**Малая гидроэнергетика России**

Владислав Ларин

**Определение понятий**

Под гидроэнергетикой понимают производство электроэнергии при помощи гидротурбин разной мощности, устанавливаемых на постоянных водотоках (чаще всего — в руслах рек). Как правило, создание гидроэлектростанции требует возведения плотины, в которой устанавливаются гидротурбины, но возможно также создание бесплотинных ГЭС.

Мы рассмотрим возможности производства энергии при помощи малых ГЭС и микро-ГЭС (МГЭС). В российской практике под микро-ГЭС подразумевают станции мощностью до 100 кВт, а под малыми — общей установленной мощностью до 30 МВт с мощностью единичного гидроагрегата до 10 МВт и диаметром рабочего колеса гидротурбины до 3 м.

Как считают эксперты, подобная классификация затрудняет расчет валового энергетического потенциала малой гидроэнергетики, поскольку не позволяет определить технические параметры гидроэлектростанции. При этом под валовым потенциалом ВИЗ понимается его средний годовой объем, содержащийся в данном ресурсе, при полном его превращении в полезную энергию. На эту проблему следует обратить внимание, поскольку все расчеты потенциала возобновляемых энергоресурсов базируются на моделях и методиках, определяющих точность конечного результата, а значит и эффективность применения конкретного энергоресурса в конкретных условиях.

В наиболее полной работе по оценке гидроэнергетических ресурсов СССР, опубликованной в 1967 г., к категории МГЭС относились все гидроэлектростанции, создаваемые на равнинных реках, имеющие валовой потенциал до 2.0 МВт и горных — до 1.7 МВт. Эти классификационные признаки считаются оптимальными, поскольку не относятся к техническим параметрам будущих ГЭС.

В большинстве случаев предполагается, что МГЭС устанавливаются на малых реках и водотоках. Хотя малые реки являются одним из наиболее распространенных типов водных объектов, единого подхода к их определению в настоящее время нет. Применяются различные критерии при определении понятия малая река (малый водоток).

Прежде всего используют количественные критерии. В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02-77,; у малой реки площадь водосбора не превышает 2000 км2, а средний многолетний сток в период низкой межени (минимальный уровень I воды) не превышает 5 м3/с. В то же время, согласно другой систематике, площадь водосбоpa малой реки не должна превышать 200 км2, а ее длина должна быть не более 100 км. Также есть примеры того, как при классификации учитывается возможность хозяйственного использования малых рек. Но единого, общепринятого подхода к определению понятия «малая река» в России нет.

**Достоинства и недостатки малой гидроэнергетики**

Как и любой другой способ производства энергии, применение малых и мини-ГЭС имеет как преимущества, так и недостатки.

Среди экономических, экологических и социальных преимуществ объектов малой гидроэнергетики можно назвать следующие. Их создание повышает энергетическую безопасность региона, обеспечивает независимость от поставщиков топлива, находящихся в других регионах, экономит дефицитное органическое топливо. Сооружение подобного энергетического объекта не требует крупных капиталовложений, большого количества энергоемких строительных материалов и значительных трудозатрат, относительно быстро окупается. Кроме того, есть возможности для снижения себестоимости возведения за счет унификации и сертификации оборудования.

В процессе выработки электроэнергии ГЭС не производит парниковых газов и не загрязняет окружающую среду продуктами горения и токсичными отходами, что соответствует требованиям Киотского протокола. Подобные объекты не являются причиной наведенной сейсмичности и сравнительно безопасны при естественном возникновении землетрясений. Они не оказывают отрицательного воздействия на образ жизни населения, на животный мир и местные микроклиматические условия.

Возможные проблемы, связанные с созданием и использованием объектов малой гидроэнергетики, менее выражены, но о них также следует сказать.

Как любой локализованный источник энергии, в случае изолированного применения, объект малой гидроэнергетики уязвим с точки зрения выхода из строя, в результате чего потребители остаются без энергоснабжения (решением проблемы является создание совместных или резервных генерирующих мощностей — ветроагрегата, когенерирующей мини-котельной на биотопливе, фотоэлектрической установки и т.д.).

