



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

**1**  
**ВЫПУСК**  
**2016**

— МОСКВА —

### **УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

*В центре внимания очередного выпуска «Энергетической политики» – перспективы развития российской гидроэнергетики в XXI веке и международные интеграционные процессы в электроэнергетике в целом. В этой связи ключевое значение имеет разработанная недавно по заказу ПАО «РусГидро» ведущими профильными научными коллективами страны Программа развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года, а также проект интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки. Основные положения и направления этих отраслевых программных документов нашли свое отражение и на страницах данного выпуска.*

*Кроме того, в этом номере представлены материалы ведущих специалистов, затрагивающие вопросы экономического использования гидропотенциала России, роли и места международных интеграционных проектов в развитии мировой электроэнергетики, мирового рынка водных ресурсов, водного капитала и др. Надеемся, что опубликованные статьи будут представлять несомненный интерес для нашей читательской аудитории.*

### **DEAR READERS!**

*The focus of the next issue of «The Energy Policy» – the prospects for the development of Russia's hydropower in the twenty-first century and international integration processes in the power industry as a whole. In this regard, of utmost significance is the commissioned by PJSC «RusHydro» and recently developed by leading specialized research teams of the country the Russian Hydropower Development Program up to 2030 and for the perspective of up to 2050, as well as the integration project of Russian hydropower resources into global power markets. Basic concepts and trends of the industry's programs are reflected on the pages of this issue.*

*In addition, this issue contains materials of leading experts, involving issues of economic exploitation of Russia's hydro potential, the role and place of international integration projects in the global power industry, the global water market, water capital and others. We hope that the published articles will be of great interest to our readership.*



ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ, НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Выпуск • 1 • 2016

Издается с 1995 года

## Редакционная коллегия:

- В.В. Бушуев** – д.т.н., профессор, генеральный директор ИЭС, главный редактор
- А.М. Мастепанов** – д.э.н., профессор, зам. директора ИППНГ РАН, зам. главного редактора
- А.М. Белогорьев** – отв. секретарь, зам. директора по энергетическому направлению, Фонд «Институт энергетики и финансов»
- Н.И. Вороний** – д.т.н. чл.-корр. РАН, директор ИСЭМ СО РАН
- А.И. Громов** – к.г.н., Фонд «Институт энергетики и финансов», директор по энергетическому направлению
- А.Н. Дмитриевский** – д.г.-м.н., академик РАН, директор ИППНГ РАН
- В.А. Крюков** – д.э.н., чл.-корр. РАН, зам. директора ИЭОПП СО РАН
- Ю.Н. Кучеров** – д.т.н., начальник департамента технического регулирования ОАО «СО ЕЭС»
- А.А. Макаров** – д.э.н., академик РАН, советник РАН
- О.С. Попель** – д.т.н., зам. директора ОИВТ РАН
- В.В. Саенко** – к.э.н., зам. генерального директора ИЭС
- Ю.А. Станкевич** – зам. председателя Комитета РСПП по энергетической политике и энергоэффективности
- Ю.К. Шафраник** – д.э.н., председатель Совета директоров ЗАО «МНК «СоюзНефтеГаз»

Учредитель журнала «Энергетическая политика»: ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии»

Адрес редакции: 125009, Москва, Дегтярный пер., д. 9, оф. 011  
 Телефон ред.: (495) 411-53-33 (доб. 5218)  
 E-mail: ies2@umail.ru; krilosov@guies.ru  
 Web-site: http://www.energystrategy.ru  
 Выходит 6 раз в год  
 Ведущий редактор *С.И. Крылов*  
 Компьютерная верстка *В.М. Щербаков*  
 Отпечатано в типографии Onebook  
 Подписано в печать 26.02.2016  
 Формат 60x84/8  
 Бумага офсетная. Печать офсетная  
 Усл. печ. л. 11,85. Уч. изд. л. 12,75  
 Тираж 500 экз.  
 Заказ № 29 (67/02-99) ИЭС № 364

© ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии», 2016  
Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.  
При перепечатке материалов ссылка на издание обязательна.

ПОБЕДИТЕЛЬ VII ВСЕРОССИЙСКОГО  
ЖУРНАЛИСТСКОГО КОНКУРСА  
«ЛУЧШАЯ ПУБЛИКАЦИЯ  
ПО ПРОБЛЕМАМ ТЭК РОССИИ 2001 года»



## СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

### ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

### HYDROPOWER XXI CENTURY: RUSSIA AND GLOBAL INTEGRATION

**Б.Б. Богдаш, Р.М. Хазиахметов, В.В. Бушуев, Н.И. Вороний, Е.Н. Беллендир, Е.И. Ваксова, В.И. Чемоданов, С.В. Подковальников.** Основные положения Программы развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года.....3

**V. Bogush, R. Khaziakhmetov, V. Bushuev, N. Voropai, E. Bellendir, E. Vaksova, V. Chemodanov, S. Podkvalnikov.** The main provisions of the program of hydropower development of Russia up to 2030 and visions to 2050

**В.А. Баринов, В.А. Исаев, Н.В. Лисицын, А.С. Маневич, Ю.В. Усачев.** Развитие электроэнергетики, обеспечивающей энергетическую поддержку развивающейся экономике Сибири и Дальнего Востока.....20

**V. Barinov, V. Isaev, N. Lisitsyn, A. Manevich, Yu. Usachev.** Development of electric power industry, providing energy support for developing systems of Siberia and Far East economics

**Л.С. Беляев, Н.И. Вороний, О.В. Марченко, С.В. Подковальников, В.А. Савельев, С.В. Соломин, Л.Ю. Чудинова.** Электроэнергетическая интеграция России в Евразийское пространство: условия и роль гидроэнергетических ресурсов..... 26

