



## СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МИРОВОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

*В работе приведен краткий обзор развития гидроэнергетики мира на современном этапе. Представлена динамика изменения производства и потребления электроэнергии, произведенной на ГЭС в различных регионах и странах мира, в последнее десятилетие. По итогам 2013 г. дана характеристика гидроэнергетических ресурсов Украины, описано состояние малой гидроэнергетики страны (станций мощностью до 10 МВт), и в том числе в сравнении со странами Восточной Европы.*

**Г**идроэнергетика является одним из важнейших источников электроэнергии. В мировом производстве электроэнергии ей принадлежит существенная часть — 16%, Рис. 1. [1].

О степени мирового производства гидроэлектроэнергии в 2013 г. свидетельствуют данные Рис. 2 [2], где представлено также сравнение с производством других видов возобновляемых источников энергии и электроэнергии, производимой на АЭС. Динамика изменения потребления электроэнергии, получаемой на гидроэлектростанциях в регионах и странах мира, в последние десятилетия отображена на Рис. 3 и в Табл. 1 [3].

На сегодняшний день гидроэнергетика развита и широко используется более, чем в 160 странах мира. Крупные ГЭС действуют в Северной Америке, Китае, Индии, Украине, России, Турции, Иране, Ираке, Канаде, Латинской Америке. Значительный гидроэнергетический потенциал, большая часть которого уже используется, имеют Латинская Америка, Северная Америка и Европа.

Недостаточно развита гидроэнергетика в Восточной и Южной Азии, а также в Африке. Причинами тому являются климатические и топографические условия, сложность строительства станций из-за труднодоступности водных ресурсов, отсутствие технических и технологических возможностей, опыта проектирования, производства оборудования и сооружения объектов малой энергетики, а также отсутствие или ограниченность инвестиционных программ.

В настоящее время крупнейшими производителями гидроэлектроэнергии (включая гидроаккумулирующие станции) в абсолютных значениях являются Китай, Канада, Бразилия, США и Россия. Однако по выработке гидроэнергии на душу населения лидируют Исландия, Норвегия (доля ГЭС в суммарной выработке — 98%), Канада и Швеция. Парагвай не только полностью обеспечивает собственные потребности в электроэнергии благодаря ГЭС, но и экспортирует 90% производимой энергии в Бразилию и Аргентину.

Суммарная установленная гидроэнергетическая мощность Китая составляет 249 ГВт, обеспечивая стране мировое первенство в данной области.

Значительная часть указанной мощности принадлежит малой гидроэнергетике. В Китае действуют 45000 гидроэлектростанций, которые производят 25% всей электроэнергии в стране [4]. Самая мощная в мире ГЭС "Три ущелья" находится в Китае, ее суммарная установленная мощностью составляет приблизительно 22500 МВт, а годовая выработка электроэнергии — до 100 млрд кВт·ч, как и бразильско-парагвайской ГЭС Итайпу (Рис. 4).

Мировая гидроэнергетика показывает неуклонный рост производства электроэнергии (Рис. 2). Потребление в мире электроэнергии, производимой на ГЭС, в последнее десятилетие возрастает ежегодно в среднем 2,5–3%, что подтверждают данные Табл. 1 и Рис. 5 а.

По состоянию на 2012 г. гидроэнергетика Украины вырабатывала около 10% всего национального объема электроэнергии, что составляло 14 млрд. кВт·ч. В настоящее время относительно высокая доля гидроэнергетики в производстве электроэнергии в стране объясняется работой крупных ГЭС на Днестре и Днепре. Установленная мощность этих станций достигает до 700 МВт, а Днепровской ГЭС — свыше 1500 МВт. Согласно данным Табл. 1 потребление гидроэлектроэнергии в Украине в 2013 г. составило 3,1 млн. тонн нефтяного эквивалента (или 0,4% мирового потребления) и возросло по отношению к 2012 г. на 32,8%. Динамика изменения потребления гидроэлектроэнергии в Украине показана на Рис. 5, б [3].

### Малая гидроэнергетика

На современном этапе во многих странах мира, благодаря многочисленным преимуществам, быстро развивается малая гидроэнергетика.

Среди таких преимуществ:

- относительно низкий уровень необходимого инвестиционного капитала;
- упрощенное строительство, содержание и эксплуатация станций;
- небольшой срок окупаемости;
- минимальное воздействие на окружающую среду, сохранение природного ландшафта;
- электрификация сельских и отдаленных районов.



Таблиця 1. Потребление гидроэлектроэнергии в мире с 2003 по 2013 гг. [3] (в млн. тонн нефт. эквивалента)