Наиболее распространенный вид аварий на объектах малой гидроэнергетики — разрушение плотины и гидроагрегатов в результате перелива через гребень плотины при неожиданном подъеме уровня воды и несрабатывании запорных устройств. В некоторых случаях МГЭС способствуют заиливанию водохранилищ и оказывают влияние на руслоформирующие процессы.

Существует определенная сезонность в выработке электроэнергии (заметные спады в зимний и летний период), приводящая к тому, что в некоторых регионах малая гидроэнергетика рассматривается как резервная (дублирующая) генерирующая мощность.

Среди факторов, тормозящих развитие малой гидроэнергетики в России, большинство экспертов называют неполную информированность потенциальных пользователей о преимуществах применения небольших гидроэнергетических объектов; недостаточную изученность гидрологического режима и объемов стока малых водотоков; низкое качество действующих методик, рекомендаций и СНиПов, что является причиной серьезных ошибок в расчетах; неразработанность методик оценки и прогнозирования возможного воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность; слабую производственную и ремонтную базу предприятий, производящих гидроэнергетическое оборудование для МГЭС, а массовое строительство объектов малой гидроэнергетики возможно лишь в случае серийного производства оборудования, отказа от индивидуального проектирования и качественно нового подхода к надежности и стоимости оборудования — по сравнению со старыми объектами, выведенными из эксплуатации.

**Гидропотенциал России, его использование**

Согласно сделанным в начале 60-х годов XX века оценкам, СССР располагал 11.4% мировых гидроэнергетических ресурсов. Средняя годовая мощность гидроресурсов бывшего СССР оценивалась в 434 млн. кВт (3.800 млрд. кВт • ч отдачи энергии в год). Расчеты показывали, что технически возможно и экономически целесообразно получать около 1.700 млрд. кВ • ч электроэнергии, что более чем в 5 раз превышало выработку всех электростанций страны в тот период.

Основная часть этого гидропотенциала (74%) располагалась на территории Российской Федерации. Средняя годовая потенциальная мощность гидроресурсов России оценивалась в 320 млн. кВт (производство — 2.800 млрд. кВт • ч в год), из которых выработка более 1.340 млрд. кВт • ч в то время была технически возможна.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 1  Характеристики некоторых действующ их в России МГЭС | | | | | |
| Место расположения/назначение | Год создания | Тип | Установленная мощность (кВт) | Количество агрегатов | Общая мощность |
| Кировская обл./агроферма | 1993 | микро-ГЭС-10 | 10 | 2 | 20 |
| Адыгея/подача питьевой воды | 1994 | микро-ГЭС-10 | 10 | 5 | 50 |
| Адыгея/подача питьевой воды | 1998 | ГА-2 | 200 | 1 | 200 |
| Кабардино-Балкария/Акбаш | 1995 | ГА-8 | 550 | 2 | 1100 |
| Краснодарский край/Краснодарская ТЭЦ | 2003 | ГА-1 | 350 | 7 | 2450 |
| Республика Тыва/Уш Бельдыр | 1995 | микро-ГЭС-10 | 10 | 2 | 20 |
| Республика Тыва/пос. Кызыл Хая, р. Мочен-Бурен | 2001 | микро-ГЭС-50ПР | 50 | 3 | 150 |
| Республика Алтай/Кайру | 2002 | ГА-2М | 200 | 2 | 400 |
| Карелия/Киви-Койву | 1995 | микро-ГЭС-50Д | 20 | 3 | 60 |
| Карелия/Ланденпохский р-н | 1997 | микро-ГЭС-10 | 10 | 1 | 10 |
| Ленинградская обл./Лужский  завод | 1996  1999 | микро-ГЭС-50ПР  микро-ГЭС-10 | 50  10 | 1  1 | 50  10 |
| Башкирия/Таналыкское водохранилище | 1997 | микро-ГЭС-50ПР | 50 | 1 | 50 |
| Башкирия, пос. Табулды | 1997 | микро-ГЭС-10 | 10 | 1 | 10 |
| Башкирия/Узянское водохранилище | 1999 | микро-ГЭС-50ПР | 50 | 3 | 150 |
| Башкирия/Соколки | 2003 | микро-ГЭС-50ПР | 50 | 3 | 150 |
| Московская область, оз. Сенеж | 2004 | Ветро-МГЭС | 5 и 45 | 2 гидроагрегата  (5 и 45)  2 ветроагрегата  (10 и 10) | 70 |
| Ярославская обл. р. Нерль-Волжская | 2003 | Восстановительная МГЭС |  |  | 160 |
| При составлении таблицы использованы источники:  1) Бляшко Я.И., Опыт МНТО ИНСЭТ по созданию и эксплуатации Оборудования для микро- и малых ГЭС, периодический научно-технический журнал «Малая энергетика» № 1, 2004;  2) Малик Л.К. Проблемы и перспективы создания малых ГЭС на малых реках, периодический научно-технический журнал «Малая энергетика» № 1, 2004;  3) Историк Б.Л., Усачев И.Н., Шполянский Ю.Б., Малая нетрадиционная морская, речная и геотермальная энергетика, периодический научно-технический журнал «Малая энергетика» № 1, 2004. | | | | | |