**L. Belyayev, N. Voropai, O. Marchenko, S. Podkvalnikov, V. Saveliyev, S. Solomin, L. Chudinova.** Electricity russia's integration in the eurasian space: conditions and role of the hydro resources

- Б.Г. Санеев, А.Г. Корнеев, Г.В. Агафонов.** Оценка регионального спроса на электроэнергию в зонах строительства новых ГЭС в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.....37
- B. Saneev, A. Korneev, G. Agafonov.* Assessment of regional demand for electricity in the areas of the construction of new hydroelectric power plant in Eastern Siberia and the Far East
- Е.Н. Беллендир, Е.И. Ваксова, С.В. Тулянкин.** Невостребованный экономический гидропотенциал России... 50
- E. Bellendir, E. Vaksova, S. Tulyankin.* Unclaimed hydro-power potential of Russia
- В.В. Первухин.** Роль и место международных интеграционных проектов в развитии мировой электроэнергетики.....58
- V. Pervukhin.* The role of international infrastructure projects in the development of world power industry
- В.И. Чемоданов, Р.К. Адамоков, О.С. Карпова.** Обзор российских и зарубежных проектов энергетических мостов с учетом перспектив развития гидроэнергетики.....66
- V. Chemodanov, R. Adamokov, O. Karпова.* Review of the russian and foreign projects energy bridges and the perspectives of hydropower development
- В.С. Голубев, А.М. Тарко.** Водный капитал: Россия и страны мира.....77
- V. Golubev, A. Tarko.* Water capital: Russia and countries of the world
- Д.А. Соловьев.** Мировой рынок водных ресурсов: экономические предпосылки и роль России..... 83
- D. Soloviev.* Global water markets: economic background and the role of Russia

УДК 621.22 (470+571) «21»

**Б.Б. Богуш, Р.М. Хазиахметов, В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, Е.Н. Беллендир, Е.И. Ваксова, В.И. Чемоданов, С.В. Подковальников<sup>1</sup>**

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ ДО 2030 ГОДА И НА ПЕРСПЕКТИВУ ДО 2050 ГОДА**

В работе рассмотрены основные положения Программы развития гидроэнергетики России в увязке с прогнозными уровнями спроса на электроэнергию и балансовой ситуацией в объединенных энергосистемах России на период до 2050 года. Программа была разработана в рамках НИОКР по заданию ПАО «РусГидро» в 2015 г. специально созданным консорциумом ведущих российских научно-исследовательских и проектных организаций.

*Ключевые слова:* гидроэнергетика, гидроэнергетические ресурсы, электроэнергетическая инфраструктура, транспортные и межсистемные связи, программа развития гидроэнергетики, проекты энергетических мостов, балансы мощности и электроэнергии, вводы генерирующих мощностей.

Современный гидроэнергетический комплекс России составляют 102 гидроэлектростанции мощностью свыше 100 МВт. Общая установленная мощность гидроагрегатов на ГЭС в России составляет примерно 45 млн кВт (5-е место в мире), при этом в общем объеме производства электроэнергии в России доля ГЭС не превышает 21%.

Россия располагает значительным гидроэнергетическим потенциалом, что определяет широкие возможности развития гидроэнергетики. На ее территории сосредоточено около 9% мировых запасов гидроэнергии. По обеспеченности гидроэнергетическими ресурсами Россия занимает второе, после КНР, место в мире, опережая США, Бразилию, Канаду (табл. 1).

Несмотря на сохраняющуюся важную роль гидроэнергетики в ТЭК России, современное ее состояние нельзя назвать благополучным. Итоги последнего десятилетия свидетельствуют о нарастающей опасности утраты гидроэнергетикой ее стратегического значения на национальном уровне. В странах, располагающих достаточными гидроресурсами, интенсивное

гидростроительство продолжается. В итоге по производству гидроэнергии наша страна переместилась с третьего на пятое место в мире, уступая Канаде, Китаю, Бразилии и США. Для российской энергетики в долгосрочной перспективе в качестве задачи-минимум должно предусматриваться безусловное сохранение удельного веса гидрогенерации на близком к оптимальному уровню – 20%.

Для обоснования рационального и экономически эффективного использования гидроэнергетических ресурсов РФ с горизонтом планирования до 2050 г. по заданию ПАО «РусГидро» Институтом энергетической стратегии в сотрудничестве с рядом научно-исследовательских и проектных организаций (ИСЭМ СО РАН, АО «Институт Гидропроект», ОАО «ЭНИН», ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» и др.) в соответствии с государственными и официальными ведомственными материалами о состоянии и перспективе развития отрасли была разработана «Программа развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года» (далее Программа) [13].

---

<sup>1</sup>Борис Борисович Богуш – член правления, первый заместитель генерального директора – главный инженер ПАО «РусГидро», *e-mail:* office@rushydro.ru;

Расим Магсумович Хазиахметов – директор по технической политике и развитию ПАО «РусГидро», исполнительный директор НП «Гидроэнергетика России», *e-mail:* KhaziahmetovRM@rushydro.ru;

Виталий Васильевич Бушуев – генеральный директор Института энергетической стратегии, д.т.н., профессор, *e-mail:* vital@guies.ru;

Николай Иванович Воропай – директор Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор, *e-mail:* voropai@isem.irk.ru

Евгений Николаевич Беллендир – генеральный директор АО «Институт Гидропроект», д.т.н, *e-mail:* e.bellendir@hydroproject.ru;

Евгения Ильинична Ваксова – начальник отдела перспективных проектов АО «Институт Гидропроект», *e-mail:* oeipe@mail.ru;

Владимир Ильич Чемоданов – заместитель генерального директора по стратегическому планированию развития энергосистем ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ», к.э.н., *e-mail:* chemodanov\_v@oaoesp.ru

