

**МГИМО (У) МИД России
кафедра «Комплексных проблем
природопользования и экологии»**

курс лекций: Рынок ВИЭ в мире и России

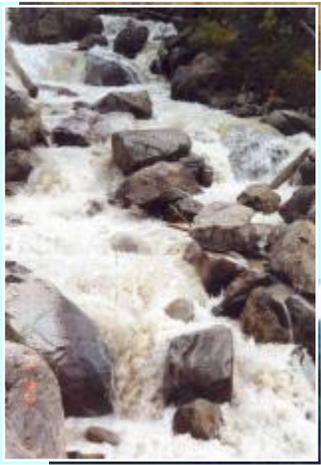
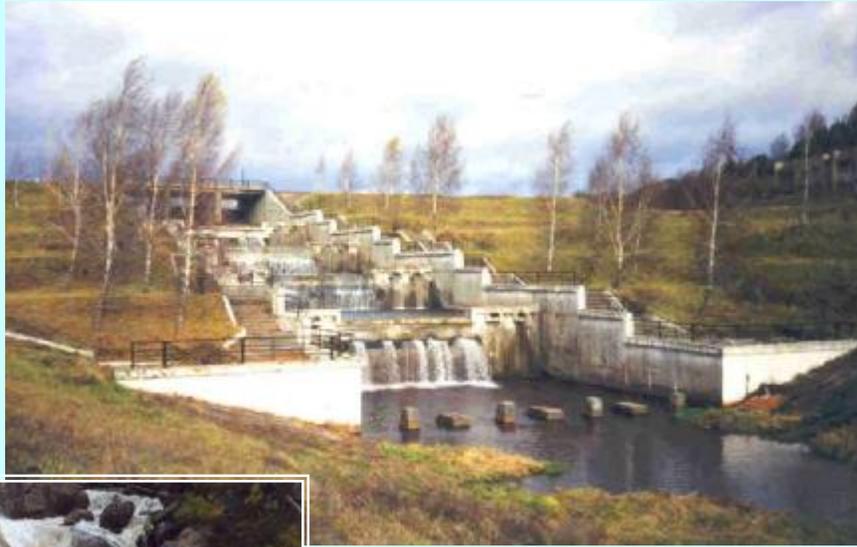
**тема: Рынок малой гидроэнергетики
в мире и России**

**Бляшко Я.И. к.т.н. Генеральный директор
ЗАО «МНТО ИНСЭТ»**

Москва-Санкт-Петербург,

10 ноября 2011г.





Источники ресурсов малой гидроэнергетики

Естественные и искусственные водотоки (малые и средние реки, ручьи, оросительные и судоходные каналы)

Водосбросы из водохранилищ, искусственных прудов, шлюзов

Гидравлические системы (питьевые водоводы, технологические водотоки, водосбросы ТЭЦ и АЭС)

КЛАССИФИКАЦИЯ МАЛЫХ ГЭС

Россия

ГЭС на равнинных реках с валовым потенциалом до 2 МВт

на горных реках - до 1,7 МВт

ГЭС на реках с валовым потенциалом 100-2000кВт

ГЭС мощностью до 30 МВт

ГЭС мощностью до 25 МВт

Германия

ГЭС мощностью до 5 МВт

Франция

ГЭС мощностью до 12 МВт

Люксембург

ГЭС мощностью до 3МВт

Китай

ГЭС мощностью до 50 МВт

До 10 кВт – Пико ГЭС

До 100 кВт – Микро ГЭС

До 1000 кВт – Мини ГЭС

До 30000 кВт – Малая ГЭС

(при единичной мощности агрегата 5 (10) МВт

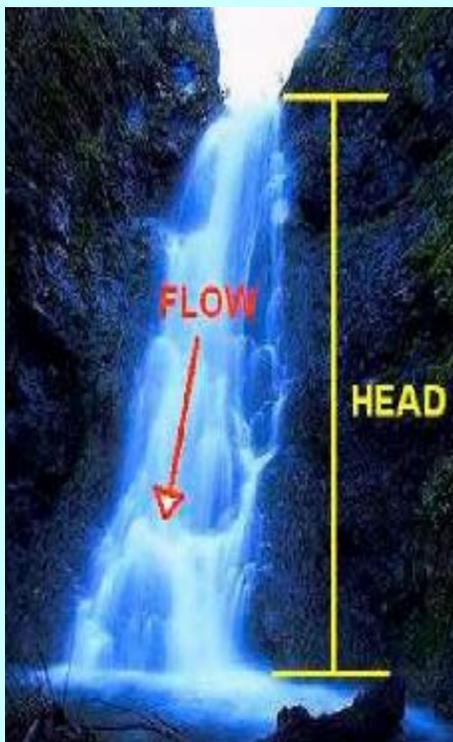
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА МАЛЫХ ГЭС

1. Гидротехнические сооружения малых ГЭС не подтопляют леса и сельскохозяйственные угодья, не приводят к сносу и переносу населенных пунктов.
2. Малые ГЭС позволяют сохранить ландшафт и окружающую среду в процессе строительства и на этапе эксплуатации
3. Вода, проходящая через малую гидротурбину, сохраняет свои первоначальные природные свойства.

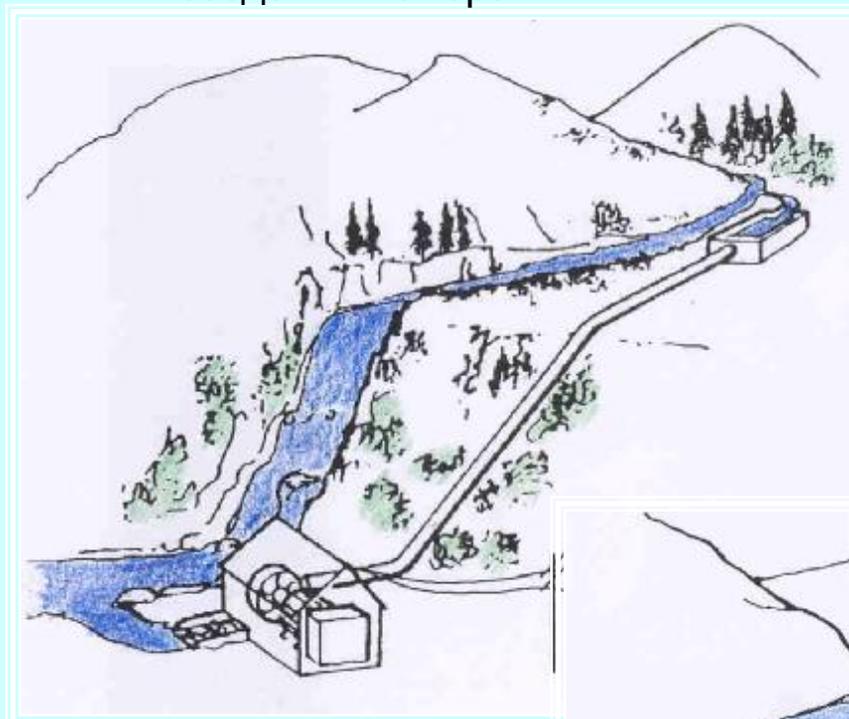


Технология

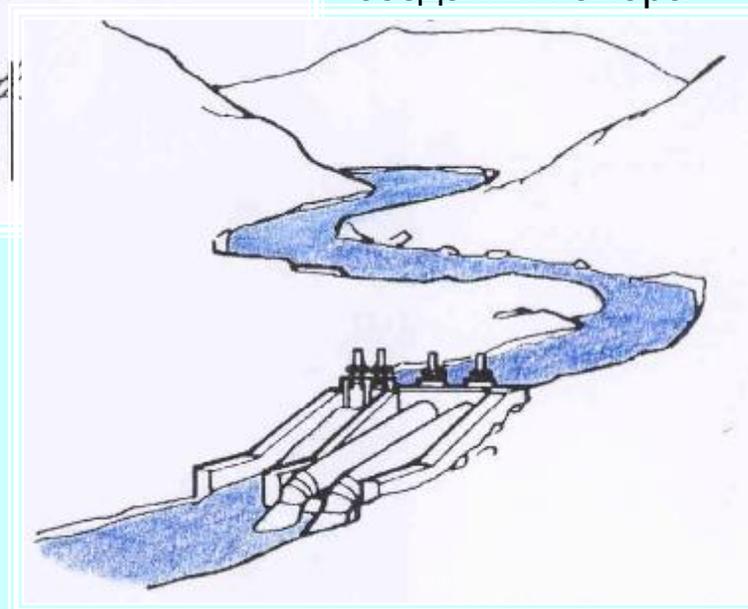
1. Деривационная схема создания напора



Гидроэнергетический
ресурс



2. Русловая схема создания напора



Современный уровень развития малой гидроэнергетики

По данным ESHA:

Суммарная установленная
мощность МГЭС на 2010 год в
мире - 37 ГВт

В Евросоюзе – 14 ГВт
на территории Евросоюза 16800
МГЭС

в том числе:

в Италии 21 %

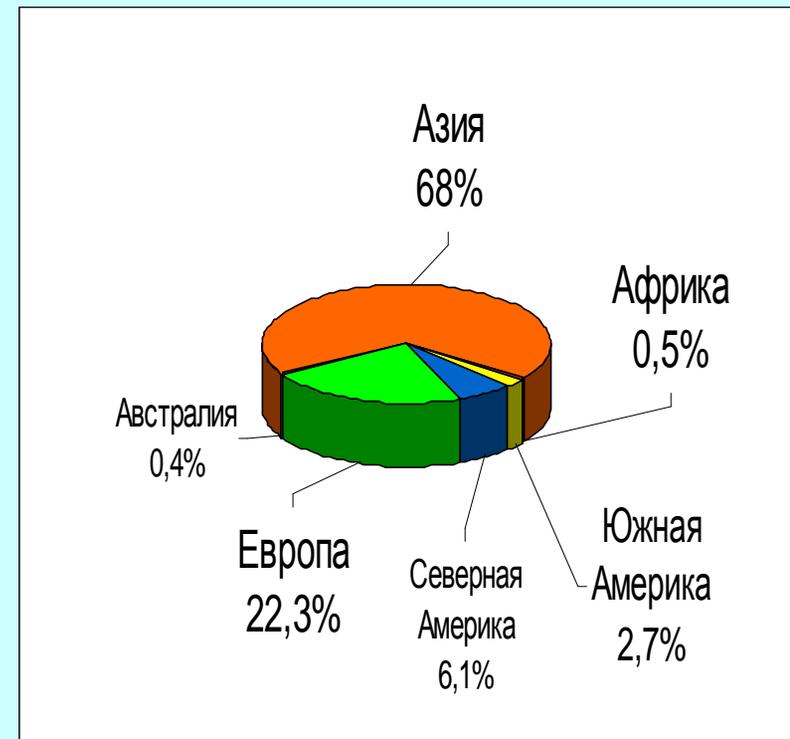
во Франции 17,5 %

в Испании 15,5 %

в Германии 14 %

в Австрии 9,4 %

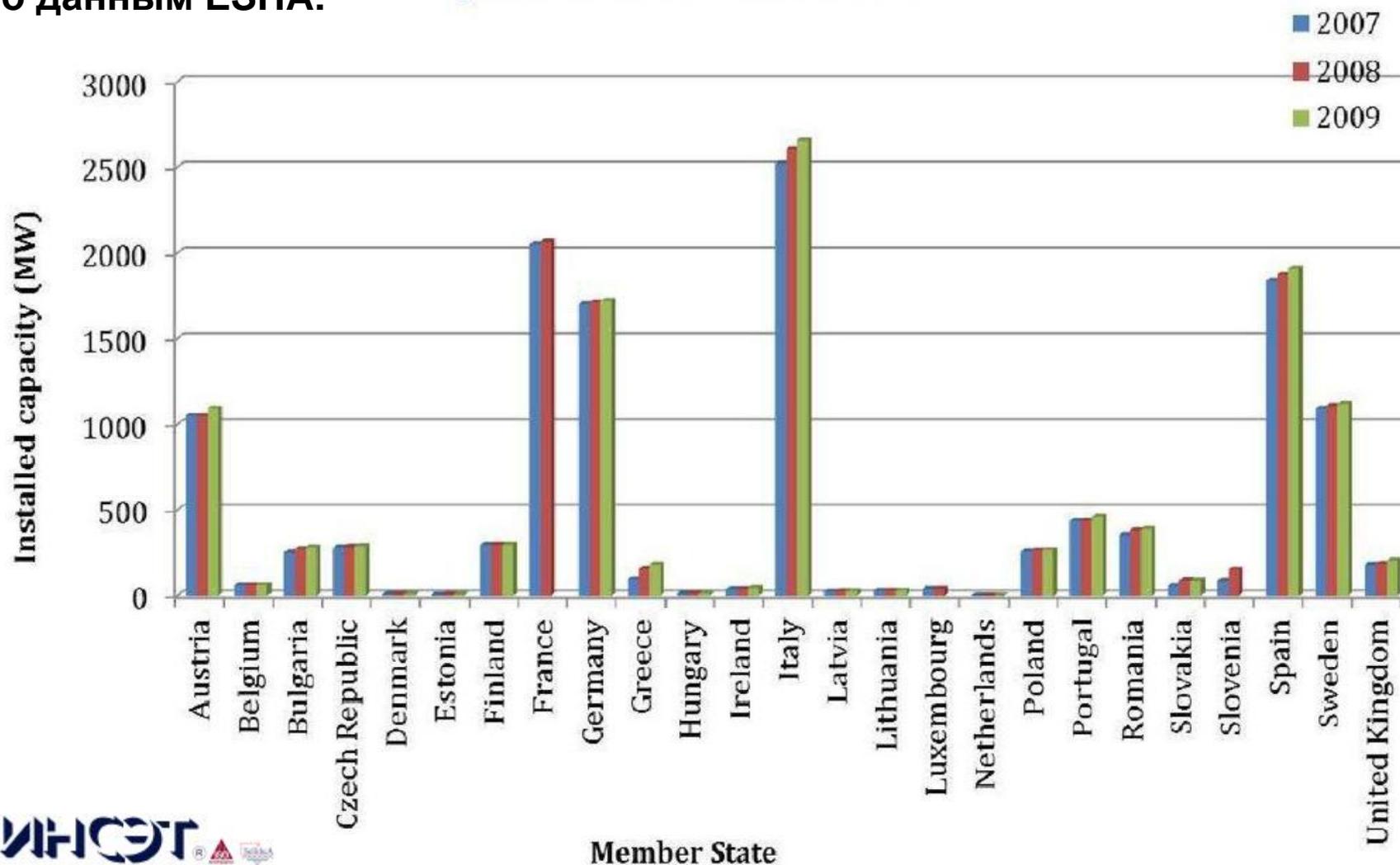
Распределение
установленной мощности
по регионам мира



Современный уровень развития малой гидроэнергетики в Европе

Total small hydropower installed capacity for the period 2007-2008-2009

По данным ESHA:



Общие данные и оценка потенциала возобновляемых источников энергии в странах СНГ



	Россия	Беларусь	Украина	Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан
Территория, тыс. км ²	17075,4	207,6	603,7	2724,9	199,9	143,1
Население всего, млн чел./ сельское, %	142,3/26	9,7/27,6	46,5/32	15/43	5,17/65	6,9/73,6
Производство/ потребление электроэнергии, млрд кВт•ч	991/975	30,1/34,7	192/181,8	71,6/71,8	14,9/12,3	17,1/17,3
Зависимость от импорта энергоресурсов, %	3	85	54,8	<30	80	< 40
Дефицит электроэнергии, млрд кВт•ч	50	4,94	нет	0,75-0,98	700МВт	3,5-4
Потенциал возобновляемых источников энергии, млн т у.т./год в том числе:	270 Э	<3 Э	37,7Э	-	840 В	<3 Э
-геотермальная	115 Э	-	0,83 Э	0,5 Т	21 В	0,1 Э
-гидро (малая)	65,2 Э	0,1 Э	0,65 Э	0,9 Э	0,7 В	2,0 Э
-биомасса	35 Э	3,2 Э	10,13 Э	2 В	1,8 В	0,15 Э
-солнечная	12,5 Э	0,005 Э	1,3 Э	0,340 В	570 В	0,6 Э
-ветровая	10 Э	0,002 Э	2,15 Э	0,3 Э	246 В	0,15 Э
-низкопотенциальная	36 Э	-	22,7 Э			



В – валовой (совокупный) потенциал; Т – технический потенциал;
Э – экономический потенциал

Общие данные и оценка потенциала возобновляемых источников энергии в странах СНГ



	Туркменистан	Узбекистан	Молдова	Армения	Азербайджан	Грузия
Территория, тыс. км ²	491,2	447,4	33,8	29,7	86,6	69,7
Население всего, млн чел./ сельское, %	6,8/55	26/61	3,4/58	3,2/36	8,4/48	4,4/52
Производство/ потребление электроэнергии, млрд кВт•ч	12,8/11,5	47,6/47,2	1,2/2,6	5,9/4,3	22,8/20	7,3/8,5
Зависимость от импорта энергоресурсов, %	нет	нет	98	< 80	11,6	< 50
Дефицит электроэнергии, млрд кВт•ч	нет	нет	< 1	нет	2	1
Потенциал возобновляемых источников энергии, млн т у.т./год в том числе:	-	256Т	4,04Т	31,3Т	-	-
-геотермальная	-	-	-	19,9В	-	2В
-гидро (малая)	-	2,5Т	0,5Т	0,92Т	0,6Т	2 Т , 0,5 Э
-биомасса	-	0,4Т	0,74Т	-	-	0,13
-солнечная	0,216В	252Т	1,8Т	30Т	0,01Э	0,0486 В
-ветровая	184,5В	0,5Т	1,0Т	0,2Т	0,5Т	370-490 Э
-низкопотенциальная						

Развитие малой гидроэнергетики в Индии

Основные факты:



Электрифицированных деревень	83%
Сельские дома, подключенные к электрическим сетям	<50%
Доля МГЭС (до 25 МВт) в секторе энергетики	2%

Потенциал МГЭС

- Всего - 15,000 МВт
- Уточненный - 11,356 МВт (4554 мест)
- Используемый - 1975 МВт(602 проектов)
- В разработке - 649 МВт(219 проектов)

Цель 10- летнего плана - 600 МВт



Развитие малой гидроэнергетики в Индии



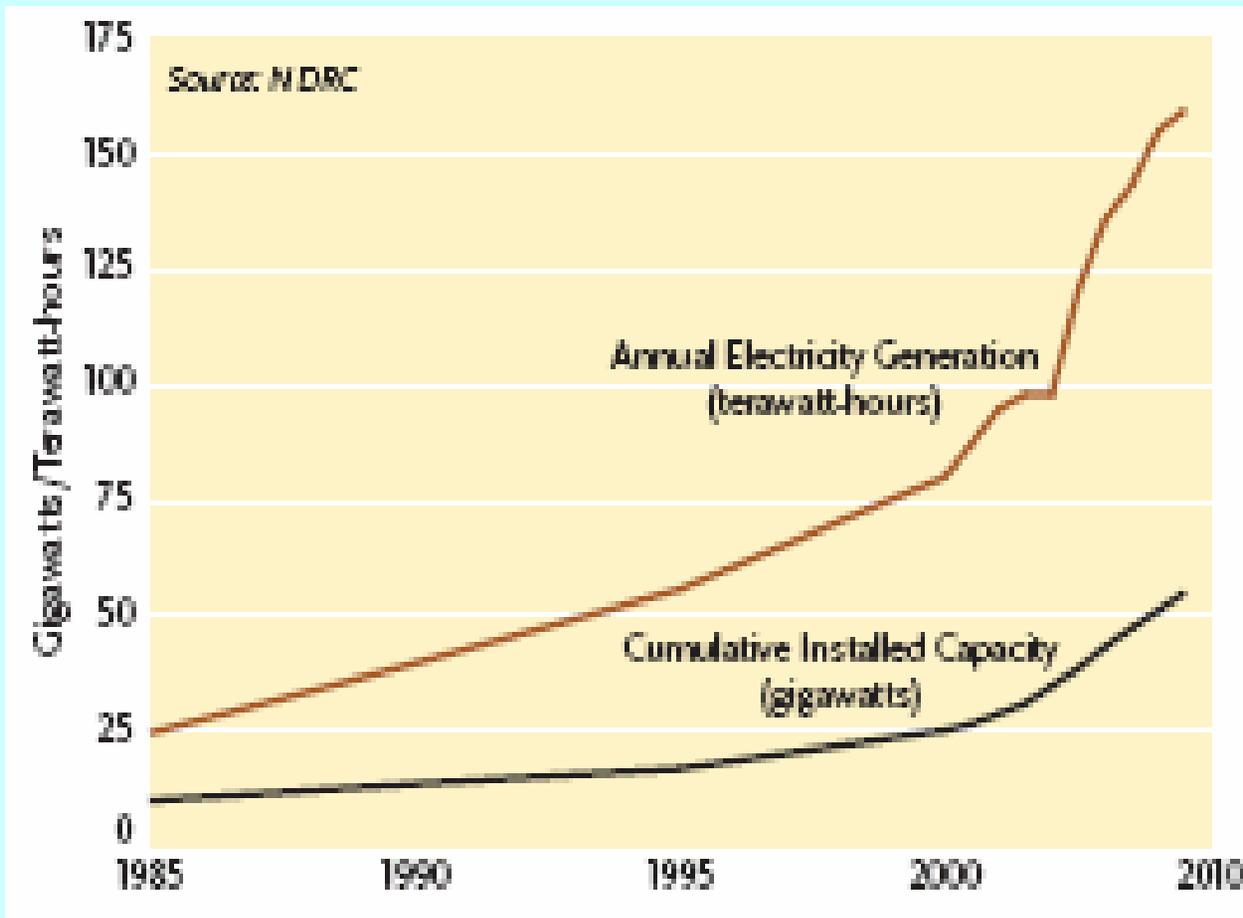
Тип проекта	Количество МГЭС, шт.	Мощность, МВт
Действующие	706	2302
Строящиеся	343	1429
Перспективные	4668	11653
Всего	5717	15384