Согласно современным оценкам, опубликованным специалистами НИИ энергетических сооружений, технически достижимый потенциал МГЭС России позволяет производить 357 млрд. кВт • ч в год.

По своему потенциалу гидроресурсы России сопоставимы с существующими объемами выработки электроэнергии всеми электростанциями страны, однако этот потенциал используется всего на 15%. В связи с ростом затрат на добычу органического топлива и соответствующим увеличением его стоимости, представляется необходимым обеспечить максимально возможное развитие гидроэнергетики, являющейся экологически чистым возобновляемым источником электроэнергии.

При оптимистическом и благоприятном вариантах развития выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях может возрасти до 180 млрд. кВт • ч в 2010 г. и до 215 млрд. кВт • • ч в 2020 г. с дальнейшим увеличением до 350 млрд. кВт • ч за счет сооружения новых гидроэлектростанций. Предполагается, что гидроэнергетика преимущественно будет развиваться в Сибири и на Дальнем Востоке. В европейских районах строительство МГЭС получит развитие на Северном Кавказе.

**Исторический экскурс**

В настоящее время гидроэнергетический потенциал практически полностью реализуется за счет больших и гигантских ГЭС. Вместе с тем, согласно имеющимся данным, в 1913 г. число действовавших в России ГЭС составляло 78 единиц, общей мощностью 8.4МВт. Крупнейшей из них была ГЭС на р. Мургаб, мощностью 1.35 МВт. Таким образом, согласно современной классификации, все действовавшие в то время ГЭС являлись малыми.

Менее чем через 30 лет — в 1941 г. в России работали 660 малых сельских ГЭС, общей мощностью 330 МВт. На 40-е и 50-е годы XX века пришелся пик строительства МГЭС, когда ежегодно в эксплуатацию вводились до 1000 объектов. По разным оценкам, к 1955 г. на территории Европейской части России насчитывалось от 4000 до 5000 МГЭС. А общее количество МГЭС в СССР после окончания Великой Отечественной войны составляло 6500 единиц.

Правда, уже в начале 50-х годов, в связи с переходом к строительству гигантских энергетических объектов и присоединением сельских потребителей к централизованному электроснабжению, это направление энергетики утратило государственную поддержку, что привело практически к полному разрушению и упадку созданной прежде инфраструктуры. Прекратилось проектирование, строительство, изготовление оборудования и запасных частей для малой гидроэнергетики.