Сергей Викторович Подковальников – заведующий лабораторией ИСЭМ СО РАН, к.т.н., *e-mail:* spodkovalnikov@isem.irk.ru

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 1

### Гидроэнергетические ресурсы мира

Страны	Валовый гидроэнергетический потенциал	Технический гидроэнергетический потенциал	Экономический гидроэнергетический потенциал	Выработка действующих ГЭС	Освоение технических гидроэнергетических ресурсов
	ТВт•ч/год	ТВт•ч/год	ТВт•ч/год	ТВт•ч/год	%
Китай	6083	2500	1753	911,64	17
Россия	2784,3	1670	852	183,3	11
Бразилия	~2282	1250	763,5	391	31
Канада	2250	~981	~536	~353	36
Индия	2191,5	660	нет данных	114	17
США	4488	~528,5	376	269	51

Источник: [11].

Таблица 2

### Гидроэнергетический потенциал РФ

Федеральный округ	Гидроэнергетический потенциал			
	Теоретический, ТВт•ч	Технический, ТВт•ч	Экономический	
			ТВт•ч	Доля от технического, %
Северо-Западный	98,9	54,9	43,0	78
Центральный	16,9	8,4	6,0	71
Поволжский и Уральский	170,0	112,5	88,0	78
Северо-Кавказский Южный	107,7	53,4	25,0	47
Итого по европейской части	393,5	229,2	162,0	70,1
Сибирский, в т.ч.	992,5	756,5	396,0	52
Западная Сибирь	144,0	92,9	46,0	50
Восточная Сибирь	848,5	663,6	350,0	53
Дальневосточный	1008,4	684,1	294,0	43
Итого Сибирь и Дальний Восток	2000,9	1440,6	690,0	47,9
Всего по России	2394,4	1669,8	852,0	51

Источник: [13].

Формирование Программы было выполнено на основе оценки социально-экономической эффективности проектов гидрогенерации, развития рынков сбыта, а также развития инфраструктуры и сетей. Ниже представлены основные положения Программы.

1. Гидроэнергетические ресурсы России (валовый, технический, экономический потенциал) составляют соответственно 2394,4 ТВт•ч, 1669,8 ТВт•ч, 852,0 ТВт•ч.

В табл. 2 приведено распределение экономически эффективной части гидроэнергетических ресурсов России по федеральным округам.

Необходимо иметь в виду, что объем экономического потенциала величина переменная во времени и определяется, прежде всего, обеспеченностью страны другими видами топливно-энергетических ресурсов, социальными аспектами, а также уровнем ее интеграции в мировую экономику (что определяет темпы роста энерго-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

потребления и наиболее экономичные источники его покрытия).

Как видно из табл. 2, величина экономического потенциала России составляет немногим более 50% от технического потенциала. В настоящее время темпы развития экономики России замедлились вследствие ряда причин: продолжающийся мировой экономический кризис, введение в отношении России экономических санкций, снижение цен на нефть на мировом рынке. Поэтому нет достаточно надежных экономических факторов, которые могли бы быть положены в основу переоценки экономического гидропотенциала страны. Наряду с ужесточением требований по охране окружающей среды неясны среднесрочные и долгосрочные перспективы экономического развития страны и рынка топливно-энергетических ресурсов.

2. Согласно оценкам выполненным при подготовке Программы, основная доля гидроэнергетических ресурсов России сосредоточена на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Технический гидроэнергетический потенциал Восточной Сибири и Дальнего Востока составляет 1347,7 ТВт·ч (81% от общероссийского), экономический – 644 ТВт·ч (76% от общероссийского).

В Энергетической стратегии РФ до 2030 года и в проекте Энергетической стратегии РФ до 2035 года предполагается увеличение потребления электроэнергии, в том числе за счет освоения имеющихся гидроэнергетических ресурсов Восточной Сибири и Дальнего Востока [10, 12].

Освоенность гидроэнергетических ресурсов в целом по России составляет 21,5%. В зоне влияния ОЭС европейской части России освоено свыше 41% экономического потенциала, в зоне влияния ОЭС азиатской части – менее 16%.

Основная доля неосвоенных гидроэнергетических ресурсов сосредоточена в Сибирском (Восточная Сибирь) и Дальневосточном федеральных округах. Неиспользованный остаток экономического гидроэнергетического потенциала Сибири составляет 277 ТВт·ч, в том числе: Восточной Сибири – 233 ТВт·ч, Дальнего Востока – 270 ТВт·ч.

Планируемое освоение экономического гидропотенциала регионов в результате реализации представленной Программы развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года составляет (табл. 3):

- для Дальнего Востока РФ увеличится с 8 до 25% (к 2050 году);

Таблица 3

**Освоение экономически эффективной части гидроэнергетического потенциала РФ по ОЭС**

Наименование ОЭС	Экономический гидроэнергетический потенциал, ТВт·ч				Суммарный энергетический потенциал (ТВт·ч) и степень его освоения (%) к 2050 г.
	Действующие и строящиеся ГЭС	Планируется освоить			
		2015-2030 гг.	2030-2050 гг.	Всего	
ОЭС Северо-Запада	12,3	0,0	1,63	13,93	43 (32%)
ОЭС Центра	1,32	0,0	0,0	1,32	6 (22%)
ОЭС Средней Волги и Урала	26,0	0,0	0,58	26,58	69,6 (38%)
ОЭС Юга	21,3	1,61	4,97	27,88	43,4 (64%)
ОЭС Сибири	118,4	16,96	86,44	221,8	396 (56%)
ОЭС Востока и изолированные районы	23,56	32,39	21,07	77,02	294 (26%)
Итого	202,88	50,96	114,69	368,53	852 43%

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

- для Восточной Сибири увеличится с 33 до 61% (к 2050 году).