Регионы и страны мира	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	В 2013 г. по отношению к 2012 в %	В 2013, часть от общего в %
США	63.0	61.3	61.8	66.1	56.6	58.2	62.5	59.5	73.0	63.1	61.5	-2.3	7.2
Канада	76.1	76.6	82.1	80.2	83.6	85.2	82.9	79.4	85.2	86.0	88.6	3.3	10.4
Мексика	4.5	5.7	6.2	6.9	6.1	8.8	6.0	8.3	8.1	7.1	6.2	-11.9	0.7
<b>Всего по странам Северной Америки</b>	<b>143.6</b>	<b>143.6</b>	<b>150.1</b>	<b>153.2</b>	<b>146.3</b>	<b>152.2</b>	<b>151.4</b>	<b>147.2</b>	<b>166.3</b>	<b>156.2</b>	<b>156.3</b>	<b>0.3</b>	<b>18.3</b>
Аргентина	8.8	8.0	9.0	9.8	8.5	8.4	9.2	9.2	9.0	8.4	9.2	10.3	1.1
Бразилия	69.2	72.6	76.4	78.9	84.6	83.6	88.5	91.2	96.9	94.0	87.2	-7.0	10.2
Чили	5.6	4.9	6.0	7.0	5.2	5.7	5.9	5.0	4.7	4.6	4.4	-2.8	0.5
Колумбия	8.2	8.7	8.9	9.2	9.5	9.9	9.3	9.1	10.9	10.8	10.0	-6.6	1.2
Эквадор	1.6	1.6	1.5	1.6	2.0	2.5	2.1	2.0	2.5	2.8	2.5	-9.5	0.3
Перу	4.2	4.0	4.1	4.4	4.4	4.3	4.5	4.5	4.9	5.0	4.8	-4.0	0.6
Венесуэла	13.7	15.9	17.4	18.4	18.8	19.6	19.4	17.3	18.8	18.5	19.0	2.8	2.2
Другие страны Южной и Центральной Америки	18.1	17.7	18.3	18.4	19.4	19.4	19.2	20.3	20.3	20.4	20.9	3.2	2.4
<b>Всего по странам Южной и Центральной Америки</b>	<b>129.4</b>	<b>133.4</b>	<b>141.6</b>	<b>147.8</b>	<b>152.4</b>	<b>153.5</b>	<b>158.1</b>	<b>158.7</b>	<b>168.1</b>	<b>164.3</b>	<b>158.1</b>	<b>-3.5</b>	<b>18.5</b>
Австрия	7.5	8.3	8.3	8.1	8.4	8.7	9.2	8.7	7.7	9.9	8.4	-14.9	1.0
Азербайджан	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8	0.6	0.4	0.3	-18.0	0.05
Бельгия	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05%	0.1	0.1	2.0	0.05
Болгария	0.7	0.7	1.0	0.9	0.7	0.7	0.8	1.1	0.7	0.7	0.9	26.6	0.1
Чешская Республика	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.7	0.8	0.6	0.7	0.9	27.2	0.1
Дания	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	-22.9	0.05
Финляндия	2.1	3.4	3.1	2.6	3.2	3.9	2.9	2.9	2.8	3.8	2.9	-23.5	0.3
Франция	13.5	13.5	11.8	12.7	13.2	13.6	13.0	14.3	10.3	13.1	15.5	18.6	1.8
Германия	4.0	4.5	4.4	4.5	4.8	4.6	4.3	4.8	4.0	4.9	4.6	-5.7	0.5
Греция	1.2	1.2	1.3	1.5	0.8	0.9	1.3	1.7	1.0	1.0	1.5	40.5	0.2
Венгрия	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.05	0.3	0.05
Ирландия	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	-27.3	0.05
Италия	8.3	9.6	8.2	8.4	7.4	9.4	11.1	11.6	10.4	9.5	11.6	23.3	1.4
Казахстан	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	0.2
Литва	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	22.6	0.05
Норвегия	24.0	24.7	30.9	27.1	30.6	31.8	28.8	26.7	27.6	32.3	29.2	-9.5	3.4
Польша	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.6	20.1	0.1
Португалия	3.6	2.2	1.0	2.5	2.3	1.5	1.8	3.6	2.5	1.2	3.1	150.3	0.4
Румыния	3.0	3.7	4.6	4.2	3.6	3.9	3.6	4.6	3.4	2.8	3.4	24.2	0.4
Россия	35.7	40.2	39.5	39.6	40.5	37.7	39.9	38.1	37.3	37.3	41.0	10.2	4.8
Словакия	0.8	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.9	1.0	1.2	15.8	0.1
Испания	9.3	7.2	4.0	5.8	6.2	5.3	6.0	9.6	6.9	4.6	8.3	79.5	1.0
Швеция	12.1	13.7	16.5	14.0	15.0	15.7	14.9	15.1	15.1	17.8	13.9	-21.8	1.6
Швейцария	7.9	7.6	7.1	7.0	8.0	8.2	8.1	8.2	7.2	8.6	8.6	0.1	1.0
Турция	8.0	10.4	9.0	10.0	8.1	7.5	8.1	11.7	11.8	13.1	13.4	2.7	1.6
<b>Украина</b>	<b>2.1</b>	<b>2.7</b>	<b>2.8</b>	<b>2.9</b>	<b>2.3</b>	<b>2.6</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>3.1</b>	<b>32.8</b>	<b>0.4</b>
Великобритания	0.7	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	0.8	1.3	1.2	1.1	-10.4	0.1
Узбекистан	1.7	1.6	1.4	1.4	1.4	2.6	2.1	2.3	2.3	2.3	2.6	13.8	0.3
Другие страны Европы и Евразии	17.7	18.9	19.1	18.4	17.7	18.5	20.2	23.4	19.4	19.9	23.0	16.2	2.7
<b>Все страны Европы и Евразии</b>	<b>168.0</b>	<b>180.2</b>	<b>180.1</b>	<b>177.5</b>	<b>180.1</b>	<b>182.8</b>	<b>184.6</b>	<b>197.7</b>	<b>179.0</b>	<b>191.2</b>	<b>201.3</b>	<b>5.5</b>	<b>23.5</b>
Иран	2.2	2.7	3.0	4.2	4.1	1.7	1.5	2.2	2.4	2.7	3.4	22.8	0.4
Другие страны Ближнего Востока	1.0	1.3	2.2	2.5	2.2	1.5	1.3	1.9	1.9	2.1	2.3	10.9	0.3
<b>Всего по странам Ближнего Востока</b>	<b>3.2</b>	<b>4.0</b>	<b>5.1</b>	<b>6.6</b>	<b>6.3</b>	<b>3.2</b>	<b>2.8</b>	<b>4.0</b>	<b>4.3</b>	<b>4.9</b>	<b>5.7</b>	<b>17.6</b>	<b>0.7</b>
Алжир	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.05	-74.5	0.05
Египет	2.9	2.9	2.9	2.9	3.5	3.3	2.9	3.0	2.9	3.2	2.9	-7.9	0.3
Южная Африка	0.2	0.2	0.3	0.7	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	-2.7	0.05
Другие страны Африки	14.9	16.5	17.2	18.2	17.8	18.3	19.1	21.0	20.6	21.9	22.5	2.9	2.6
<b>Всего по странам Африки</b>	<b>18.1</b>	<b>19.6</b>	<b>20.5</b>	<b>21.8</b>	<b>21.5</b>	<b>22.0</b>	<b>22.4</b>	<b>24.5</b>	<b>24.1</b>	<b>25.5</b>	<b>25.7</b>	<b>1.2</b>	<b>3.0</b>
Австралия	3.7	3.6	3.6	3.6	3.3	2.7	2.5	3.8	3.2	3.9	4.5	18.1	0.5
Бангладеш	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	4.2	0.05
Китай	64.2	80.0	89.8	98.6	109.8	132.4	139.3	163.4	158.2	197.3	206.3	4.8	24.1
Индия	15.7	19.0	22.0	25.4	27.7	26.0	24.0	25.0	29.8	26.2	29.8	14.3	3.5
Индонезия	2.1	2.2	2.4	2.2	2.6	2.6	2.6	3.9	2.8	2.9	3.5	23.9	0.4
Япония	21.1	21.1	17.9	20.4	17.5	17.5	16.4	20.6	19.3	18.3	18.6	1.8	2.2
Малайзия	1.3	1.3	1.2	1.6	1.5	2.0	1.6	1.6	1.9	2.1	2.1	-2.2	0.2
Новая Зеландия	5.3	6.1	5.3	5.3	5.3	5.1	5.5	5.6	5.7	5.2	5.2	0.9	0.6
Пакистан	5.8	5.5	6.9	6.8	7.1	6.1	6.4	6.7	6.9	6.4	7.4	15.6	0.9
Филиппины	1.8	1.9	1.9	2.2	1.9	2.2	2.2	1.8	2.2	2.3	2.2	-5.7	0.3
Южная Корея	1.1	1.0	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.8	1.0	1.1	1.3	16.8	0.2
Тайвань	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	1.2	1.2	-4.1	0.1
Таиланд	1.7	1.4	1.3	1.8	1.8	1.6	1.6	1.3	1.8	2.0	1.3	-35.6	0.1
Вьетнам	4.3	4.3	3.7	4.5	5.1	5.9	6.8	6.2	9.3	11.9	12.2	2.7	1.4
Другие страны Тихоокеанской Азии	6.0	6.1	6.5	7.3	7.9	8.4	8.0	10.0	11.1	10.4	12.8	23.4	1.5
<b>Всего по странам Тихоокеанской Азии</b>	<b>134.9</b>	<b>154.2</b>	<b>164.4</b>	<b>181.7</b>	<b>193.6</b>	<b>214.4</b>	<b>218.5</b>	<b>251.8</b>	<b>254.1</b>	<b>291.5</b>	<b>308.7</b>	<b>6.2</b>	<b>36.1</b>
<b>Всего по странам мира</b>	<b>597.2</b>	<b>635.1</b>	<b>661.8</b>	<b>688.7</b>	<b>700.3</b>	<b>728.1</b>	<b>737.8</b>	<b>783.9</b>	<b>795.8</b>	<b>833.6</b>	<b>855.8</b>	<b>2.9</b>	<b>100.0</b>
Европа	70.7	74.8	70.9	71.6	71.5	74.6	76.3	85.7	71.2	76.1	81.9	8.0	9.6
Страны бывшего Советского Союза	51.2	56.2	55.8	55.5	56.4	53.9	55.6	55.8	54.5	54.5	59.3	9.2	6.9