Стадии и сроки реализации проектов

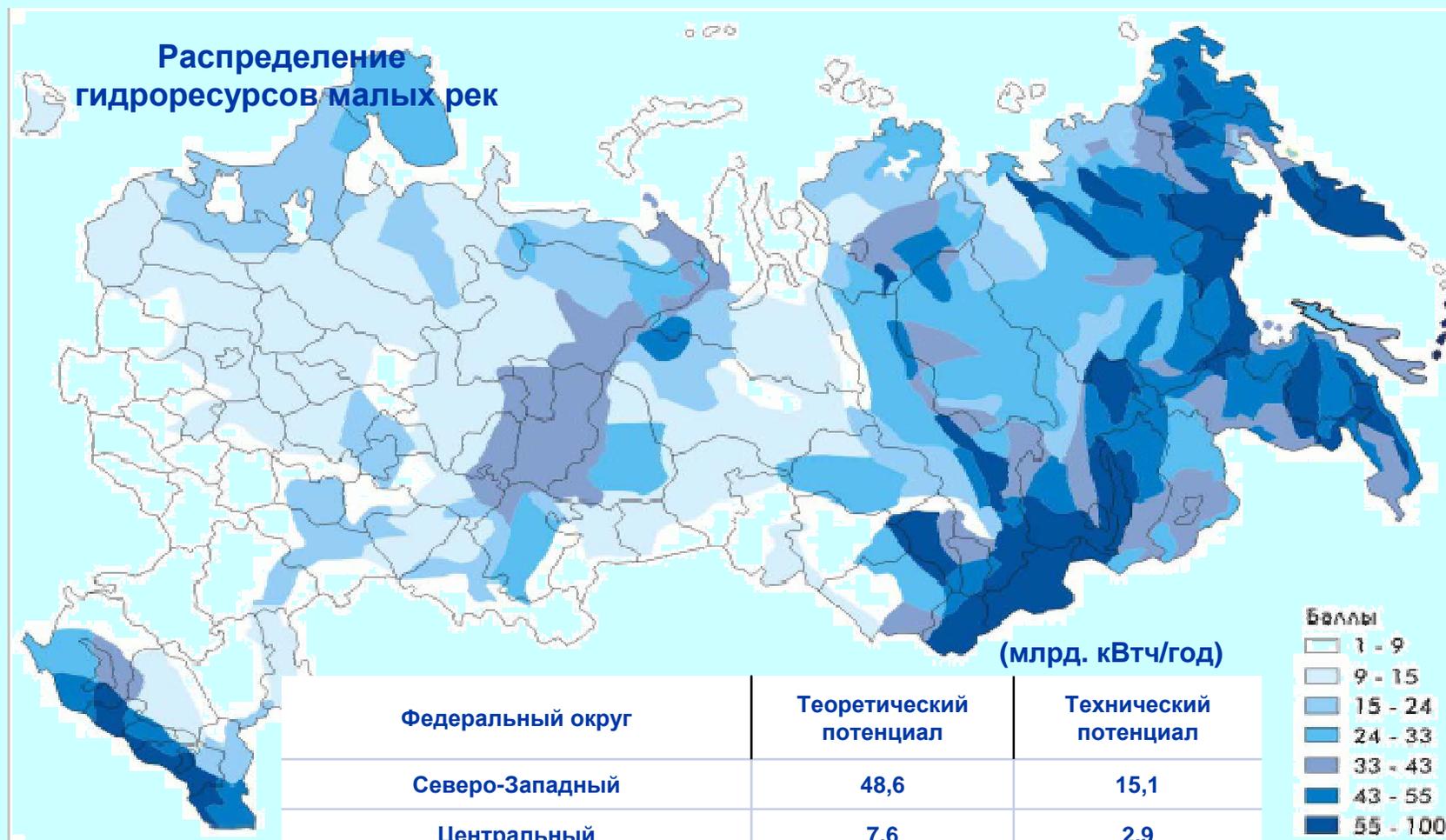
Стадия	Время, месяцев	
	Индия	Россия
Административная	6-9-12	12-18
Предпроектная	4 – 24	4
Строительство	12-24	12-18
Оформление	1	1

Развитие малой гидроэнергетики в Китае

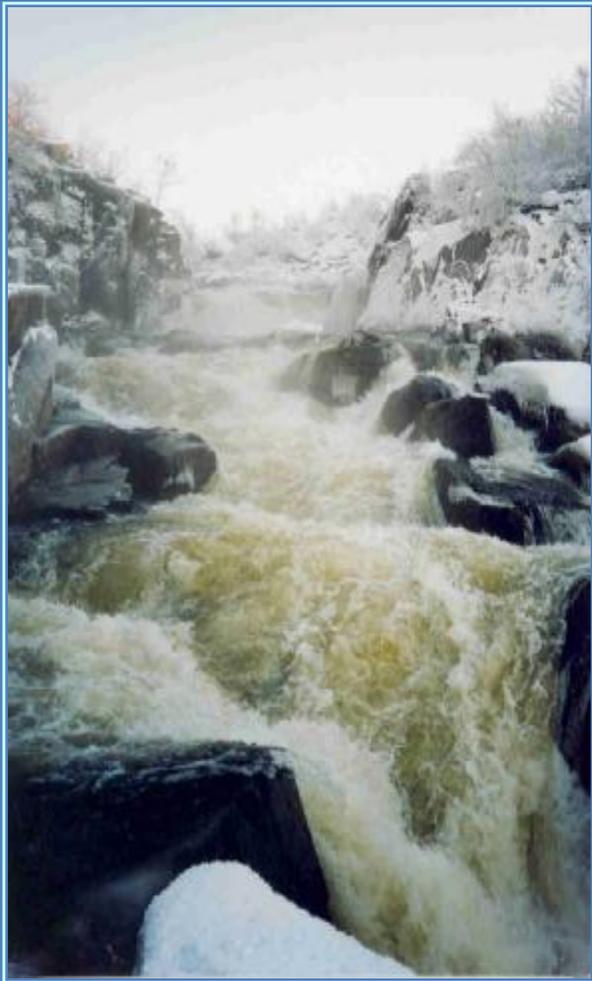
China's Small Hydropower Installed Capacity and Power Generation, 1985–2009



Гидроэнергетический потенциал малых рек России



Федеральный округ	Теоретический потенциал	Технический потенциал
Северо-Западный	48,6	15,1
Центральный	7,6	2,9
Приволжский	35	11,4
Южный	50,1	15,5
Уральский	42,6	13,2
Сибирский	469,7	153
Дальневосточный	452	146
ИТОГО по России	1105,6	357,1



В РОССИИ:

2,5 миллиона малых рек

**Сток малых рек составляет
около 50% общего стока рек**



**На территории бассейнов
малых рек проживает**

до 44% городского населения;