Дополнительное строительство ГЭС и ПЭС для интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные энергетические рынки после 2050 г. позволит довести этот уровень до 90%. Результаты проведенного при подготовке Программы экономического анализа указывают на экономическую целесообразность интеграции значительной доли перспективных ГЭС в глобальные электроэнергетические рынки [14].

3. Достигнутый уровень производительных сил и богатый природно-ресурсный потенциал Восточной Сибири и Дальнего Востока обеспечивают условия формирования и развития новых крупных территориально-производственных кластеров (ТПК), находящихся в зоне возможного строительства ГЭС в перспективе до 2030 г. и на период до 2050 г. (рис. 1 и табл. 4)

Наиболее перспективными ТПК в Восточной Сибири являются Нижне-Приангарский, Ленско-Бодайбинский и Северо-Восточный с отраслями специализации, включающими гидроэнергетику, нефте- и газодобычу, переработку углеводородного сырья (газопереработка и газохимия), лесозаготовку и лесопереработку (деревообработка и лесохимия), добычу и пере-

работку металлических руд (железных руд, золота, руд редких металлов и др.), производство молибдена, меди, олова; добычу полиметаллических руд, кварца, глинозема, нефелинов, асбеста и др.

На Дальнем Востоке к наиболее перспективным ТПК относятся Зейско-Селемджинский, Южно-Амурский, Западно-Якутский, Южно-Якутский, Яно-Колымский. Основные направления специализации этих ТПК: гидроэнергетика, добыча нефти и газа, нефте- и газопереработка, добыча и переработка железных руд и руд цветных металлов, апатитов, деревообработка, космические исследования (космодром «Восточный») и инновационные технологии, трубопроводный транспорт и др.

Прогноз электропотребления (табл. 4) по территориально-производственным кластерам в зонах строительства новых ГЭС в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке показал тесную взаимозависимость реализуемости как промышленных инвестиционных проектов, входящих в кластеры, так и гидроэнергетических проектов относительно сбыта производимой электроэнергии. Спрос на электроэнергию по указанным выше ТПК на перспективу до 2050 г. может составить более 36 ТВт·ч/год.



Источник: федеральные и региональные программы экономического развития

Рис. 1. Основные перспективные районы промышленного развития

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 4

### Оценка потребности ТПК РФ в электроэнергии

Наименование ТПК	Потребность в электроэнергии, млн кВт·ч	
	2030 г.	2050 г.
«Нижнее Приангарье»	4800	7200
Ленско-Бодайбинский	4630	6680
Северо-Восточный	5300	6900
Западно-Якутский	2000	2500
Южно-Якутский	3350	4100
Зейско-Селемджинский	2580	2710
Южно-Амурский	2030	3475
Яно-Колымский	2400	3000

4. Оценка перспективного внутреннего спроса на первичные энергоресурсы в России, выполненная для консервативного и целевого сценариев (табл. 5) развития экономики страны, показала, что потребление первичных топливно-энергетических ресурсов (по сравнению с 2013 г.) может увеличиться на 14-19% к 2030 г. и на 21-24% к 2050 г., достигнув, соответственно, 1145-1194 и 1221-1257 млн т у.т. При этом 81-87% прироста потребления ТЭР к 2030 г. и 78-82% к 2050 г. будет обеспечиваться за счет органического топлива.

Динамика изменения структуры потребления топливно-энергетических ресурсов в России в период 2013-2050 гг. приведена в табл. 6.

Доля ГЭС, ГАЭС сохранится на уровне 5,5% на протяжении всего рассматриваемого периода

в консервативном сценарии и увеличится к 2050 г. до 6% в целевом сценарии от общего производства первичных ТЭР.

Реализация намечаемых гидроэнергетических проектов в перспективе до 2050 г. позволит не только обеспечить надежное электроснабжение районов (кластеров) нового промышленного освоения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, но и выйти на широкий рынок электроэнергии стран АТР.

5. В перспективе до 2030-2050 гг. в странах Евразии, прилегающих к России, ожидается существенный рост электропотребления. Согласно базовому сценарию к 2030 г. спрос на электроэнергию может превысить 17 трлн кВт·ч, а к 2050 г. – достигнуть уровня 22,6 трлн кВт·ч, то есть рост составит 2 и 2,7 раза соответственно.

Таблица 5

### Прогноз потребления топливно-энергетических ресурсов в России, млн т у.т.

Показатели	2013 г.	Прогноз			
		2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Внутреннее потребление, всего	1003	1049/1066	1145/1194	1198/1246	1221/1257
В том числе:					
Нефть и нефтепродукты	176	195/200	219/228	221/227	225/215
Природный газ	530	558/559	620/618	643/649	638/648
Уголь	156	145/156	140/158	150/157	156/161
Нетопливные (АЭС, ГЭС, НВИЭ)	112	120/120	134/155	148/173	162/189
Прочие	25	31/31	32/35	36/40	40/44

Примечание: здесь и далее числитель соответствует консервативному сценарию, знаменатель – целевому.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 6

**Прогнозируемая структура потребления (ТЭР) в России, %**

Показатели	2013 г.	Прогноз			
		2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Внутреннее потребление <sup>1</sup> , %	100	100	100	100	100
Нефть и нефтепродукты	17	19	19	18	18-17
Природный газ	53	53-52	54-52	54-52	53-52
Уголь и прочие	18	17-18	15-16	16	16
Нетопливные	12	11	12-13	12-14	13-15
из них: АЭС	5,5	5,5	6-7	6-7,5	6,5-8
ГЭС, ГАЭС	5,7	5,6	5,5	5,5	5,5-6
НВИЭ <sup>2</sup>	0,04	0,2	0,3-0,5	0,7-0,8	1