В 1962 г. в СССР насчитывалось 2665 малых и микро-ГЭС. В 1980 г. их было около 100 с суммарной мощностью 25 МВт. А к моменту распада СССР в 1990 г. действовавших МГЭС оставалось всего 55. Согласно данным разных источников, в настоящее время по всей России действуют от нескольких десятков (60-70) до нескольких сотен (200-300) единиц.

Программой развития гидроэнергетики СССР до 2000 г. предусматривалось увеличение мощности действующих ГЭС почти в два раза. Предполагалось построить 93 новых гидроэлектростанции, затопить 2 млн. га плодородных земель и переселить с затопляемых территорий более 200 тыс. человек. (Малым ГЭС в этих планах места не нашлось.) Распад СССР и экономический кризис не позволили реализовать эти грандиозные планы.

В течение последних 10 лет доля вырабатываемой на гидростанциях электроэнергии в общем энергетическом балансе России снижается. В 1995 г. она составляла 21%, в 1996 г. — 18%, в 1997 г. — 16%. Это связано как с устареванием и износом оборудования на гидроэнергетических гигантах прошлого, так и с увеличением в энергобалансе страны доли более удобного энергоресурса — природного газа.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 2  Некоторые характеристики действующих в России МГЭС | | | | | | |
| Группа | Количество установок (по годам) | Общая установленная мощность (по годам) (МВт) | Общая располагаемая мощность (по годам) (МВт) | КИУМ\* (по годам) (%) | КИРМ\*\* (по годам) (%) | Расход электроэнергии на собственные нужды (% от выработки) |
| Малые ГЭС, принадлежащие АО Энерго | 41(2000)  41(2001) | 395.6(2000)  474.8(2001) | 343.3(2001) | 52.9(2000)  46.1(2001) | 63.8(2001) | 1.5(2001) |
| Малые ГЭС, не входящие в АО Энерго | 18(2000)  18 (2001) | 117.4(2000)  135.7 (2001) | 98.4(2001) | 45.5(2000)  37.8 (2001) | 52.1(2001) | 1.5(2001) |
| Всего | 59(2000)  59(2001) | 513.0(2000)  610.5(2001) | 441.7(2001) | 51.2(2000)  44.3(2001) | 60.0(2001) | 1.5(2001) |
| \* КИУМ — коэффициент использования установленной мощности.  \*\* КИРМ — коэффициент использования располагаемой мощности.  При составлении таблицы использованы источники информации:  1) Проблемы и перспективы развития вощзобновляемых источников энергии в России (материалы круглого стола), Российский союз нгаучных и инженерных обществ, Комитет Российского НИО по проблем ам использования возобновляемых источников энергии. Москва, 2003.  2) Вашкевич К.П., Маслов Л.А., Николаев В.Г. Опыт и преспективы развития ветроэнергии в России, периодический научно-технический жэурнал «Малая энергетика», № 1-2, 2005. | | | | | | |

По мнению экспертов, в ближайшем будущем выработка электроэнергии на гидростанциях будет увеличиваться. Это будет происходить преимущественно в регионах с децентрализованным электроснабжением за счет ввода в действие новых малых ГЭС, которые будут замещать устаревающие и неэкономичные дизельные электростанции.

**Место малой гидроэнергетики среди других ВИЗ**

В производстве электроэнергии малая гидроэнергетика России делит первенство с тепловыми электростанциями на биотопливе. Согласно имеющимся данным за 2002 и 2003 гг., на МГЭС и био-ТЭС было произведено примерно равное количество электроэнергии — по 2.4 млрд. кВт • ч (2002 г.) и по 2.5- 2.6 млрд. кВт • ч (2003 г.). То есть вклад каждого из этих ресурсов в выработку электроэнергии в России составлял менее 0.3%.

Общая установленная мощность 59 МГЭС, сведениями о которых мы располагаем, составляла 610 МВт в 2001 г. Согласно экспертным оценкам, в настоящее время этот показатель выше. При этом средние значения КИУМ для действующих МГЭС составляли 38-53%, а столь важный для расчета эффективности энергоустановки показатель, как расход электроэнергии на собственные нужды, не превышал 1.5%.