Кроме того, по сравнению с электростанциями, работающими на ископаемом топливе, малые гидроэлектростанции обеспечивают более низкую себестоимость электроэнергии и эксплуатационные затраты, относительно недорогую замену оборудования, более длительный срок службы элект-

ростанций (до 50 лет) без существенных затрат на замену оборудования, а также комплексное использование водных ресурсов (электроэнергетика, водоснабжение, мелиорация, рыбное хозяйство). Малая гидроэнергетика не имеет ряда недостатков крупных ГЭС (строительство крупных ГЭС более



долгое и дорогостоящее, для водохранилищ требуются большие территории) и во всем мире признается как один из наиболее экономичных и экологически чистых способов получения электроэнергии.

Наиболее значимые преимущества развития малых ГЭС представлены в Табл. 2 [5].

В настоящее время нет общепринятого для всех стран понятия малых гидроэлектростанций, однако во многих странах в качестве основной характеристики таких ГЭС принята установленная мощность. К малым, как правило, относятся ГЭС мощностью до 10 МВт (в некоторых странах до 50 МВт).

Страны в мире различаются водными ресурсами, развитием технологий, социально-экономическими условиями и, как следствие, уровнем развития малой гидроэнергетики. Развитые страны имеют передовые технологии, современное эффективное оборудование, опыт в разработке экологически безопасных гидроэнергетических проектов. Развивающиеся страны, обладая большим гидротехническим потенциалом, сталкиваются с проблемами низкого уровня развития в области гидроэнергетических технологий, производства оборудования и строительства станций. В тоже время электрификация является важнейшим условием развития, содействует энергетической независимости и экономической стабильности.

В настоящее время малая гидроэнергетика существует в 148 странах мира. Мировой потенциал малой гидроэнергетики составляет приблизительно 173 ГВт [3]. Более половины потенциала малой гидроэнергетики в мире находится в Азии, почти одна треть в Европе и Америке. Распределение мирового ресурсного потенциала малых ГЭС (до 10 МВт) по регионам и странам мира показано на Рис. 6 и в Табл. 3.

Согласно данным [4, 10] далее представлена краткая характеристика малой гидроэнергетики регионов мира.

### 1. Азия.

Потенциал малой гидроэнергетики в Центральной Азии оценивается приблизительно в 4880 МВт (для станций мощностью до 10 МВт), тогда как освоенный потенциал составляет 183,5 МВт. Казахстан (2707 МВт) и Узбекистан (1760 МВт) – страны с самым высоким потенциалом.

В Казахстане, Кыргызстане и Таджикистане существует законодательство в области возобновляемых источников энергии.

Потенциал малой гидроэнергетики в Восточной Азии считается самым большим в мире. Потенциал оценивается в 75312 МВт (для станций до 10 МВт), тогда как освоено 40485 МВт. Самым большим потенциалом в регионе обладает Китай (63492 МВт), за ко-

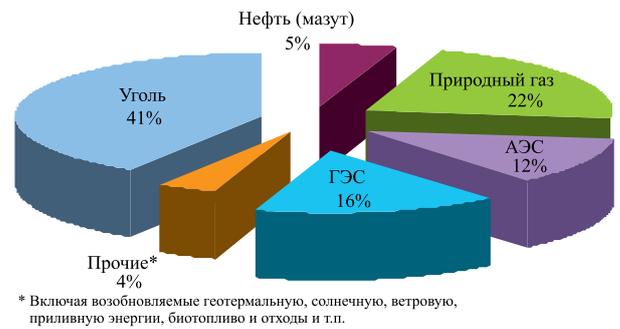


Рис. 1. Распределение мирового производства электроэнергии по источникам [1].

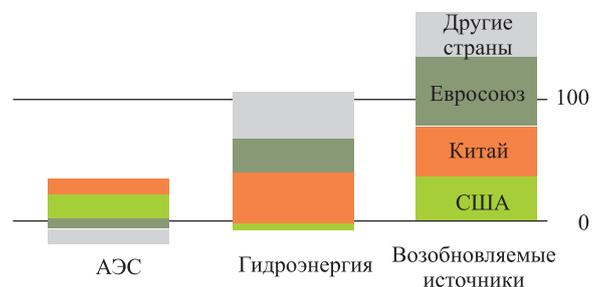
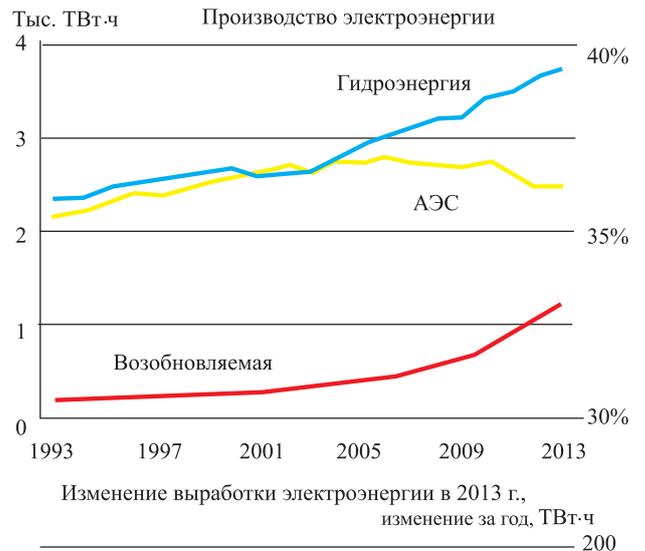


Рис. 2. Производство гидроэлектроэнергии в сравнении с производством других видов возобновляемой энергии и электроэнергии АЭС [2]