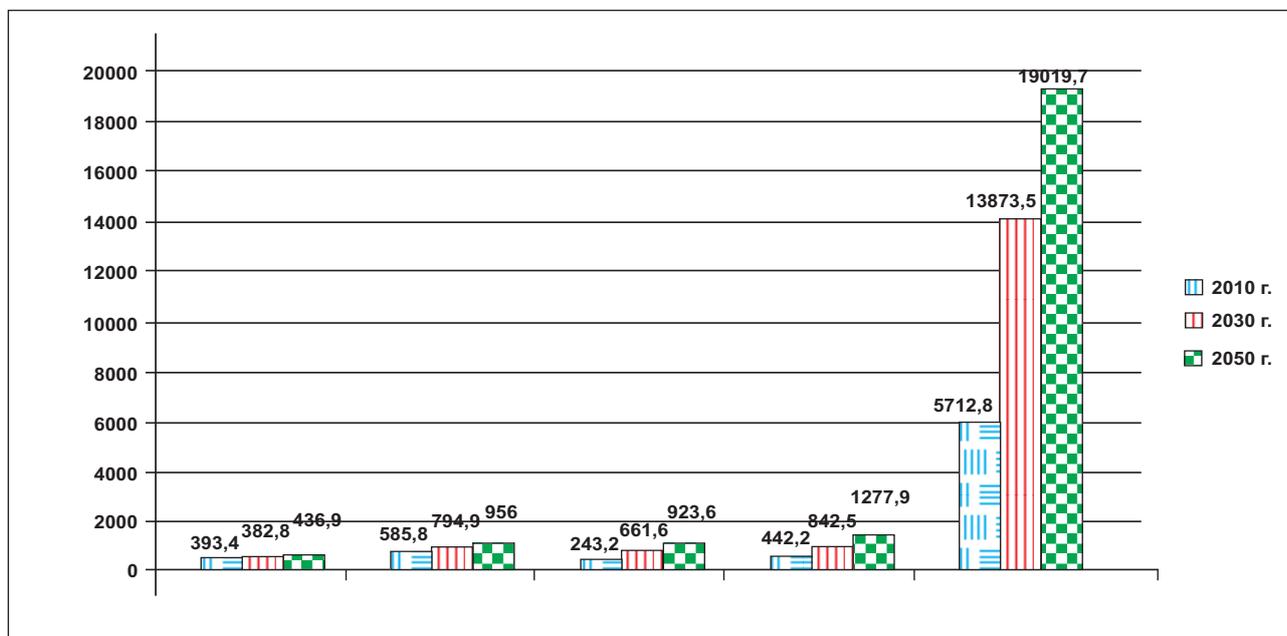
Примечание: <sup>1</sup> – здесь и далее левая граница диапазона соответствует консервативному сценарию, правая – целевому сценарию; <sup>2</sup> – при производстве электроэнергии.

При этом ситуация существенно различается в разных регионах Евразии.

Согласно прогнозам [7], в рассматриваемый период будет отмечаться тенденция опережающего роста экспорта российских энергоресурсов в азиатском направлении. На рис. 2. представлены результаты анализа возможных направлений экспорта российской электроэнергии на

основе оценки электропотребления стран Евразии, сопредельных с Россией.

Наибольший прирост электропотребления ожидается в Восточной Азии – более 13 трлн кВт·ч к 2050 году. Особенно велик он в Китае. Доля последнего в общем электропотреблении рассматриваемого Евразийского региона в настоящее время составляет примерно две трети, а



1 – Скандинавия и Прибалтика; 2 – Восточная Европа; 3 – Кавказ и Малая Азия; 4 – Центральная и Южная Азия; 5 – Восточная Азия.

**Рис. 2. Электропотребление стран Евразии, сопредельных с Россией (базовый сценарий), ТВт·ч**

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

в перспективе до 2050 г. может возрасти до трех четвертей. Значительной потребностью в электроэнергии характеризуются и такие восточноазиатские страны, как Япония и Республика Корея. Причем, если в первой спрос на электроэнергию будет стагнировать в течение всей рассматриваемой перспективы, то во второй он возрастет в два раза к 2050 г. и приблизится к японскому уровню.

Весьма существенный рост электропотребления ожидается также в других азиатских регионах, в том числе в Центральной, Южной и Малой Азии. Высокими темпами электропотребления отличаются Турция, Иран и Пакистан. Совокупное электропотребление указанных стран, согласно базовому сценарию, достигнет 1,6 трлн кВт·ч к 2050 г., а прирост за рассматриваемый период составит 1 трлн кВт·ч (то есть рост в три раза, как и в Китае). Из среднеазиатских стран значительными приростами электропотребления в период до 2050 г. отличаются Казахстан (рост почти в 2,5 раза в базовом сценарии) и Узбекистан (почти трехкратный рост в базовом сценарии).

Хотя на Кавказе темпы прироста электропотребления за рассматриваемый период более чем трехкратные, абсолютное значение спроса в регионе весьма умеренное, составляет немногим более 110 ТВт·ч к 2050 г. в базовом варианте. В минимальном варианте спрос почти в полтора раза ниже.

Менее значительными приростами электропотребления в рассматриваемой перспективе характеризуется европейское направление, причем, если для Восточной Европы прирост за этот период составит 50%, то для Скандинавии и Прибалтики – только 15%. Для Норвегии, в частности, электропотребление практически не растет (прирост составляет менее 3% за весь период прогнозирования).