Принятая в 1997 г. Федеральная целевая программа «Топливо и энергетика» предусматривала ускорение создания МГЭС, но слабое бюджетное финансирование не позволило выполнить ее в полном объеме.

Несмотря на финансовые проблемы, производится строительство новых и восстановление действовавших прежде, но остановленных и частично разрушенных МГЭС. В большинстве случаев их строительство и ввод в эксплуатацию производится без участия средств федерального бюджета. Для этого привлекаются средства из местных бюджетов, средства спонсоров и инвесторов.

В новом строительстве преобладают микро-ГЭС с единичной мощностью агрегатов от 10 до 50 кВт, объединенные в системы по 2-5 единиц. Строятся малые ГЭС с единичной мощностью агрегатов от 200 до 550 кВт, объединенных в системы по 2-7 единиц.

Как правило, МГЭС создаются в удаленных районах, где существует проблема с завозом органического топлива (в большинстве случаев — дизельного топлива, реже — угля). В Адыгее построены 2 МГЭС мощностью 50 и 200 кВт, используемые для подачи питьевой воды. В Кабардино-Балкарии построена МГЭС мощностью 1100 кВт. В 2003 г. в Краснодарском крае установлены 7 гидроагрегатов по 350 кВт. В республике Тыва и на Алтае построены 3 МГЭС с агрегатами 10, 50 и 200 кВт, объединенные по 2-3 единицы. В Карелии и Ленинградской обл. — 4 мини-ГЭС с агрегатами от 10 до 50 кВт. В Башкирии также 4 мини-ГЭС с агрегатами от 10 до 50 кВт. Кроме этого были построены заново или восстановлены другие МГЭС.

**Ожидаемые сдвиги в энергобалансе**

По мнению экспертов, основное назначение МГЭС в ближайшие годы будет заключаться в замещении завозимого в удаленные регионы России органического топлива (в первую очередь — дизельного) с целью снижения расходов федерального бюджета и повышения эффективности и энергетической безопасности энергодефицитных регионов. Строительство МГЭС производится на охраняемых природных территориях и в местах с достаточно стабильным режимом водности малых водотоков.

Планируется создание 5 МГЭС на реках Корякского АО. Это позволит заместить в энергобалансе до 18 тыс. т дизельного топлива, что составляет 30% от общего объема, ежегодно завозимого в регион.

В Дальневосточном регионе в настоящее время действуют более 3000 дизельных электростанций (ДЭС) мощностью до 500 кВт. Электроснабжение региона полностью зависит от стабильности поставок дизельного топлива и качества оборудования для его сжигания. Стоимость как самого дизельного топлива, так и его доставки в настоящее время столь высока, что возникла срочная необходимость в его замещении другими энергоресурсами. Кроме того, износ оборудования большинства ДЭС так велик, что необходимо срочно решать вопрос стабильности электроснабжения региона.

В этих условиях организации, проектирующие МГЭС и производящие соответствующие обследования малых водотоков выявили более 200 мест для строительства МГЭС, что позволит, по приблизительным оценкам, производить до 1.5 млрд. кВт • ч электроэнергии в год. В соответствии с более поздними исследованиями, электроснабжение ряда населенных пунктов Дальнего Востока и Приморья может быть оптимизировано за счет строительства 7-8 МГЭС, расположенных вблизи потребителей и объединенных в местную энергосистему.

Реализация этих проектов поможет сократить объем завозимого в регион дизельного топлива на 28 тыс. т в год, что высвободит автотранспорт и сократит загрузку местных портов. Все это существенно увеличит энергетическую независимость Дальнего Востока и Приморья.

**Возможности восстановления разрушенных МГЭС**

В разных регионах России до настоящего времени встречаются руины МГЭС, которые еще в середине XX века снабжали населенные пункты и сельскохозяйственные предприятия электроэнергией. Проведенные в последние годы инженерные обследования разрушенных МГЭС показали, что на многих объектах сохранились бетонные сооружения, восстановление которых может быть экономически оправданно.