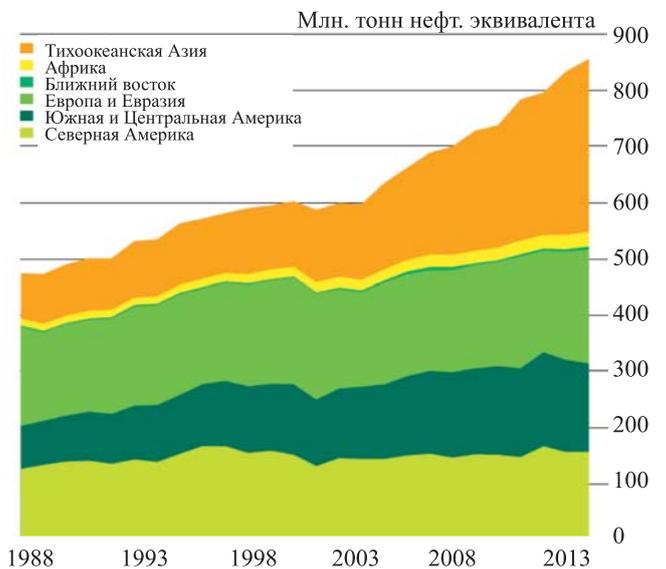


Рис. 3. Распределение потребления электроэнергии, производимой на ГЭС, по регионам мира [3]



Рис. 4. Крупнейшие ГЭС мира

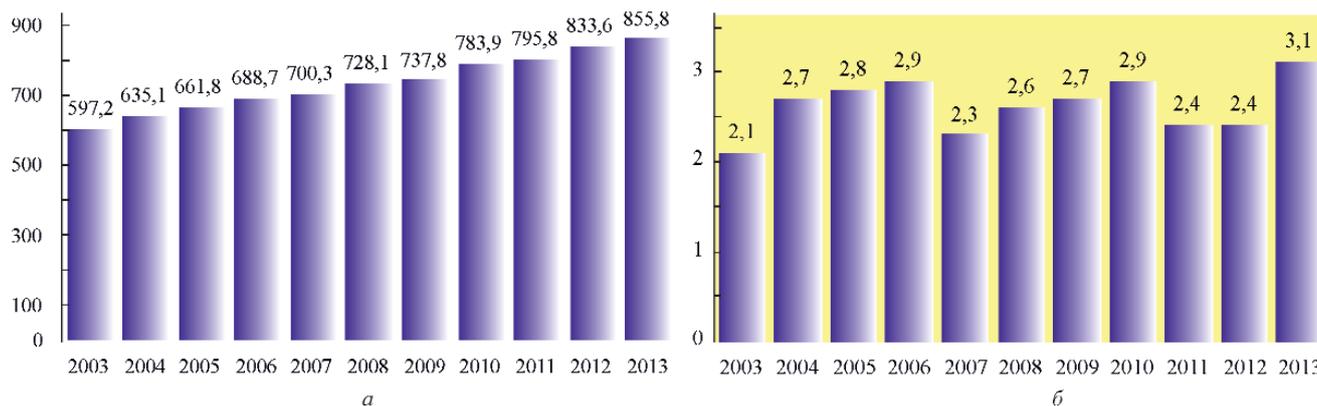


Рис. 5. Потребление гидроэлектроэнергии в 2003-2013 гг. в мире (а) и в Украине (б) [3] (в млн. тонн нефт. эквивалента).

торым следует Япония (7062 МВт). Китай является единственной страной в регионе, где малая гидроэнергетика включает гидроэлектростанции мощностью до 50 МВт. Потенциал малой гидроэнергетики Китая (для станций мощностью до 50 МВт) оценивается в 128000 МВт, тогда как освоено 65680 МВт.

Южная Азия занимает второе место по потенциалу малой гидроэнергетики, который оценива-

ется в 18077 МВт (для станций до 10 МВт), из них освоено 3563 МВт. Потенциал Афганистана составляет 1200 МВт. Потенциал малой гидроэнергетики в Индии для станций мощностью до 25 МВт – 15000 МВт.

В Юго-Восточной Азии Вьетнам – страна с самым высоким гидроэнергетическим потенциалом (2205 МВт), за ним следуют Филиппины (1876 МВт) и Индонезия (1267 МВт).

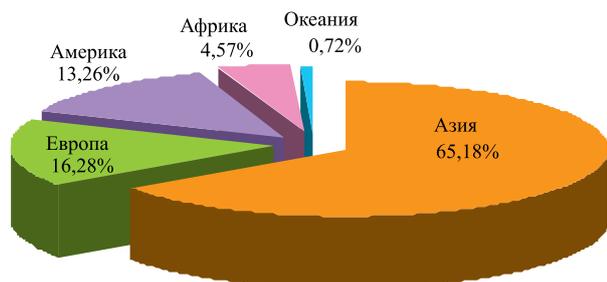


Рис. 6. Распределение ресурсного потенциала малых ГЭС по регионам мира [4].

В Западной Азии Турция имеет самый высокий потенциал (более 6500 МВт). Климатические условия не всех стран подходят для развития малой гидроэнергетики, а в отдельных странах наблюдается нехватка воды.

## 2. Америка.

Девять из двадцати восьми стран Карибского бассейна используют малую гидроэнергетику. Потенциал малой гидроэнергетики здесь оценивается



Таблиця 2. Сравнительные характеристики целесообразности развития малых ГЭС [5].

	Факторы	Преимущества
1	<b>Экономические</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• себестоимость вырабатываемой электроэнергии в 2–2,5 раза ниже, чем на крупных ГЭС;</li> <li>• не требуется строительства плотин и больших площадей затопления,</li> <li>• не выводятся из хозяйственного оборота плодородные земли;</li> <li>• приближенность к потребителю и отсутствие необходимости прокладки дорогостоящих ЛЭП, в том числе в труднодоступных районах;</li> <li>• возможность привлечения средств населения, среднего и малого бизнеса;</li> <li>• открываются дополнительные возможности для освоения новых территорий;</li> <li>• более короткие сроки получения электроэнергии.</li> </ul>
2	<b>Технические и технологические</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• не требуется использования большегрузной автотехники, строительства дорог для транспортировки техники и материалов для строительства плотин и т.д.;</li> <li>• простота в регулировании режимов эксплуатации;</li> <li>• возможность использования при строительстве станций маломощных транспортных средств.</li> </ul>
3	<b>Экологические</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• отсутствие зон затопления и сохранение естественных земельных угодий (без засоления и эрозии), лесов, флоры и фауны;</li> <li>• сохранение экологического равновесия;</li> <li>• сохранение качества воды, поступающей для коммунальных нужд и орошения.</li> </ul>
4	<b>Социальные</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• электрификация удаленных от основных коммуникаций поселений;</li> <li>• создание новых рабочих мест и привлечение рабочей силы на освоение новых и более эффективное использование действующих производств;</li> <li>• улучшение социально-бытовых условий населения.</li> </ul>

в 252 МВт (станции до 10 МВт), тогда как освоено 124 МВт. Страны с самым высоким потенциалом малой гидроэнергетики – Ямайка (63 МВт), Куба (62 МВт), Гваделупа (46 МВт) и Пуэрто-Рико (45 МВт).

В Центральной Америке наибольший потенциал имеет Мексика – 3250 МВт. В странах Центральной Америки поощряется производство возобновляемой энергии путем освобождения от подоходного налога и налога на импортные машины и оборудование.

Страна с самым высоким потенциалом малой гидроэнергетики в Южной Америке – Чили (7000 МВт). Некоторые страны определяют малую гидроэнергетику как станции мощностью менее 10 МВт, однако в Аргентине верхний предел составляет 15 МВт, в Чили – 20 МВт, а в Бразилии – 30 МВт.