Теоретический потенциал для экспортируемой российской электроэнергии можно предварительно оценить в следующих объемах (табл. 7): в европейском направлении – 150-350 ТВт·ч/год электроэнергии и 25-58 ГВт мощности, в Кавказско-Малоазиатском – 350-500 ТВт·ч/год и 55-80 ГВт, в Центрально-Южноазиатском – 350-600 ТВт·ч/год и 70-125 ГВт, наконец, в Восточно-Азиатском – 5000-9500 ТВт·ч/год и 900-1700 ГВт. В последнем случае не учитывались южные провинции Китая в качестве потенциальных рынков сбыта для российской электроэнергии. Указанные значения превышают все возможные объемы поставок не только от российских ГЭС. Конкурентоспособные объемы экспорта российской электроэнергии можно определить путем оптимизации евразийского энергообъединения в целом на рассматриваемый расчетный период.

Сопоставление стоимости производимой электроэнергии на объектах генерации за ру-

Таблица 7

**Прогнозируемые объемы экспорта российской электроэнергии, ТВт·ч**

Показатели		2013 <sup>2</sup> г.	2020 г.	2030 г.	2050 г.
ЭС-2035 с экстраполяцией тенденций <sup>1</sup>	Экспорт, всего в том числе:	13,7	18/19	26/37	93/117
	азиатское направление	1,6	5,5/6	14,5/26	30/102
	европейское направление	12,1	12,5/13	11,5/11	63/15
Максимальное развитие ГЭС	Экспорт от новых ГЭС, в том числе:	–	–	74	146
	азиатское направление	–	–	49	121
	европейское направление	–	–	25	25

Примечание: <sup>1</sup> – здесь и далее числитель соответствует консервативному сценарию, знаменатель – целевому; <sup>2</sup> – сальдо экспорта-импорта из ЕЭС России.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

бежом и электроэнергии производимой на ГЭС России показало конкурентное преимущество в цене на отечественную электроэнергию, что в первую очередь связано с ослаблением рубля на валютном рынке. Сложившиеся экономические условия будут способствовать перспективным ГЭС интегрироваться в глобальные электроэнергетические рынки с возможностью составить конкуренцию другим источникам энергии.

6. Помимо экспорта электроэнергии, возможны и представляются целесообразными обмены электроэнергией и мощностью между странами для реализации системных интеграционных эффектов, включая режимный, мощностной, экологический и другие [8]. Оценка такого рода эффектов предполагает выполнение оптимизационных расчетов с привлечением специальных электроэнергетических моделей [6].

Одним из важнейших эффектов, связанных с ролью гидроэнергетики в структуре производства электроэнергии, является возможность использования ГЭС и ГАЭС для регулирования неравномерных суточных графиков электрической нагрузки.

Для создания устойчивой структуры энергоснабжения и формирования структуры ЕЭС России в северных районах Сибири и Дальнего Востока представляется целесообразным сооружение системообразующих линий сверхвысокого напряжения в широтном направлении – север энергосистемы Тюменской области – Норильско-Таймырская энергосистема – Айхал – Центральный район энергосистемы Республики Саха (Якутия) – энергосистема Магаданской области. Первый участок электромагистрали должен привязываться к северному широтному ходу железной дороги Салехард – Игарка. Другое широтное направление будет соответствовать Северосибирской железнодорожной магистрали Нижневартовск – Белый Яр – Усть-Илимск. Впоследствии широтные магистрали будут связываться в меридиональном направлении, образуя ячеистую структуру сети.

Сооружение мощных кластеров электростанций (гидро- и тепловых) позволит с помощью ЛЭП постоянного тока ультравысокого напряжения осуществлять экспорт электроэнергии как в Юго-Восточную Азию, так и в Северную Америку через Берингов пролив [3].

Единая энергетическая система России будет развиваться как путем присоединения к ней ныне изолированных энергосистем и энерго-районов, так и путем развития межсистемных и внутрисистемных электрических сетей всех классов напряжения, в том числе для экспорта электроэнергии в глобальную сеть «Supergrid» (рис. 3, 4).

Развитие основной электрической сети ЕЭС России до 2050 г. должно происходить путем усиления сети переменного тока с возможным появлением надстройки над ней сети постоянного тока.

Усиление основной электрической сети переменного тока высших напряжений в ЕЭС России должно выполняться на напряжениях 220(330)-500(750) кВ. В перспективе основная электрическая сеть будет приобретать конфигурацию «сетки» с тремя и более линиями, подходящими к узлу. Такая структура сети обладает гибкостью к изменениям условий ее развития и функционирования.

При прогнозируемом максимуме потребления, объеме экспорта мощности и нормативном резерве мощности спрос на мощность по зоне централизованного электроснабжения России для целевого варианта оценивается в 211 млн кВт на уровне 2020 г., 252 млн кВт в 2030 г., 281 млн кВт в 2040 г. и 306 млн кВт в 2050 г.; в консервативном варианте, соответственно, 205 млн кВт в 2020 г., 241 млн кВт в 2030 г., 270 млн кВт в 2040 г. и 295 млн кВт в 2050 году.

Для обеспечения прогнозируемого спроса на мощность определены масштабы развития генерирующих мощностей. Установленная мощность электростанций зоны централизованного электроснабжения России возрастет к 2050 г. на 113 млн кВт (на 48%) по сравнению с 2013 г. (233,5 млн кВт) и составит 346 млн кВт в целевом варианте и на 102 млн кВт (на 43,8%) и составит 336 млн кВт в консервативном варианте.

Балансы мощности по зоне централизованного электроснабжения в период до 2050 г. складываются положительно с превышением нормативного резерва на 0,8-13,8 млн кВт (0,3-6,5 % от спроса на мощность) в целевом варианте и 1,02-19,7 млн кВт (0,3-9,6 %) в консервативном варианте.

# ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ



Рис. 3. Возможный сценарий развития ЕНЭС РФ на долгосрочную перспективу

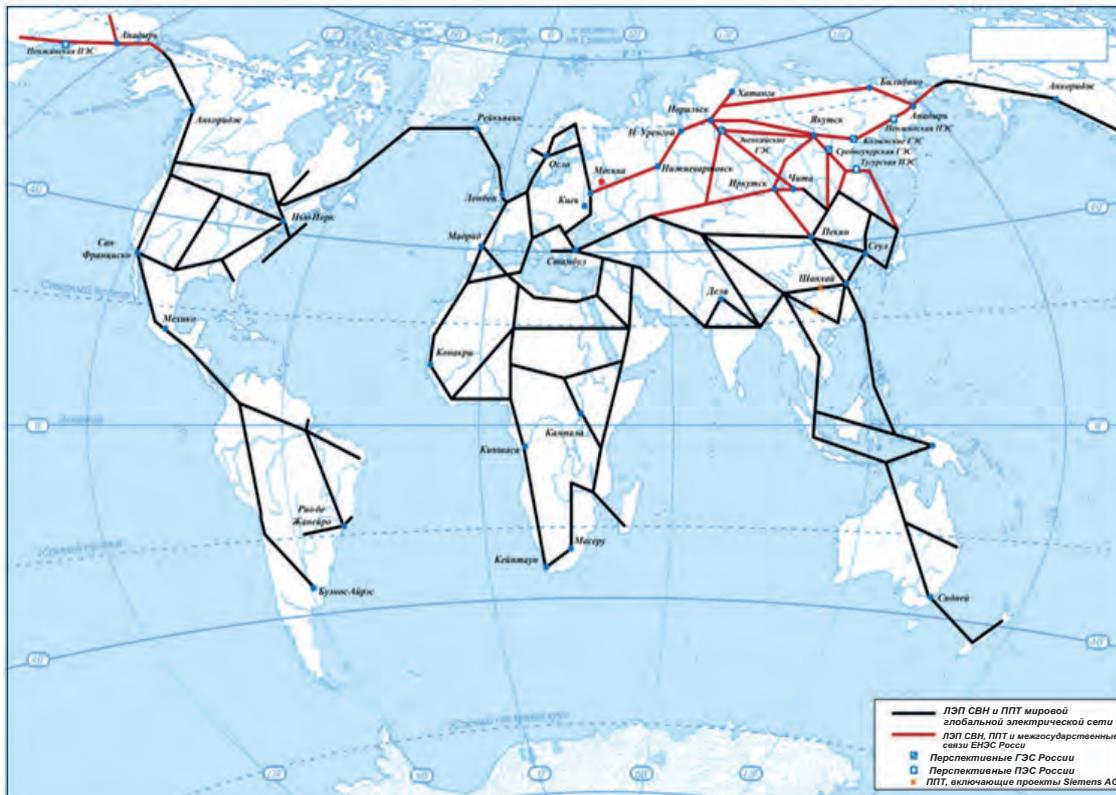


Рис. 4. Схематичный вариант интеграции ЕНЭС РФ в глобальную «Supergrid»

В Программе дополнительно рассмотрен вариант увеличения объемов экспорта электроэнергии из ОЭС Сибири и ОЭС Востока. Однако для реализации широкомасштабного экспорта электроэнергии необходимо сооружение экспортно-ориентированных электростанций.

Необходимо отметить, что в работах по перспективному развитию электроэнергетики России с учетом обеспечения широкомасштабного экспорта предусматривалось главным образом сооружение экспортно-ориентированных крупных тепловых электростанций на твердом топливе [6]. В Программе для обеспечения широкомасштабного экспорта также дополнительно предусматривается сооружение экспортно-ориентированных ТЭС и ГЭС.

7. В разработанной Программе уделяется значительное внимание возможным вариантам решения комплексной проблемы обеспечения физической и экологической безопасности объектов энергетики Российской Федерации: в первую очередь необходимо разработать прозрачную систему законодательных актов, регулирующих действия по проблемам безопасности объектов российской энергетики; создать стимулы у собственников энергетических объектов по поддержанию безопасности и обеспечить государственное субсидирование программ по обеспечению физической и экологической безопасности объектов энергетики.

Серьезной проблемой обеспечения физической безопасности объектов гидроэнергетики является состояние основных фондов [2, 9]. Действующий парк гидросилового оборудования в значительной мере выработал свой нормативный ресурс. На настоящий момент почти 70% имеющихся мощностей эксплуатируется более нормативного срока.

Практика эксплуатации гидросилового оборудования на ГЭС показала, что физический ресурс гидроагрегатов имеет индивидуальный характер и должен нормироваться по формальному временному фактору [4, 5]. Высокое качество и долговечность отечественного гидрооборудования позволяют сохранять его в работе на ряде ГЭС в течение 50-60 лет, то есть до 1,5 нормативных сроков службы. Необходимым условием продолжения эксплуатации старого оборудования на ГЭС является своевременное

и в полном объеме выполнение ремонтных и восстановительных работ.

8. Водоохранилища намеченных к строительству ГЭС, также как и водоохранилища, предназначенные в основном для неэнергетических целей, выполняют многие функции и оказывают влияние на отрасли экономики, использующие водные ресурсы, условия и качество жизни населения и экологические условия.

При разработке Программы проведен аналитический обзор комплекса водохозяйственных эффектов от строительства ГЭС, которые могут возникнуть в различных смежных отраслях экономики в результате строительства и ввода в эксплуатацию перспективных ГЭС в различных регионах РФ. При последующем проектировании конкретных объектов будут определены и конкретные участники комплексов, помимо электроэнергетики. При проведении расчетов экономической эффективности учтены только эффекты от энергетики и предполагаемый эффект защиты от наводнений.