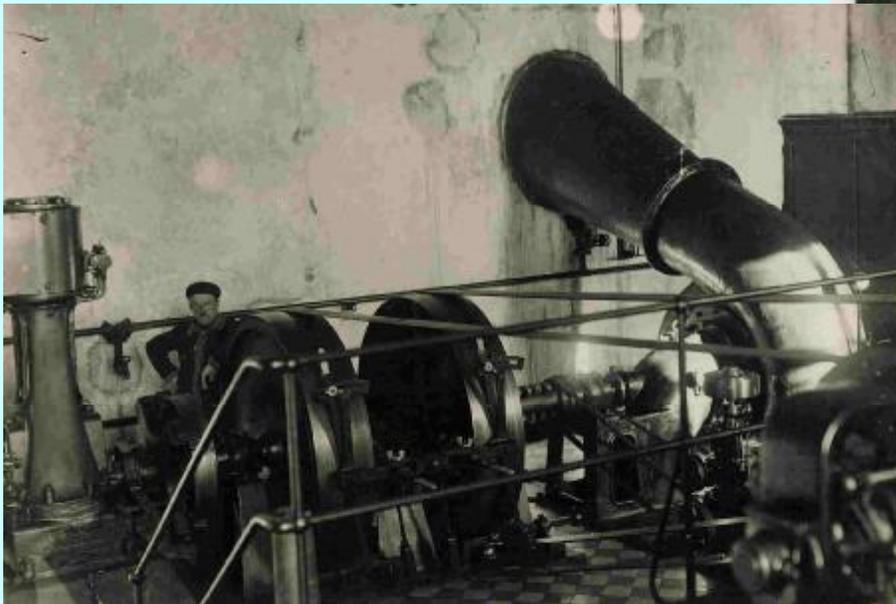
90 % сельского населения



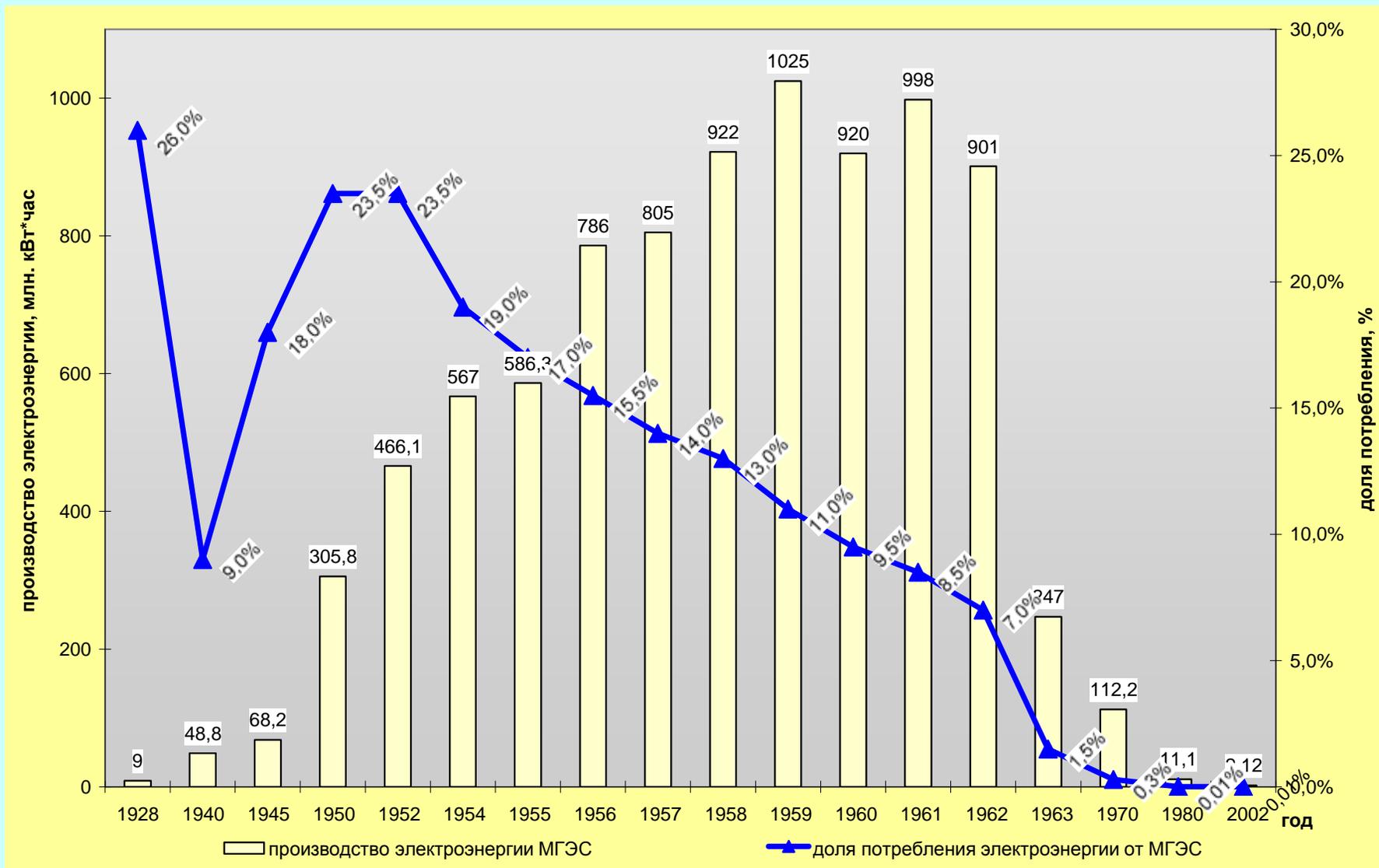
В РОССИИ:

в 1861 г. на уральских заводах работало
свыше 1600 водяных колес

с 1946 по 1952 гг.
в Советском Союзе было построено около
7000 МГЭС



Динамика производства электроэнергии на МГЭС в России



Общие проблемы развития малой гидроэнергетики

- § Отсутствие стратегии развития
- § Административно-хозяйственные проблемы на федеральном и региональном уровнях
- § Отсутствие нормативной базы для проектирования и создания оборудования
- § Научно-технические проблемы

Научно-технические проблемы

Создание оборудования

Надежность, простота изготовления, обслуживания.

Обеспечение возможности работы в автономном режиме или (и) параллельно с энергосистемой.

Соответствие вырабатываемого электрического тока требованиям ГОСТов по частоте и напряжению.

Уровень автоматизации, обеспечивающий безлюдную эксплуатацию.

Экологическая безопасность принятых решений.

Проектирование

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.

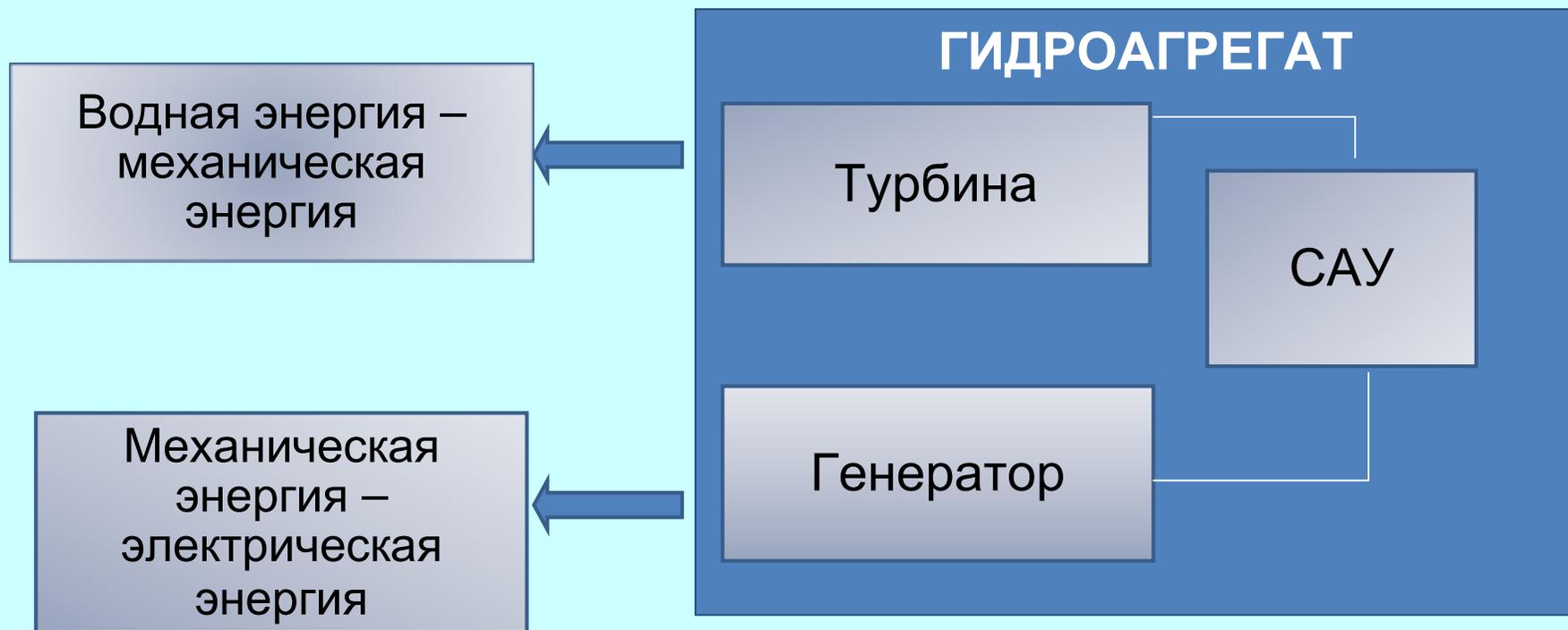
Оценка ресурса

Выявление региональных технических ресурсов.

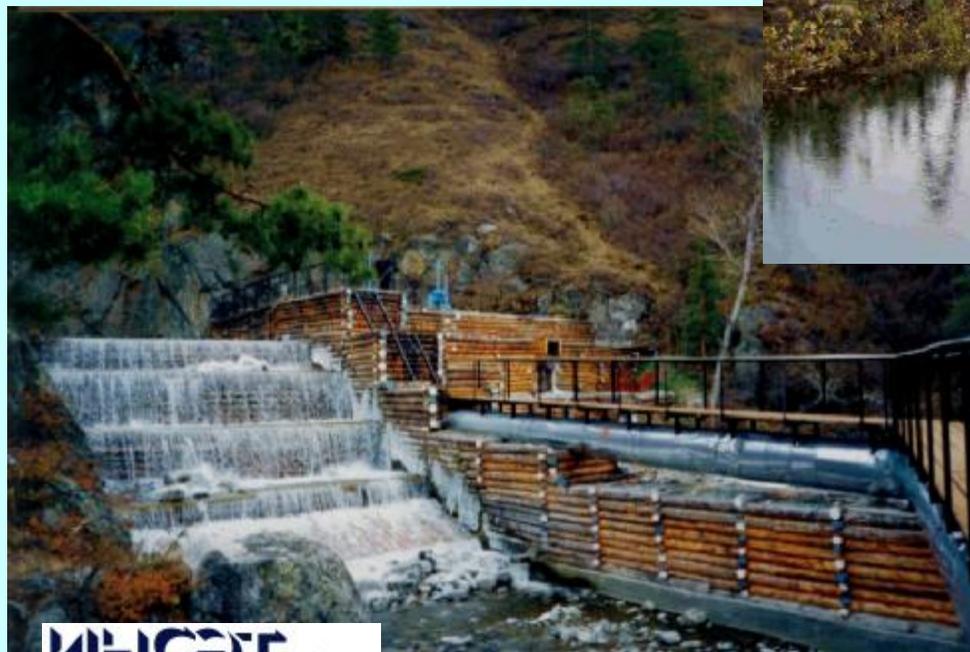
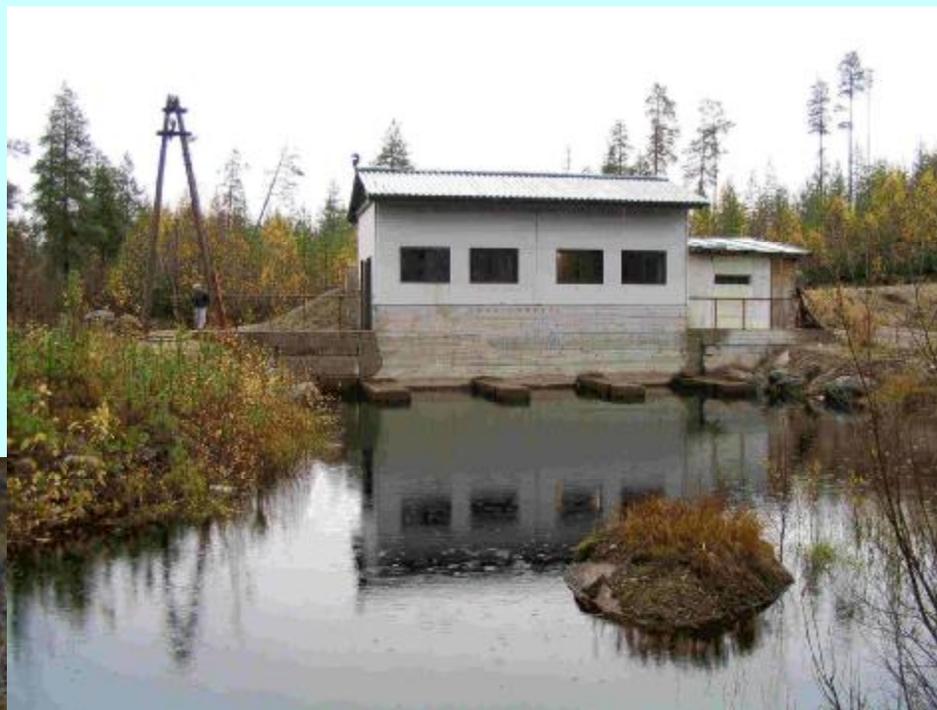
Особенности водозаэнергетических расчетов.