В Северной Америке три из пяти стран используют малую гидроэнергетику – Канада, Гренландия, США. Гренландия начала использовать гидроэнергетику только в 1993 г. Потенциал малой гидроэнергетики в Канаде составляет 15000 МВт (для станций мощностью до 50 МВт).

### 3. Африка.

Потенциал малой гидроэнергетики в Восточной Африке оценивается в 6262 МВт (для станций мощностью до 10 МВт), из которых освоено 209 МВт. Странами с самым высоким потенциалом являются Кения (3000 МВт), Эфиопия (1500 МВт) и Мозамбик (1000 МВт). Большинство Африканских стран не имеют официального определения малой гидроэнергетики, а Мозамбик определяет малую гидроэнергетику как гидроэлектростанции мощностью до 15 МВт.

Большинство стран в Восточной Африке проводят национальную энергетическую политику,

направленную на электрификацию сельских районов с целью поддержки использования возобновляемых источников энергии.

Вода является дефицитом в Эфиопии и Маврикии. Вследствие изменения климата такие процессы, как обезлесение и ухудшение качества воды в водосборных бассейнах имеют место в Кении и Малави. Сезонные колебания уровня потока воды происходят на Маврикии.

В ряде стран Центральной Африки (например, в Центрально-Африканской Республике) политика использования возобновляемых источников энергии направлена на сокращение уровня бедности путем расширения электрификации сельских районов, строительства микрогидроэлектростанций и электрификации деревень, используя фотоэлектрические системы и энергию биомассы.

Северная Африка характеризуется отсутствием подходящих гидрологических ресурсов, засушливым климатом, пустынным ландшафтом, очень высоким уровнем солнечной радиации. Гидроэнергетический потенциал в этом регионе низкий – 185 МВт.

В Южной Африке пустынный климат (например, в Намибии) не подходит для развития гидроэнергетики. Четыре страны из пяти в Южной Африке используют малые ГЭС (см. Табл. 3).

В Западной Африке климатические факторы (нерегулярное или сезонное выпадение осадков, низкий уровень воды и высыхание рек, переменный и засушливый климат) также ограничивают возможности для развития малой гидроэнергетики.

### 4. Европа.

Все десять стран Восточной Европы – Украина, Болгария, Чешская Республика, Венгрия,



Таблиця 3. Гидроэнергетические ресурсы регионов мира (малых ГЭС с мощностью до 10 МВт) [4, 10].

Регионы мира	Страны с малой гидроэнергетикой	Установленная мощность, МВт	Потенциал, МВт	Степень освоения потенциала, %
<b>1 Азия</b>				
Центральная Азия	Казахстан, Киргизстан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан	183,5	4880	3,8
Восточная Азия	Китай, Япония, Корейская Народно-Демократическая Республика, Республика Корея, Монголия	40485,0	75312,0	53,8
Южная Азия	Афганистан, Бангладеш, Бутан, Индия, Иран, Непал, Пакистан, Шри-Ланка	3563,0	18077,0	19,7
Юго-Восточная Азия	Камбоджа, Индонезия, Лаосская Народно-Демократическая Республика, Малайзия, Мьянма, Филиппины, Таиланд, Тимор-Лешти, Вьетнам	1252,0	6682,5	18,7
Западная Азия	Армения, Азербайджан, Кипр, Грузия, Ирак, Иордания, Ливан, Турция	489,0	7754,0	6,3
<b>2 Америка</b>				
Карибский бассейн	Куба, Доминиканская Республика, Гваделупе, Гаити, Ямайка, Пуэрто-Рико, Доминика, Сент-Люсия, Гренада*, Сент-Винсент и Гренадины	124,0	252,0	49,2
Центральная Америка	Белиз, Коста-Рика, Сальвадор, Гватемала, Гондурас, Мексика, Никарагуа, Панама	599,0	4166,0	14,5
Южная Америка	Аргентина, Боливия (Многонациональное Государство), Бразилия, Чили, Колумбия, Эквадор, Французская Гвинея, Перу, Уругвай	1735,0	9465,0	18,3
Северная Америка	Канада, Гренландия, Соединенные Штаты Америки	78430,	9099,0	86,2
<b>3 Африка</b>				
Восточная Африка	Бурунди, Эфиопия, Кения, Мадагаскар, Малави, Маврикий, Мозамбик, Реюньон, Руанда, Южный Судан*, Уганда, Объединенная Республика Танзания, Замбия, Зимбабве	209,0	6262,0	3,3
Центральная Африка	Ангола, Камерун, Центральноафриканская Республика, Демократическая Республика Конго, Сан-Томе и Принсипи	76,0	328,0	23,1
Северная Африка	Алжир, Египет, Марокко, Судан, Тунис	115,0	185,0	62,6
Южная Африка	Лесото, Намибия, Южно-Африканская Республика, Свазиленд	43,0	383,5	11,2
Западная Африка	Бенин, Буркина-Фасо, Кот-д'Ивуар, Гана*, Гвинея, Либерия, Мали, Нигер*, Нигерия, Сьерра-Леоне, Того	82,0	742,5	11,1
<b>4 Европа</b>				
Восточная Европа	Украина, Беларусь, Болгария, Чешская Республика, Венгрия, Республика Молдова, Польша, Румыния, Российская Федерация, Словакия	2735,0	3495,0	78,3
Северная Европа	Дания, Эстония, Финляндия, Исландия, Ирландия, Латвия, Литва, Норвегия, Швеция, Соединенное Королевство	3643,0	3841,0	94,8
Южная Европа	Албания, Босния и Герцеговина, Хорватия, Греция, Италия, Македония, Черногория, Португалия, Сербия, Словения, Испания	5640,0	14169,0	39,8
Западная Европа	Австрия, Бельгия, Франция, Германия, Люксембург, Нидерланды, Швейцария	5809,0	6644,0	87,4
<b>5 Океания</b>				
Австралия и Новая Зеландия	Австралия, Новая Зеландия	310,0	932,0	33,3
Страны и территории Тихоокеанских островов	Фиджи, Новая Каледония, Папуа-Новая Гвинея, Соломоновы острова, Вануату, Микронезия, Французская Полинезия, Самоа	102,0	306,0	33,4

\*Только потенциал

Польша, Румыния, Словакия (государства-члены ЕС), Беларусь, Республика Молдова, Российская Федерация – используют малую гидроэнергетику. Потенциал малой гидроэнергетики стран Восточной Европы оценивается в 3495 МВт (для станций мощностью до 10 МВт), тогда как освоено 2735 МВт. Странами с самым высоким потенциалом являются Российская Федерация (1300 МВт) и Румыния (730 МВт). В основном в регионе малая гидроэнергетика определяется как гидроэлектростанции мощностью до 10 МВт. Исключением является Российская Федерация, где к малым ГЭС относятся станции мощностью до 30 МВт.