Среди преимуществ реконструкции и восстановления разрушенных МГЭС эксперты называют следующие: автономность снабжения местных потребителей электроэнергией, независимость от сетей РАО «ЕЭС России»; уменьшение расходов на создание местных линий электропередач; уменьшение нагрузки на локальные электрические сети РАО ЕЭС России; уменьшение расходов на дорогостоящее органическое топливо; экологическая чистота гидроэнергетики.

Начиная с 1995 г. в НИИ энергетического строительсва производят работы по созданию базы данных гидротехнических сооружений и МГЭС на малых реках Европейской части России. В настоящее время база данных содержит сведения о 200 подобных объектах на реках бассейна верхней и средней Волги, а также северо-запада России. По 100 объектам выполнено инженерное обследование сооружений. Ряд объектов имеет проектную документацию. Практически все гидротехнические объекты, включенные в базу данных, имели в составе гидроэлектрические установки. На реках строились каскады из 2- 6 МГЭС, которые формировали хозяйственную прибрежную инфраструктуру. Кроме того, каскады обеспечивали защиту от наводнений.

Специалисты НИИЭС провели обследования некоторых частично разрушенных МГЭС и выполнили технико-экономические обоснования их восстановления. Среди обследованных объектов Веселовская МГЭС (Ростовская обл.), Копылковская МГЭС (р. Великая, Псковская обл.), Петровская и Мирславльская МГЭС (р. Нерль, Ивановская обл.).

Для поиска оптимальных инженерно-технических решений по восстановлению МГЭС в 2003 г. была построена Хоробровская МГЭС (р. Нерль-Волжская, Ярославская обл.) мощностью 160 кВт, вырабатывающая 840 тыс. кВт • ч электроэнергии. Она была восстановлена как постоянно действующая опытно-экспериментальная база ОАО НИИЭС РАО «ЕЭС России» для испытания в натурных условиях новых технологий и оборудования для технического перевооружения гидроэнергетики — в т.ч. малой. Эта МГЭС работает в полностью автоматическом режиме как в отношении выработки электроэнергии, так и при пропуске паводков. На водосливной плотине МГЭС установлены экспериментальные автоматические затворы и Гидроплюс, выполненные при участии французских специалистов.

В 2004 г. на оз. Сенеж (Московская обл.) введена в эксплуатацию восстановленная малая гидроэнергетическая установка XIX века барона Кноппа, построенная на основе гидроэнергетических сооружений середины XVIII века. Гидроэнергетическое оборудование восстановленной МГЭС представляет собой ортогональную гидротурбину, позволяющую эффективно использовать низконапорные плотины, изготовленную на предприятии «Прометей» в подмосковном Чехове. В дополнение к МГЭС, на ее плотине установлены ортогональные энергетические ветроустановки с новой конструкцией аэродинамического торможения. Сочетание работы МГЭС и ветровых машин позволит оптимизировать производство электрической мощности, поставляемой в местную электросеть.

Суммарная мощность гидро-ветрокомплекса составляет 70 кВт. Он состоит из двух ветроагрегатов по 10 кВт и двух гидроагрегатов мощностью 45 и 5 кВт. В ходе испытаний предполагается проверить способность комплексной системы работать на сеть и на локальную нагрузку, что позволит использовать подобные энергокомплексы для электроснабжения потребителей в удаленных регионах.

В целом можно сказать, что малая гидроэнергетика в своем развитии испытывает те же проблемы, что и энерготехнологии на остальных возобновляемых источниках энергии. Если бы всего несколько процентов от тех субсидий, которые направляются из федерального бюджета на поддержку тепловой или атомной энергетики, или так называемого «северного топливного завоза», направлялись государственными структурами на развитие возобновляемой энергетики, — наша страна могла бы смотреть в будущее с гораздо большим оптимизмом.