Учет боковой проточности.

Основной научно-технической проблемой является совершенствование технологии производства электрической энергии – процесса преобразования водной энергии в электрическую энергию



Перспективные направления сооружения малых ГЭС



1. Реконструкция старой гидростанции

В 50-60 е годы в стране работало
около 8 000 малых ГЭС



**Акбашская МГЭС,
Кабардино-Балкария
Станция восстановлена в 1995 г.**

**МГЭС оснащена двумя
гидроагрегатами ГА8
Мощностью по 500 кВт**



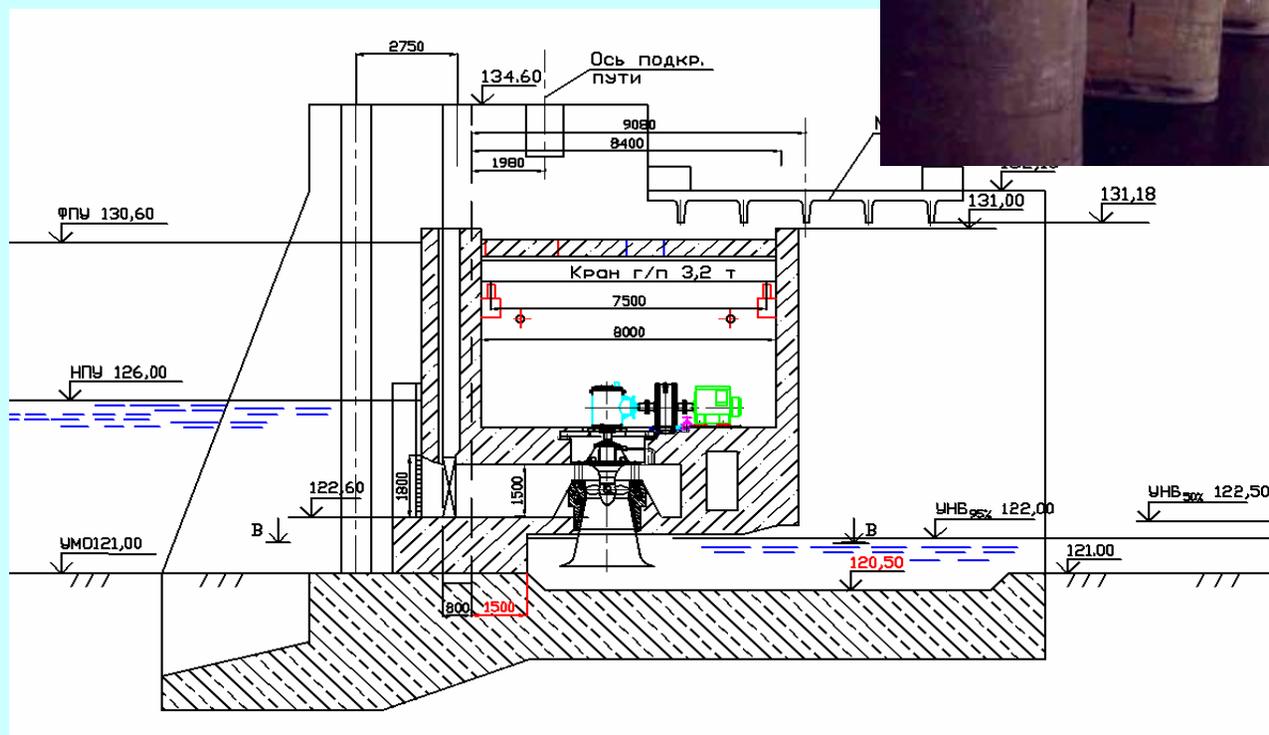
**Лукомльская МГЭС, Белоруссия
Станция введена в эксплуатацию в 2000 г.**



**На МГЭС установлено четыре
гидроагрегата Пр15 по 70 кВт**

2. Пристройка к существующим водохозяйственным объектам

2.1. МГЭС при мелиоративной плотине



Токмовская МГЭС
Станция введена в
эксплуатацию в мае
2009 г.

2.2 МГЭС на перепаде мелиоративного канала



Ургутская МГЭС
Строительство станции
осуществлено на канале
Обводной Даргом
Станции введена в эксплуатацию
в 2003 г.
На станции установлено шесть
гидроагрегатов мощностью по
500 кВт с пропеллерной
турбиной Æ 1250 мм

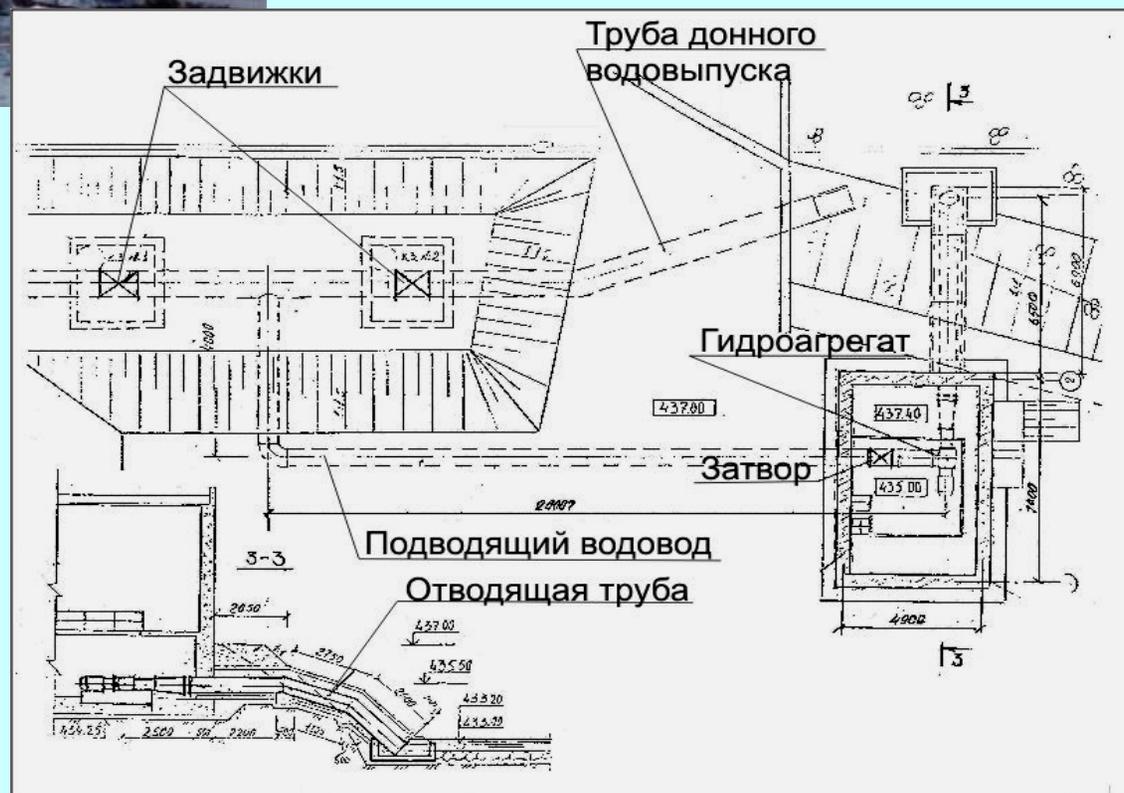


2.3 МГЭС на водовыпуске водохранилища

Узянская МГЭС
введена в эксплуатацию в 1999 г.

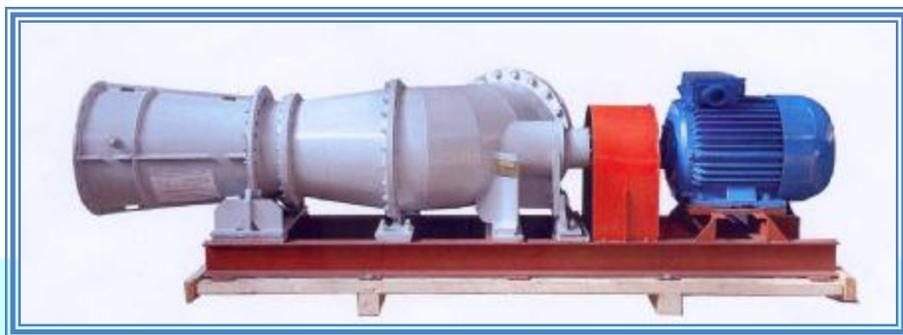
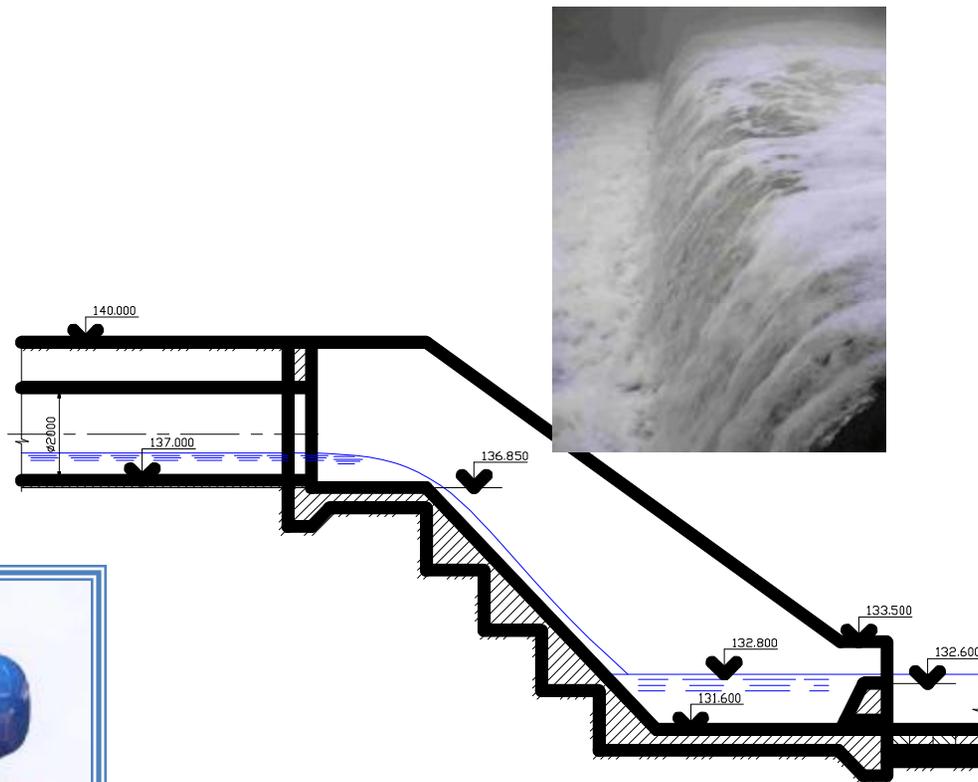
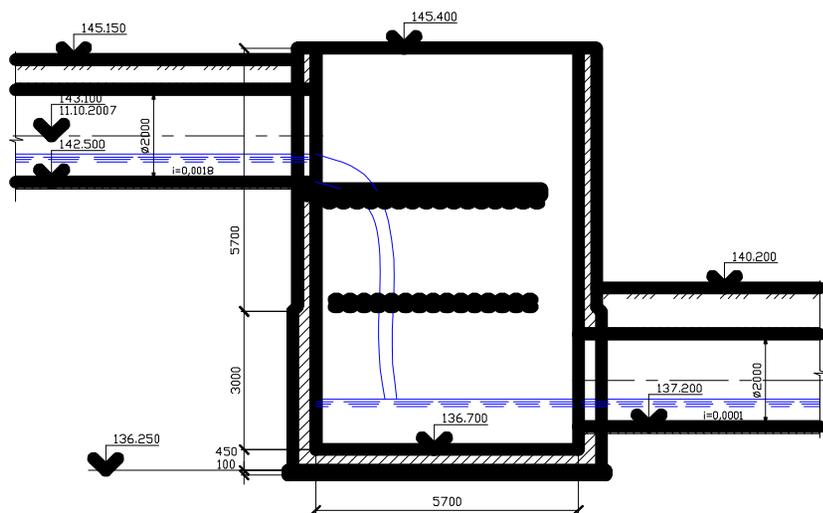
На донных водовыпусках установка гидроагрегатов осуществляется врезкой подводящего трубопровода в трубу водовыпуска.

