический прогресс, экологическую безопасность и снижение стоимости ВИЭ. Расширение подготовки квалифицированных кадров в области ВИЭ.

На неохваченных систематическими наблюдениями малых реках трудности в установлении экстремальных расходов воды заключаются, прежде всего, в малых сроках, отводимых на исследования к проектам. В этот короткий период изыскатели могут не зафиксировать экстремальные расходы. Особенно опасно отсутствие значений наивысших дождевых паводков, обладающих большой нерегулярностью, что не дает возможности установить их обеспеченность. В этих случаях привлекают наблюдения на соседних малых реках, используя метод аналогий или региональные расчетные методы.

Наиболее эффективно создание малых гидростанций на горных реках с устойчивыми к размыву и подтоплению валунно-галечниковыми руслами и каменистыми склонами долин. Нередко для строительства МГЭС используются верхние участки ледниково-троговых долин с плоскими днищами и крутыми бортами, чередующимися с участками пологих склонов, благоприятными для образования емкостей. Но в бассейнах многих горных рек нередко формируются снежные лавины, массовый сход которых зависит от рельефа, количества зимних осадков и сильных ветров. Конусы выноса некоторых лавин полностью перекрывают русла рек плотным снегом,

смешанным с камнями и деревьями. Такая плотина вызывает прекращение стока реки на одни-двое суток и более. При прорыве снежного завала снежно-водяной вал, насыщенный льдом и шугой, скопившихся выше запруды, устремляется вниз по течению реки на десятки километров. На своем пути он сносит зажоры, взламывает ледяной покров и расположенные ниже снежные завалы. Расходы воды при этом во много раз превышают бытовые зимние расходы. Некоторые исследователи называют подобные прорывные волны ледо-селевыми потоками.

Зимний режим малых рек и ледовые явления, а также сезонные маловодья приводят к тому, что МГЭС не всегда обеспечивают гарантированную выработку энергии и являются сезонными электростанциями, требующими дублирующих источников энергии. В связи с этим изучаются возможности совместной работы в оптимальном режиме единого комплекса МГЭС, ветровых и солнечных установок для компенсации свойственных этим энергоисточникам суточной и сезонной неравномерности в выработке энергии. Так, на севере Европейской части России ветроэнергетический парк «Заполярный», состоящий из 10 ветроагрегатов и входящий в состав местной энергосистемы, обеспечивает электроснабжение насосной станции Усинского гидроузла.

При осуществлении мероприятий по развитию нетрадиционной энергетики Россия может в определенной степени использовать опыт стран Европейского Союза. В 2000 г. был начат энергодиалог ЕС – Россия в области возобновляемых источников энергии. Его первым результатом было создание Технологического центра для усиления сотрудничества в энергетическом секторе между ЕС и РФ. Ряд международных круглых столов, организованных ЕС, Интерсоларцентром и Технологическим центром в представительстве ЕС в Москве, был посвящен актуальным проблемам развития ВИЭ и конкретным проектам, в том числе МГЭС.

На одном из круглых столов обсуждалась тема «Малая гидроэнергетика России – проблемы и перспективы, возможности международного сотрудничества». В заседании приняли участие представители проектных организаций, региональных властей энергодефицитных районов, предприятий, выпускающих оборудование для МГЭС, научных организаций – МГУ (географический факультет), Института географии РАН (в лице автора статьи), а также эксперты, бизнесмены, пресса и др. Со стороны ЕС с докладами выступили Президент Европейской Ассоциации малой гидроэнергетики (ESHNA) Бернард Пеликан, затронувший экологические аспекты строительства МГЭС, и Генеральный секретарь Европейского Совета по возобновляемой энергетике (EREC) Кристина Линс, сообщившая о развитии Малой гидроэнергетики в странах ЕС в последние годы. Всего в работе круглого

стола участвовало около 60 специалистов, в т. ч. из Великобритании, Бельгии, Австрии, Германии, Греции, Боснии и Герцеговины, выступивших с докладами и в прениях. Было отмечено, что Россия обладает передовыми технологиями в малой гидроэнергетике и производит высококачественное оборудование для МГЭС, поддержаны конкретные российские проекты МГЭС в Дагестане, Северной Осетии, Калининградской области и др. В рекомендациях круглого стола отмечается отсутствие в России законодательной базы для развития ВИЭ – закона, который стимулировал бы использование малых рек, а также необходимость государственной поддержки проектов малых гидроэлектростанций и разработки национальных и региональных программ развития малой гидроэнергетики. Рекомендации круглых столов и часть представленных докладов опубликованы в специальных выпусках информационного бюллетеня «Возобновляемая энергия» за май и октябрь 2005 г. [11, 12].