Десять из восемнадцати стран Северной Евро-

пы используют малую гидроэнергетику. Здесь потенциал малой гидроэнергетики оценивается в ~3841 МВт (для станций до 10 МВт), тогда как освоено 3643 МВт. Как правило, верхний порог мощности малых гидроэлектростанций определяют в 10 МВт. Однако некоторые страны используют более низкие показатели верхнего порога, такие как 5 МВт в Великобритании, 1,5 МВт в Швеции, 1 МВт в Дании и Исландии.

Потенциал малой гидроэнергетики в странах Южной Европы составляет 14169 МВт (для станций до 10 МВт), а освоено 5640 МВт. Странами с самым высоким потенциалом являются Италия (7066 МВт) и Испания (2185 МВт).



В Западной Европе самый высокий потенциал во Франции (2615 МВт) и Германии (1830 МВт).

**5. Океания.**

В Австралии поощряется модернизация и восстановление устаревших гидроэлектростанций. В Новой Зеландии отсутствует государственная политика в области малой гидроэнергетики. Общий потенциал малой гидроэнергетики этих двух стран оценивается в 932 МВт (для станций мощностью до 10 МВт), тогда как освоено только 310 МВт.

Потенциал малой гидроэнергетики в странах Тихоокеанских островов составляет 306 МВт (для станций до 10 МВт), из них освоено 103 МВт. Самым высоким потенциалом среди стран региона характеризуется Папуа-Новая Гвинея (153 МВт).

**Малая гидроэнергетика Украины.**

Украина имеет более 63 тыс. малых рек и водотоков общей протяженностью 135,8 тыс. км, из них около 60 тыс. (95%) очень маленькие (протяженностью менее 10 км), их общая длина 112 тыс. км. Наиболее крупные речные бассейны Украины представлены в Табл. 4.

Речная сеть страны разделена на основные водозаборы:

- бассейн реки Висла – охватывает реки северо-запада;
- бассейн реки Дунай, которому принадлежат реки бассейнов Тисы и Прута, а также несколько рек, которые впадают в Дунай или придунайские озера ниже устья Прута;
- бассейн Днестра, включающий реки восточ-

Таблица 4. Основные речные бассейны Украины

Бассейны рек	Количество рек	Длина, км
Днепр	17245	75087
Днестр	16890	42761
Дунай	18796	42668
Припять	5154	27227
Южный Буг	6650	22533
Северский Донец	1526	11876
Реки Приазовья	1973	8262
Висла	412	7363
Реки Крыма	1657	5996
Реки междуречья Дунай-Днепр	656	3020
Реки междуречья Днестр – Южный Буг	180	1471
<b>Украина</b>	<b>71139</b>	<b>248264</b>

ных склонов Украинских Карпат, а также реки Подольской возвышенности;

- водозабор реки Южный Буг, охватывающий реки Подольской и Приднепровской возвышенностей;

- бассейн реки Днепр – перерезает Украину с севера на юг и охватывает реки многих геоморфологических областей;

- между Дунаем и Днестром имеется около 70 рек, протекающих в Причерноморской низменности и впадающих в лиманы Черноморского побережья или в море;

- водозабор Северского Донца, правобережные притоки реки Дон;

- реки, которые впадают в Азовское море, его лиманы и затоки.

Плотность речной сети изменяется по территории Украины в широких пределах. Значитель-

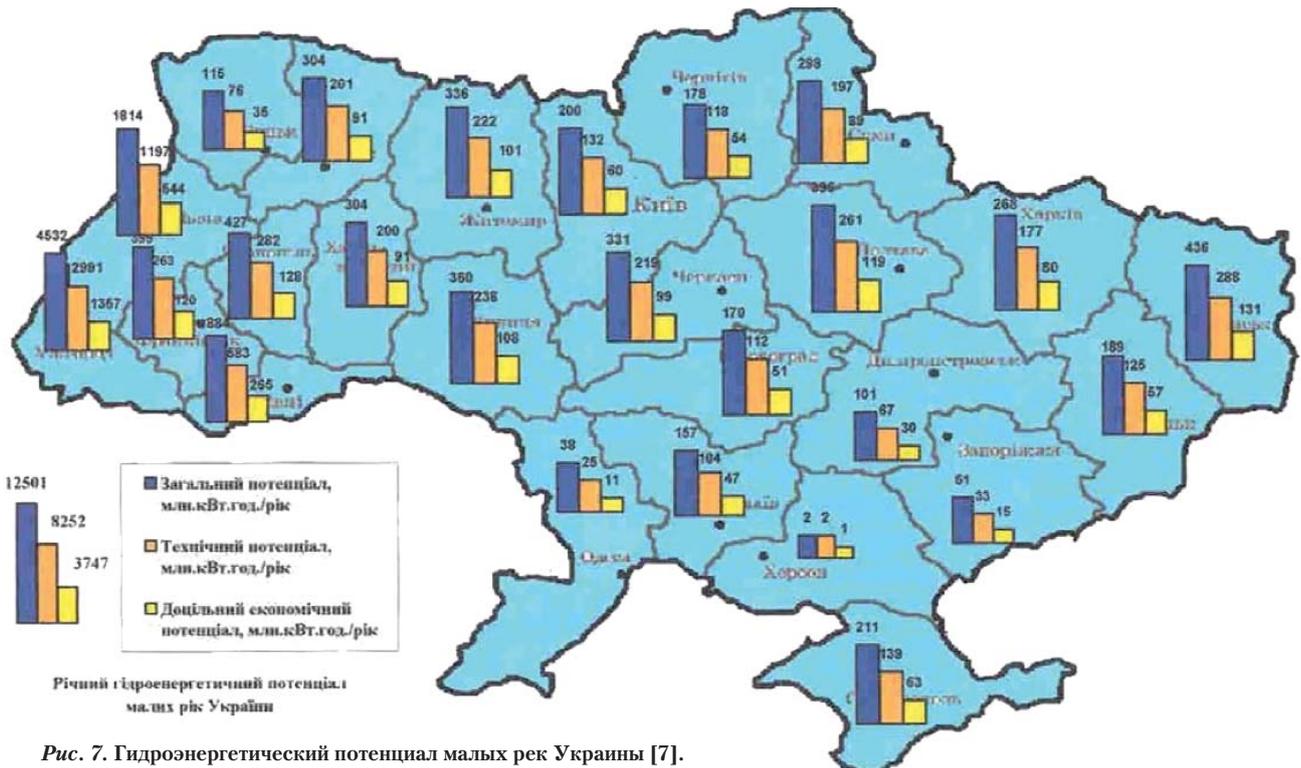
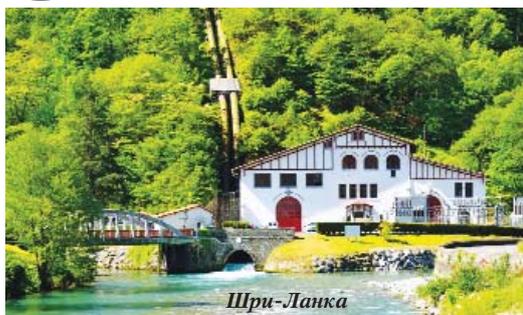


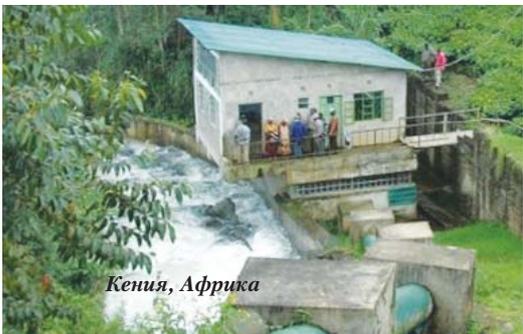
Рис. 7. Гідроенергетичний потенціал малих рік України [7].