На станции установлен гидроагрегат мощность 50 кВт с пропеллерной турбиной Æ 460 мм





2.4 МГЭС на очистных сооружениях



Гидроагрегат 75-100 кВт

3. Новое строительство

МГЭС Кызыл-Хая, Республика Тыва
Станции введена в эксплуатацию в 2001 г.



Станция построена за
15 месяцев



Здание выполнено из
лиственницы с
металлическим каркасом



Три агрегата по 50 кВт

Основные требования к оборудованию для МГЭС

1. Надежность, простота обслуживания и ремонта оборудования;
2. Обеспечение возможности работы в автономном режиме или параллельно с энергосистемой;
3. Соответствие вырабатываемого электрического тока требованиям ГОСТов по частоте и напряжению;
4. Уровень автоматизации, обеспечивающий безлюдную эксплуатацию;
5. Экологическая безопасность принятых проектных, конструкторских и технологических решений.

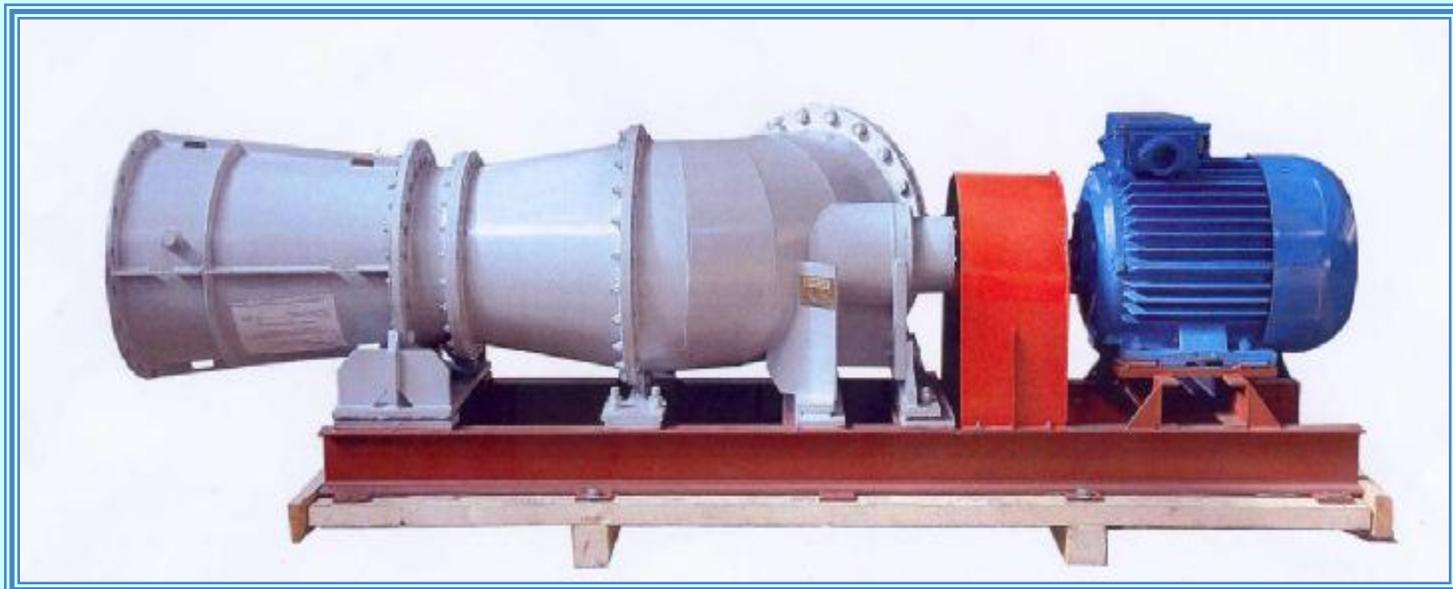


ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС

1. Для уменьшения количества типоразмеров оборудования с целью обеспечения возможности серийного изготовления, а также применения типовых строительных конструкций, состоящих из унифицированных блоков, новые створы для будущих МГЭС необходимо подбирать с близкими, по возможности, расходами и напорами.
2. Целесообразно использовать 2-4 типоразмера гидроагрегатов, характеристики которых перекрываются в переходных по напорам зонах, что обеспечивает возможность выбора рационального варианта гидроагрегата в конкретных условиях.
3. Агрегаты МГЭС, как правило, комплектуются серийными асинхронными генераторами и, в случае необходимости, мультипликаторами. Могут быть использованы также синхронные генераторы.
4. Направляющий аппарат гидротурбин выполнен с фиксированными лопатками, одновременно выполняющими роль колонн статора. Во время монтажа лопатки устанавливаются на оптимальный угол применительно к условиям работы конкретной МГЭС.
5. Рабочие колеса осевых гидротурбин выполнены пропеллерными с возможностью установки лопастей при монтаже в заданное положение и их последующим жестким закреплением во втулке.
6. Система автоматического управления (САУ) выполнена электронно-электрической, что обеспечивает возможность оперативного решения задач управления агрегатами и защиты их от аномальных режимов работы благодаря быстрдействию, измеряемому сотыми долями секунды.
7. САУ строится по модульному принципу и состоит из унифицированных блоков. Это позволяет использовать ее для обеспечения работы на различных режимах всех типов агрегатов и облегчает.
8. САУ исключает присутствие обслуживающего персонала на ГЭС при эксплуатации.

Основные технологические принципы, положенные в основу создаваемого оборудования для МГЭС

1. Поставка полностью собранных гидротурбин или узлов гидроагрегата, прошедших контрольную сборку на заводе
2. Применение материалов и технологий, обеспечивающих ремонтпригодность гидротурбин на объекте



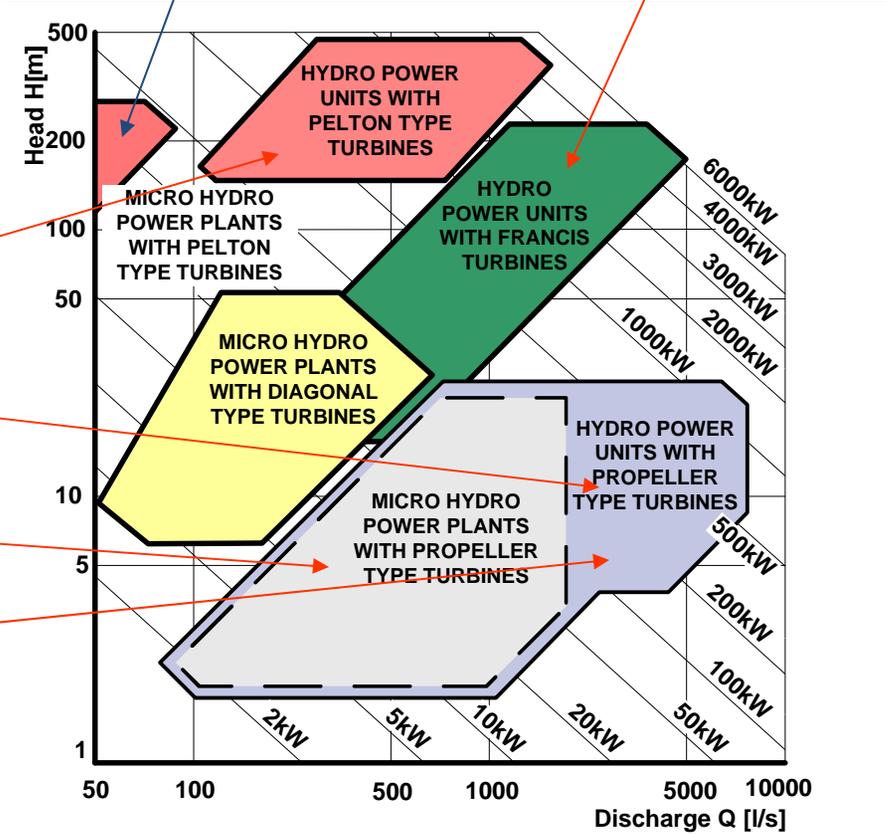
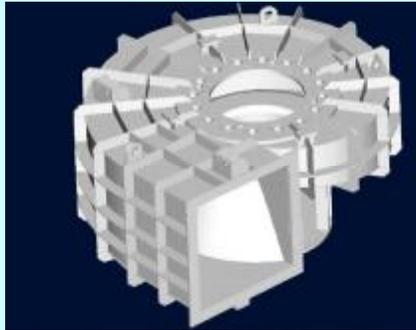
Основные технологические принципы, положенные в основу создаваемого оборудования для МГЭС

3. Отказ от сложных приводов и систем регулирования и переход на электронно-электрические системы управления
4. Использование балластного устройства для поглощения избыточной мощности при работе на автономного потребителя