Обсуждение ряда дискуссионных вопросов показало, что дальнейшее развитие малой гидроэнергетики требует объединения усилий организаций, предприятий и специалистов данной отрасли и взаимодействия с организациями других стран, имеющих положительный опыт создания МГЭС.

Стратегия ЕС в области развития возобновляемой энергетики изложена в Белой книге «Энергия для будущего. Возобновляемые источники энергии» [13]. В книге приведен План действий ЕС по развитию ВИЭ, особенно тех из них, которые получают широкое распространение в будущем, и определены три ключевые цели энергетической политики – повышение конкурентоспособности, надежность электроснабжения, энергетическая безопасность и защита окружающей среды.

В марте 2006 г. Европейская Комиссия опубликовала «Зеленую книгу по энергетике», призванную привлечь внимание к острым проблемам этой отрасли – необходимости снижения энергопотребления на 20 %, чтобы уменьшить расходы на энергоснабжение на 60 млрд евро [14]. С этой целью предлагается широкий спектр мер политического и экономического характера, а также их обсуждение и принятие в конечном итоге конкретного плана действий и идентификация наиболее эффективных мер, в т. ч. увеличение в энергобалансе к определенному сроку заданной доли возобновляемых источников энергии.

Выводы

Строительство МГЭС рационально там, где социально-экономические условия и перспективы развития производительных сил региона не

требуют создания большой энергетики и малые электростанции могут обеспечить местное энергоснабжение отдельных предприятий, городов и поселков.

Малая энергетика может развиваться и параллельно крупным ГЭС, если передача энергии последних на расстояние затруднена. Дополнение крупномасштабной гидроэнергетики малой повышает надежность энергоснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек.

МГЭС играют большую роль в создании условий для бесперебойной подачи электроэнергии при природных и техногенных авариях, в т. ч. при преднамеренных разрушениях энергосистем (войны, этно-социальные конфликты, теракты).

Решение проблемы энергообеспечения с помощью МГЭС соответствует экологизации проектов ГЭС (снижение площадей и зон затопления и подтопления, минимальное воздействие на окружающую природную среду, сохранение условий жизнедеятельности коренных народов и условий обитания представителей животного мира).

Меньшая стоимость МГЭС, небольшие объемы водохранилищ, сокращение сроков строительства и окупаемость затрат, а главное – существенно большая безопасность эксплуатации и менее значительные социально-экологические последствия свидетельствуют о перспективности в ближайшем будущем развития этого вида электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтунин В.С., Дмитрук В.И., Панкратов В.Ф. Изучение, использование и охрана малых и средних рек // Гидротехническое строительство. 1988. № 9. С. 28–31.
2. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 214 с.
3. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Л.: ЛГУ, 1991. 343 с.
4. Волишник В.В. О классификации и терминологии речных гидроэлектростанций // Гидротехническое строительство. 2000. № 1. С. 46–49.
5. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: состояние, проблемы, перспективы // Малая энергетика. 2008. № 1–2. С. 3–20.
6. Шпильрайн Э.Э. Возобновляемые источники энергии и их перспективы для России // Энергетика России. Проблемы и перспективы. Труды науч. Сессии РАН. М.: Наука, 2006. С. 284–292.
7. Малик Л.К. Проблемы эксплуатации и безопасности объектов энергетики в условиях меняющегося климата // Известия РГО. 2002. Т. 134. Вып. 6. С. 42–56.
8. Малик Л.К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности. М.: Наука, 2005. 354 с.
9. Малик Л.К. Нетрадиционная энергетика в свете задач устойчивого развития общества. Проблемы экологии и безопасности // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций (научно-информ. сборник РАН и МЧС). М.: ВИНТИ, 2007. № 6. С. 3–17.

10. Малик Л.К. Малая гидроэнергетика России и Киотский протокол // Известия РАН. Серия геогр. 2011. № 2. С. 103–112.
11. Лине Кристина, Мария Лагуна. Освоение потенциала малых рек. Прогресс малой гидроэнергетики в развивающихся странах // Возобновляемая энергия, май 2005. С. 12–16.
12. Malik L.K. Kyoto protocol and perspectives of small hydropower development in Russia // Renewable Energy. October 2005. P. 15–16.
14. White Paper for Community Strategy and Action Plan «Energy for the Future: Renewable Sources of Energy» 2000. Режим доступа: <http://www.agores.org/policy/com/strategy/white-paper/default.htm>
15. Зеленая книга по энергетике. Еврокомиссия, март 2006 г. // ЕС и Россия: обзор новостей. Ежемесячный бюллетень программы сотрудничества ЕС и России, апрель 2006.

Сведения об авторе:

Малик Лилия Константиновна, к. г. н., ведущий научный сотрудник, лаборатория гидрологии, Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН), Россия, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29; e-mail: NinaKononova@yandex.ru