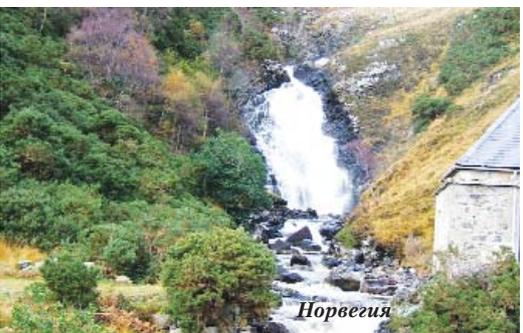
Шри-Ланка



Массачусетс, США



Кения, Африка



Норвегия



Китай (малая ГЭС Хоуцзыбао, вода поступает с горы по трубопроводу)

ной плотностью речной сети отличаются горные районы — Карпаты ( $149 \text{ км/км}^2$ ) и Крымские горы ( $0,61 \text{ км/км}^2$ ). Этот показатель на возвышенностях колеблется в пределах  $0,21$  (юго-западные отроги Среднерусской возвышенности) до  $0,55 \text{ км/км}^2$  (Подольская возвышенность), а на низменностях он составляет  $0,13-0,16 \text{ км/км}^2$ .

Наибольшей водностью отличаются реки Карпат. Недостаточное увлажнение и большие испарения обуславливают низкую водность рек Причерноморской низменности.

В границах бассейнов главных рек и приморских территорий размеры водозаборных площадей малых рек, в основном, распределяются так: в бассейнах Вислы, Дуная, Днестра и на Причерноморье —  $20,1 - 50 \text{ км}^2$ , в бассейнах Южного Буга и Днестра —  $50,1 - 100 \text{ км}^2$ , на Приазовье —  $100,1 - 200 \text{ км}^2$ .

Средняя площадь водозабора малой реки на Украине составляет около  $10 \text{ км}^2$ , средняя длина —  $3 \text{ км}$ , а плотность речной сети —  $0,31 \text{ км/км}^2$ . Наименьшая средняя площадь водозабора у малых рек в бассейне Дуная —  $1,8 \text{ км}^2$  (в бассейне Тисы —  $1,2 \text{ км}^2$ ), а наибольшая она на Днестре в границах водозабора Каховского водохранилища —  $52,3 \text{ км}^2$ . Этим речным бассейнам принадлежат соответствующие экстремальные значения средней длины малой реки ( $2$  и  $6,2 \text{ км}$ ) и плотность речной сети ( $1,1$  и  $0,12 \text{ км/км}^2$ ).

Характеристики потенциальных гидротехнических ресурсов малых рек бассейнов Днестра, Тисы, Прута и Южного Буга приведены в Табл. 5 [6].

Согласно [6] технический гидроэнергетический потенциал малых рек (та часть гидроэнергетических ресурсов, которая может быть использована для получения электроэнергии путем создания ГЭС) составляет  $0,7$  млн. кВт ( $6,4$  млрд. кВт·ч) или  $30\%$  общего технического потенциала всех рек Украины ( $21,5$  млрд. кВт·ч), Табл. 5. Экономический гидропотенциал малых рек Украины (гидроэнергетический потенциал, пригодный для промышленного использования) оценивается в  $1,3-1,6$  млрд. кВт·ч.

На Рис. 7 показано распределение потенциальных гидроэнергоресурсов малых рек Украины по областям [7].

В Украине законодательно признано, что к объектам малой гидроэнергетики относятся гидроэлектростанции, мощность которых не превышает  $10 \text{ МВт}$ . По состоянию на  $1$  марта  $2012$  г. в стране действовало  $82$  объекта малой гидроэнергетики общей установленной мощностью  $110 \text{ МВт}$ . Согласно информации Всеукраин-

Таблица 5. Суммарные потенциальные гидротехнические ресурсы и технический гидропотенциал малых рек Украины [6].

Бассейны рек	Количество обследованных рек	Гидроэнергетические ресурсы		Технический гидропотенциал	
		Мощность, тыс. кВт	Производство, млн. кВт·ч	Мощность, тыс. кВт	Производство, млн. кВт·ч
Южный Буг	4	6,0	53	1,2	10,6
Днестр	36	428	3751	171	1500
Тиса	88	927	8196	374	3278
Серет	2	4,4	38	1,8	15
Прут	16	274	2400	110	960
Реки Крыма	5	24	211	9,6	84
Другие малые реки бассейнов Днестра, Северского Донца, Южного Буга	-	310	2716	62	543
<b>Всего</b>	-	<b>1982</b>	<b>17365</b>	<b>730</b>	<b>6390</b>

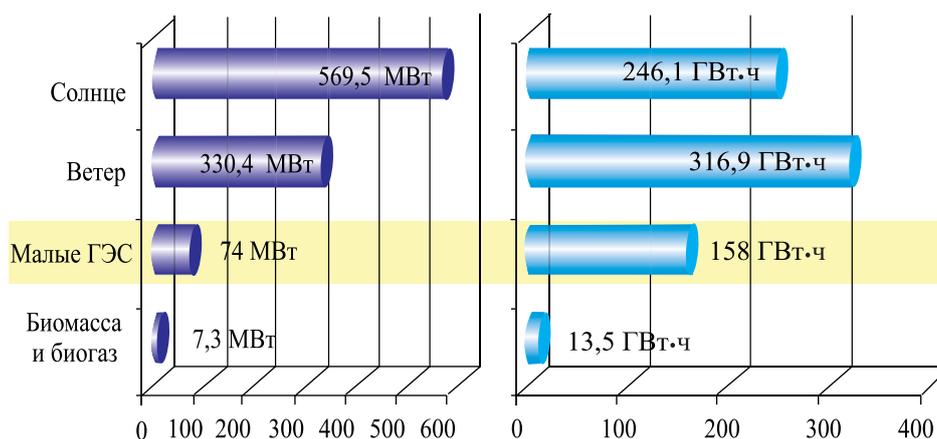
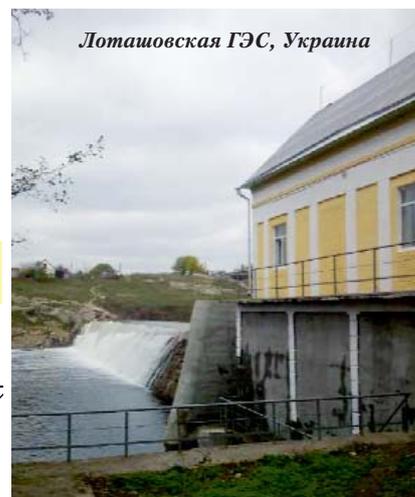


Рис. 8. Установленная мощность (а) и производство электроэнергии (б) электростанциями Украины, использующими возобновляемые источники энергии (исключая крупные ГЭС) в первом полугодии 2013 г. [9].