Оборудование для малых ГЭС

Напоры от 3 до 450 м, мощность от 5 до 5000 кВт



В мире около 60 производители оборудования для МГЭС

Фирма	Параметры	Тип турбины			
		Радиально-осевая	Поворотно-лопастная	Ковшовая	Тюрго
Kössler, Германия 	Напор Н(м)	10 - 400	1- 40	80 – 1000	Не выпускается
	Расход Q(м³/с)	0.2 - 10 (15)	1 -30	0,01- 4 (8)	
	Мощность(кВт)	100 -10000 (20000)	100 - 10000(15000)	100 – 5000(10000)	
Gilkes, Япония 	Напор Н(м)	3 - 300	Не выпускается	20 - 800	7 - 400
	Расход Q(м³/с)	0.06 - 40		0.01 – 8	0.02 – 10 (15)
	Мощность(кВт)	20 - 20 000		20 - 20 000	20 - 10 000
Vatech-hydro, Австрия	Напор Н(м)	Up to 250	Up to 12	Up to 1000	Не выпускается
	Расход Q(м³/с)	Up to 20	Up to 60	Up to 7	
	Мощность(кВт)	Up to 15 000	Up to 5 000	Up to 15 000	
Alstom, Франция 	Напор Н(м)	15 – 400	2 - 40	150 – 1000	Не выпускается
	Расход Q(м³/с)	0.5 – 60	4 – 200	0.25 – 10	
	Мощность(кВт)	500 – 30 000	>500 – 15 000	< 500 – 30 000	
Adritz, Австрия 	Напор Н(м)	Up to 744	Нет инф	UP to 733	
	Расход Q(м³/с)	Up to 28	Нет инф.	Up to 8	
	Мощность(кВт)	183, 300	30,300 – bulb 73,000 - vert.	50, 100	

Гидроагрегаты с пропеллерными гидротурбинами



Напоры 2...22 м
Расходы 0,07...11 м³/с
Мощность до 1800 кВт



ИНСЭТ



Реализованные проекты с пропеллерными гидротурбинами:



**Акбашская МГЭС,
Кабардино-Балкария
Станция восстановлена в 1995 г.**

МГЭС оснащена двумя гидроагрегатами ГА8
Мощностью по 500 кВт



**Лукомльская МГЭС, Белоруссия
Станция введена в эксплуатацию в 2000 г.**



На МГЭС установлено четыре
гидроагрегата Пр15 по 70 кВт



«Токмовская» МГЭС, Мордовия

**Станция вновь введена в
эксплуатацию в мае 2009 г.**

МГЭС оснащена двумя
гидроагрегатами ГА1 мощностью
по 132 кВт с пропеллерными
гидротурбинами $\varnothing 1200\text{мм}$



МГЭС «Ляскеля», Республика Карелия

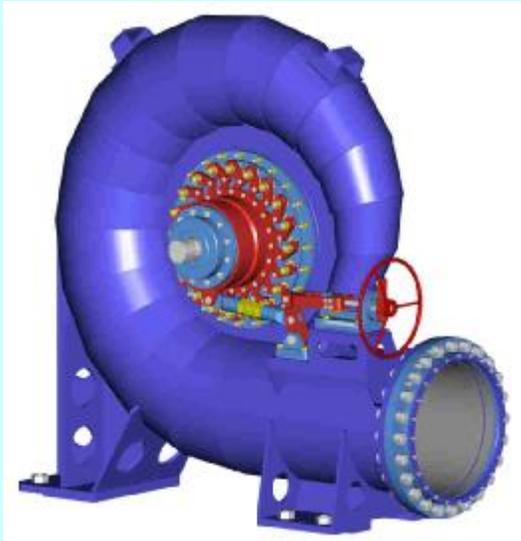


Станция вновь введена в эксплуатацию после реконструкции в сентябре 2011 г.

МГЭС оснащена шестью гидроагрегатами ГА8М мощностью по 800 кВт
с пропеллерными гидротурбинами $\varnothing 1250\text{мм}$



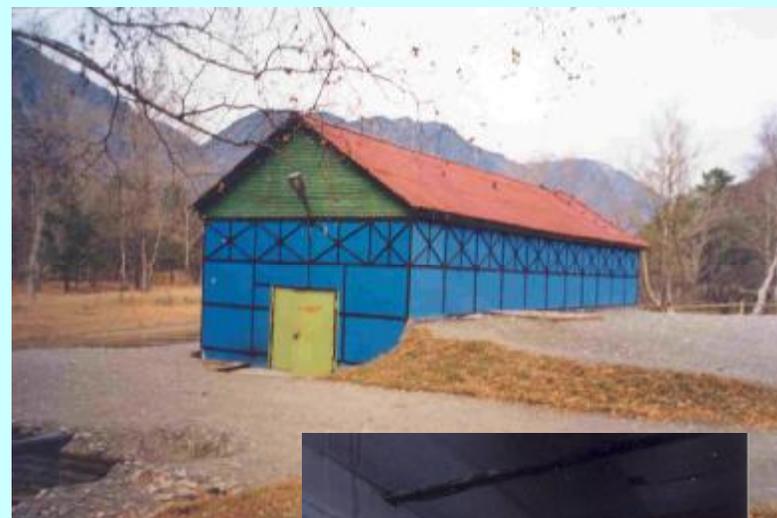
Гидроагрегаты с радиально-осевыми гидротурбинами



Напоры 25...160 м
Расходы 0,4...4 м³/с
Мощность до 5000 кВт



**Реализованные проекты
с радиально-осевыми гидротурбинами:
в 2002 г. сдана в эксплуатацию МГЭС «Кайру»
мощностью 400 кВт**



МГЭС «Фаснал» Северная Осетия

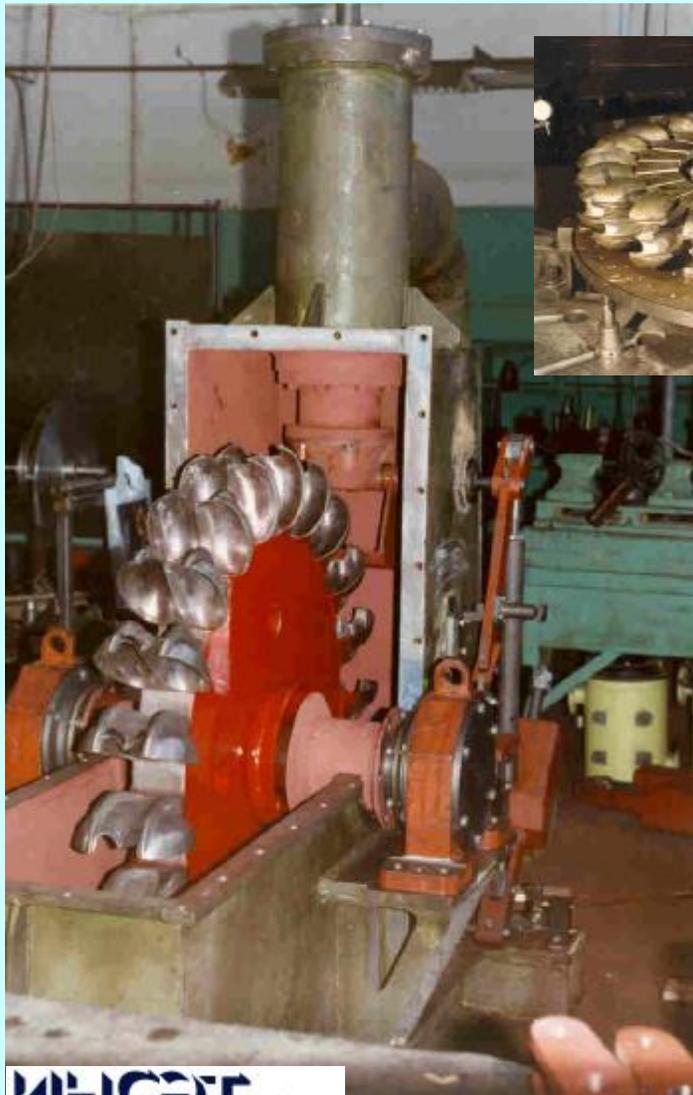


МГЭС «Аракульская» Дагестан



Напор 118 м, расход 7,5 м³/с
Установленная мощность 6,4МВт
МГЭС оснащена
тремя гидроагрегатами ГА9
и одним агрегатом ГА10

Гидроагрегаты с ковшовыми гидротурбинами



Напоры 150...250 м
Расходы 0,17...0,32 м³/с
Мощность до 620 кВт



В 2003 г. по программе развития малой гидроэнергетики начато строительство МГЭС Джазатор на р.Тюнь
Станция сдана в эксплуатацию 15 ноября 2007 г.



Гидроагрегаты с ковшовыми гидротурбинами



Напоры 100...450 м
Расходы 0,19...0,9 м³/с
Мощность до 3300 кВт





МГЭС «Фаснал» Северная Осетия

Напор 118 м, расход 7,5 м³/с

**МГЭС оснащена
тремя гидроагрегатами ГА9
и одним агрегатом ГА10**

Пропеллерная S-образная гидротурбина



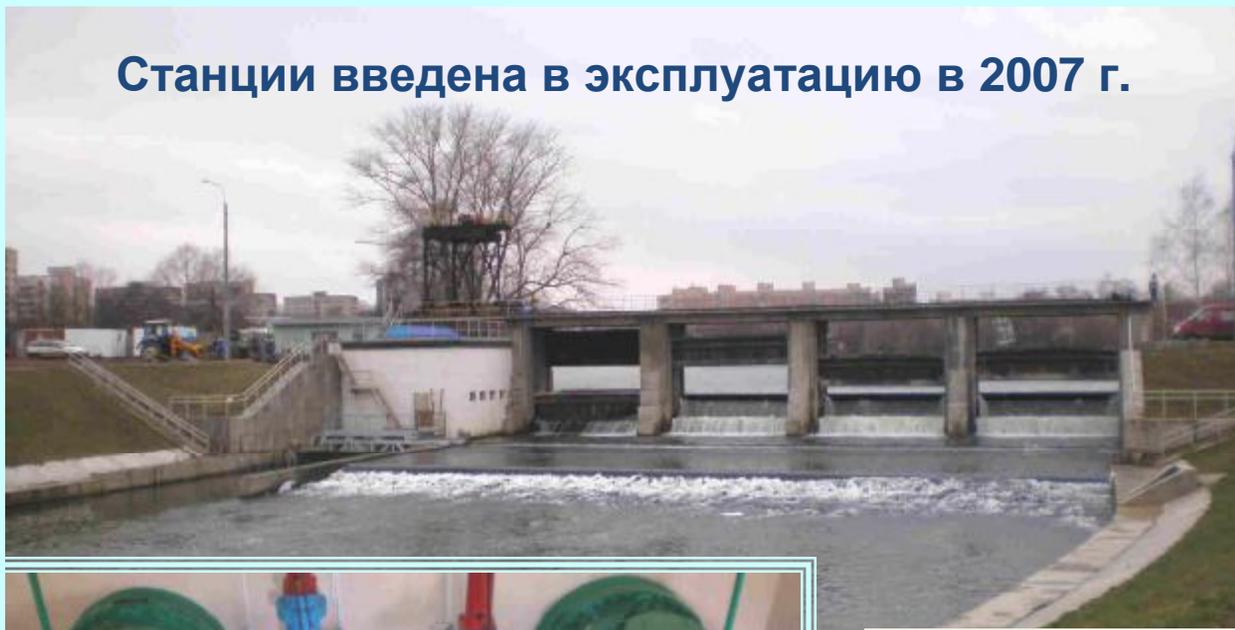
Напоры 2,5...7,2 м
Расходы 1,8...5,5 м³/с
Мощность до 300 кВт



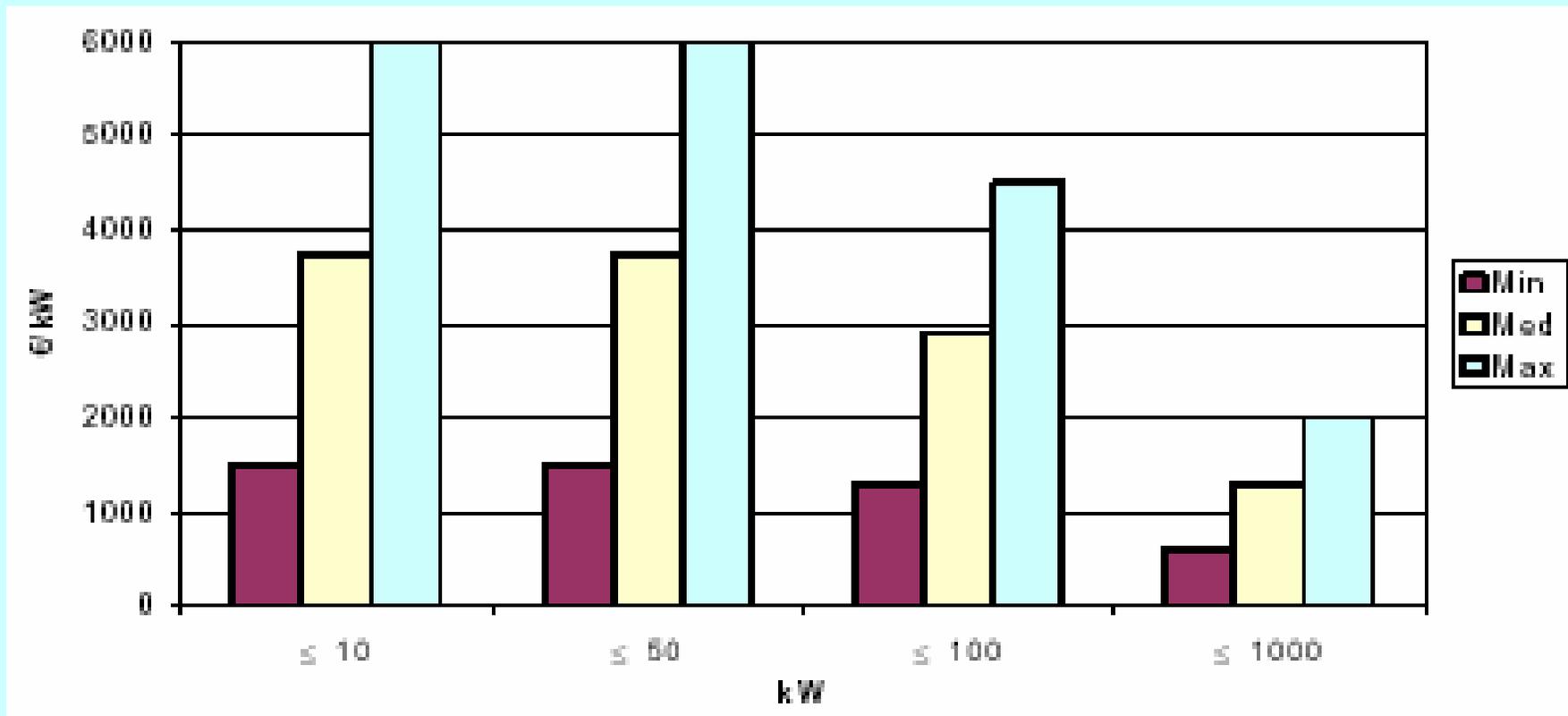
МГЭС на сбросах Минской ТЭЦ-2, Белоруссия

Станция введена в эксплуатацию в 2007 г.

На станции установлено
два гидроагрегата ГАС
мощностью по 130 кВт
с пропеллерной
турбиной $\Phi 1000$ мм



Основные экономические показатели малой гидроэнергетики



Мировой уровень инвестиций (в EURO/кВт)
в зависимости от мощности малой ГЭС

Стоимость 1 кВт*ч произведенного на малой ГЭС:

в России (по данным Минэнерго)

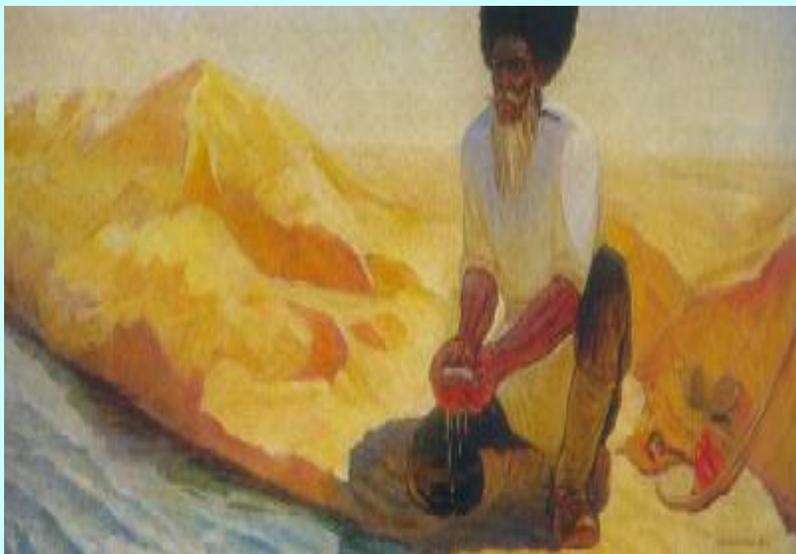
в централизованной энергосистеме

в автономной энергосистеме

0,4-0,6 руб. (1,5-2 цента)

1,1-2,3 руб. (4-8 центов)

за рубежом 3-4 цента



Для сравнения:

на ВЭС

4-5 центов

на геотермальной
станции

5-6 центов

на угле

5,2-8 центов

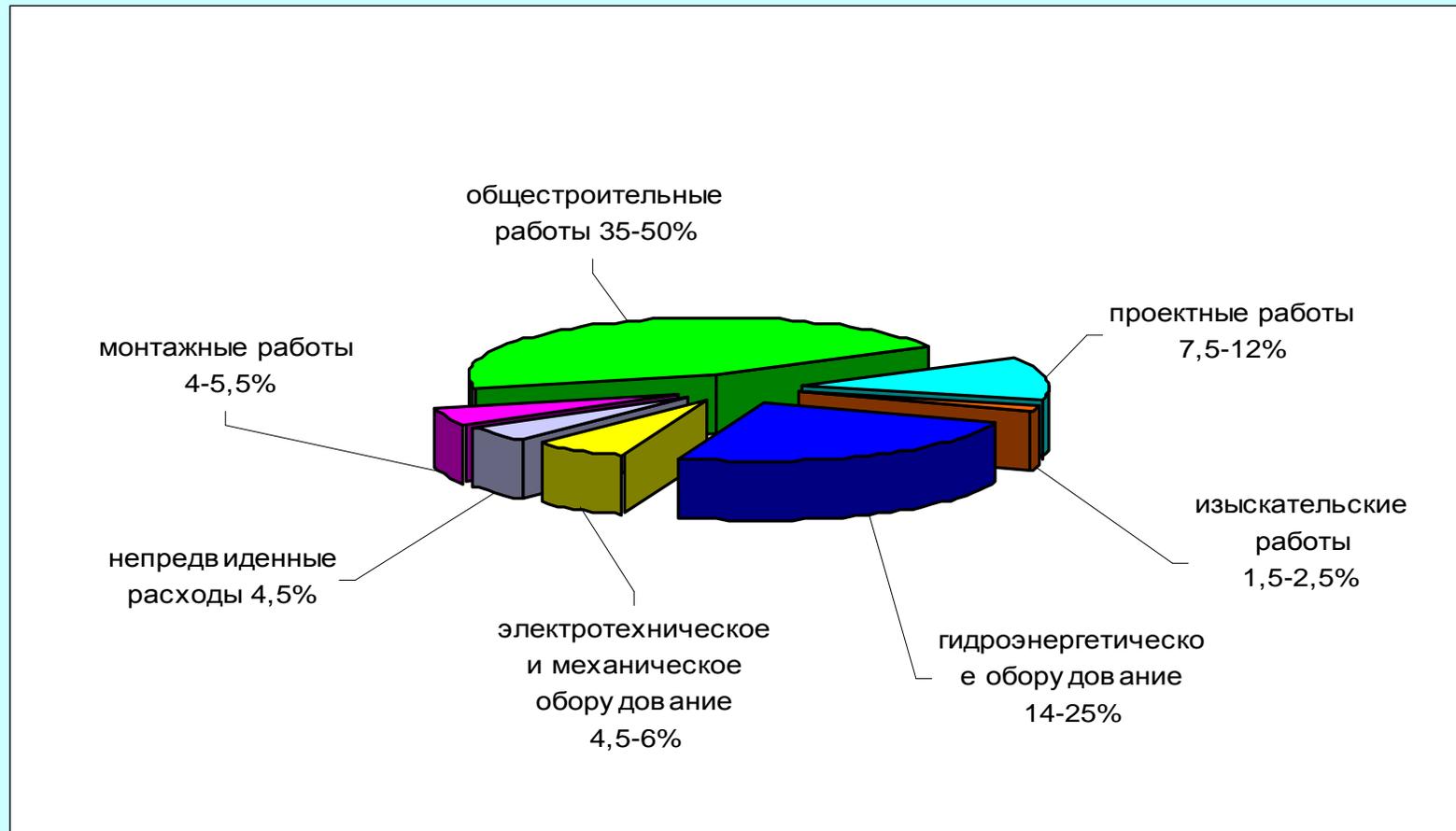
на газе

5-6,5 центов

атомная энергия

4-8 центов

Распределение затрат при строительстве малой ГЭС:



Срок окупаемости малой ГЭС:

в России (по данным Минэнерго)

в централизованной энергосистеме 8-10 лет
при удельных капвложениях 1500 долл/кВт

в автономной энергосистеме 3-5 лет
при удельных капвложениях 2000 долл/кВт

Стоимость гидроэнергетического оборудования для малой ГЭС:

в России 300 - 1200 долл/кВт
за рубежом 1500 - 1800 долл/кВт





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

За дополнительной информацией обращайтесь
в ЗАО «МНТО ИНСЭТ» г.С.-Петербург, www.inset.ru