ской ассоциации "Укргідроенерго" 2012 г. [8], потенциал малой гидроэнергетики используется на одну двадцатую часть, при этом общая мощность предприятий отечественной малой гидроэнергетической генерации оценивалась в 85 МВт, а среднегодовая выработка электроэнергии – 400–500 млн кВт·ч.

По данным [5], в период с 2000 до 2011 г., в Украине были реконструированы и введены в эксплуатацию Корсунь-Шевченковская (1650 кВт), Снятинская (800 кВт), Сандрацкая (640 кВт), Юрпольская (550 кВт), Гордашевская (400 кВт), Коржевская (400 кВт), Кунцевская (400 кВт), Остапьевская (375 кВт), Сухобаровская (330 кВт), Гальжбиевская (250 кВт), Петрашевская (250 кВт), Сидневская (230 кВт), Лисянская (200 кВт), Лоташовская (315 кВт), Яблуницкая (1000 кВт) малые ГЭС. В 2011 г. введены в эксплуатацию еще 6 новых объектов малой гидроэнергетики общей мощностью 1,5 МВт – Березовская, Лугинская, Повчанская, Слободо-Бушанской и Золотолипская гидроэлектростанции.

В соответствии с информацией [9], установленная мощность электростанций Украины, использующих возобновляемые источники энергии, по состоянию на июнь 2013 г. достигла 0,9 ГВт, что составляет 1,7% в структуре энергопроизводства в стране, и это включает в себя 74 МВт электроэнергии малых ГЭС (Рис. 8). Выработка электроэнергии малыми гидроэлектростанциями в 1-м полугодии 2013 г. возросла до 158 ГВт·ч. Вместе с тем, согласно информации Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, в 2013 году доля электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников энергии (ветер, солнце, биомасса, малые ГЭС), в общем объеме производства возросла с 0,32% до 0,64%.

В [10] даны основные характеристики малой гидроэнергетики Украины и стран Восточной Европы по итогам 2013 г. (Табл. 6). Согласно таким данным Украина имеет установленную мощность 104 МВт и производит на малых ГЭС 250 ГВт·ч электроэнергии в год.

Стратегией развития малой гидроэнергетики планируется довести мощность малых ГЭС к 2020 г. до 700 МВт, а к 2030 г. до 1040 МВт. Принятые за-



Таблица 6. Характеристики малой гидроэнергетики (мощностью до 10 МВт) стран Восточной Европы [10].

Страна	Потенциал, МВт	Установленная мощность, МВт	Производство, ГВт·ч в год
Украина	104	104,0	250
Беларусь	Не менее 15,0	15,0	28
Болгария	380,0	263,0	630
Чешская Республика	465,0	297,0	1159
Венгрия	28,0	14,0	67
Молдова	1,3	0,1	--
Польша	332,0	275,0	1036
Румыния	730,0	387,0	719
Россия	1300,0	1300,0	--
Словакия	140,0	80,0	303
<b>Всего</b>	<b>3480,3</b>	<b>2735,1</b>	<b>4192</b>



конодательные акты (законы "Об альтернативных источниках энергии", "О зеленом тарифе") создают благоприятный инвестиционный климат для строительства малых ГЭС.

В заключение отметим, что государственная политика, национальные программы и гидроэнергетические ассоциации многих стран мира, также как и деятельность международных объединений, среди которых International Energy Agency (IEA), International Hydropower Association (ИНА), World Commission on Dams (WCD), International Rivers, International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), International Center on Small Hydro Power (ICSHP), International Renewable Energy Agency (IRENA), International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), успешно содействуют эффективному и экологически безопасному развитию мировой гидроэнергетики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Key world energy statistics*.—International Energy Agency, Paris, 2013. — <http://www.iea.org>
2. [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview)
3. *Статистический обзор по мировой электроэнергетике (BP Statistical review of world energy)*. — June 2014. — <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>
4. *Доклад о мировом развитии малой гидроэнергетики 2013 г.* — ЮНИДО & ICSHP, 2013. — 28 с. — [http://www.smallhydropower.org/fileadmin/user\\_upload/pdf/WSHPDR\\_2013\\_Executive\\_Summary\\_Russian.pdf](http://www.smallhydropower.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR_2013_Executive_Summary_Russian.pdf)
5. *Ясинский В.А., Мироненков А.П., Сарсембеков Т.Т.* Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. Отраслевой обзор №14 — Алматы, 2011. — 36 с.
6. *Романов А.* Украина. Эффективность малой энергетики. — Изд-во Энергетического Центра (Программа Tasis), 2006 — 280 с.
7. *Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П., Шинкаренко Л.Я., Довга В.Т., Васько П.Ф., Бриль А.О., Шурчков А.В., Забарний Г.М., Жовмір М.М., Віхарев Ю.А.* Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. — Вид-во: Інститут електродинаміки НАН України, Державний комітет України з енергозбереження. — Київ, 2001. — 41 с.
8. *Никиторович А.В.* Потенциал малой гидроэнергетики используется на одну двадцатую. — Бизнес, № 36 (1023) от 03.09.2012.
9. *Информационный бюллетень по возобновляемой энергетике: Ukraine renewable energy newsletter IMEPOWER* — Выпуск 27 от 19 октября 2013 г. — <http://imepower.files.wordpress.com/2013/10/ukraine-renewable-energy-newsletter-27.pdf>
10. *Liu H., Masera D., Esser L.* World small hydropower development report 2013. — United Nations industrial development organization; International center on small hydro power. — 450 p. — [www.smallhydropower.org](http://www.smallhydropower.org)
11. *Постников В.И., Резцов В.Ф.* Перспектива малой гидроэнергетики в мире и Украине: ресурсы и экология.// *Новини енергетики*. — Спец. випуск. — 2002. — № 5. — С. 59–62.
12. *Нікіторович О.В.* Малі ГЕС. Досвід відбудови// *Гідроенергетика України*. — 2004. — № 4. — С. 24–29.
13. *Васько П.Ф.* Мала гідроенергетика: світові тенденції розвитку та українські перспективи.// *Електропанорама*. — 2009. — № 12. — С. 54–57.
14. *Хланук М.М., Маковський А.М.* Мала гідроенергетика України. Можливості розвитку.// *Гідроенергетика України*. — 2005. — № 3. — С. 30–39.
15. *Кучерявая И.М., Сорокина Н.Л.* Развитие гидроэнергетики світу на сучасному етапі.// *Гідроенергетика України*. — 2008. — № 1. — С. 45–51.
16. *Интернет-ресурсы:*  
<http://www.iea.org>  
<http://www.ieahydro.org/>  
<http://www.hydropower.org/>  
<http://www.small-hydro.com>  
<http://www.unep.org/dams/wcd/>  
<http://www.internationalrivers.org/>  
<http://www.icid.org/>  
<http://www.irena.org/>  
<http://www.inshp.org/>  
<http://www.iahr.org/>

© Кучерявая И.Н., Сорокина Н.Л. 2014