Существенную роль в развитии гидроэнергетики России играют показатели общественной эффективности, характеризующие целесообразность осуществления проекта с позиции государства (региона) и учитывают как непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и эффекты в смежных секторах экономики – экологические, социальные и т.д.

Наличие в России значительного неосвоенного экономического гидроэнергетического потенциала позволяет сформировать масштабную программу планируемых к строительству гидроэнергетических объектов [1].

Опыт гидростроительства показывает, что сооружение ГЭС в большинстве случаев, особенно в отдаленных малоосвоенных и трудных для проживания населения районов, дает начальный импульс хозяйственному развитию и благоустройству территории и далее остается постоянно действующим фактором для региональной экономики.

Новая энергетическая база не только способствует развитию местной промышленности, но и привлекает в регион крупных электроемких потребителей. В результате в реальном секторе производства создаются привлекательные рабочие места, обеспечиваются более комфортные

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

условия для населения (транспортные и прочие услуги, электрификация быта, наличие жилья и др.), возникает положительная динамика рабочей силы, растут налоговые поступления в региональные бюджеты.

Сооружение гидроузлов в республиках Северного Кавказа позволяет привлечь часть незанятого населения в сферу производства как непосредственно в строительстве, так и в обслуживании строительства ГЭС (коммунально-бытовые услуги, снабжение, транспорт, общепит и т.д.) и в дальнейшем способствует уменьшению безработицы.

Прямой социальный аспект проектов ГЭС заключается в расширении занятости населения при строительстве и эксплуатации ГЭС. После завершения строительства ГЭС – в увеличении рабочих мест на предприятиях развивающейся конкурентоспособной и экспортно-ориентированной местной промышленности и транспортной инфраструктуры. Увеличение поступлений в местный бюджет от налогов с новых предприятий будет способствовать созданию привлекательных и комфортных условий проживания населения с учетом рекреационного обустройства заселяемой территории и водохранилищ ГЭС.

По существу технологического процесса гидроэлектростанции являются экологически чистыми источниками электроэнергии – не выбрасывают в водную среду и атмосферу загрязняющих веществ, не потребляют атмосферного кислорода.

Опыт прошлого гидростроительства показывает, что крупных негативных изменений в природную среду гидроэнергетика не вносит. Влияние водохранилищ связано только с затоплением и подтоплением земель, переформированием берегов, изменением гидрологического режима рек и условий обитания растительного и животного мира. Все эти процессы и явления оцениваются в большинстве случаев как негативные, имеющие благоприятную динамику.

В свою очередь создание водохранилищ позволяет снизить ущербы от катастрофических наводнений в сельскохозяйственном производстве и снять ущербы от затоплений населенных пунктов, дорог и линий связи. Наиболее значительно противопаводковый эффект гидроузлов проявится на территориях Приморского и Хабаровского краев и Амурской области.

Также следует отметить, что в отличие от тепловой энергетики (основная альтернатива строительству ГЭС) в процессе производства электроэнергии на ГЭС не происходит выбросов в атмосферу вредных веществ, что в результате позволяет снизить антропогенное воздействие на воздушный бассейн.

Сопоставительная экономическая оценка целесообразности использования гидроресурсов определялась путем определения показателей общественной (сравнительной) эффективности в сравнении с альтернативным вариантом. Результаты расчетов позволяют ранжировать проекты и определять очередность гидростроительства.

Ранжирование перспективных гидроэнергетических объектов в зависимости от приоритетности строительства производилось на основе прогнозной потребности в новых источниках энергии с учетом полученных показателей эффективности. Ранжирование ГАЭС выполнено исходя из предполагаемых в будущем режимных затруднениях, связанных с недостатком маневренных мощностей на территориях, где экономический гидропотенциал практически исчерпан.

9. На базе анализа перечня изученных створов, степени проектной изученности, технических и финансово-экономических характеристик, а также реестра гидроэнергетических объектов были рассчитаны приросты установленной мощности новых гидроэнергетических объектов России (с учетом строящихся в настоящее время) в результате реализации предлагаемой программы гидростроительства по этапам и энергозонам (табл. 8).

Первоочередными объектами гидроэнергетики в регионах Дальнего Востока для интеграции в глобальные энергетические рынки предлагаются: Иджекская (Канкунская) ГЭС с контррегулятором Нижнетимптонской ГЭС, Среднеучурская ГЭС с контррегулятором Учурской ГЭС, Усть-Юдомская ГЭС с контррегулятором Нижнемайской ГЭС, Хинганская ГЭС суммарной мощностью 7235 МВт и выработкой электроэнергии 33,8 ТВтч.

Первоочередными объектами гидроэнергетики в регионах Восточной Сибири для интеграции в глобальные энергетические рынки

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 8

### Приросты установленной мощности ГЭС и ГАЭС России (МВт)

Энергосистемы	2015-2020 гг.	2021-2030 гг.	2031-2040 гг.	2041-2050 гг.	Всего
<b>Целевой сценарий</b>					
<b>Гидростанции</b>					
Европейская часть РФ и Урал	442	619	1 157	1 468	3 686
ОЭС Сибири	140	8 964	8 140	6 564	23 808
ОЭС Востока и изолированные районы	1 123	4 257	1 750	6 012	13 142
ГАЭС					
ОЭС Северо-Запада	-	1 560	-	3 170	4 730
ОЭС Центра	840	1 765	2 300	660	5 565
ОЭС Средней Волги	-	-	-	1 250	1 250
ОЭС Юга	140	600	-	-	740
<b>Консервативный сценарий</b>					
<b>Гидростанции</b>					
Европейская часть РФ и Урал	442	619	1 157	1 468	3 686
ОЭС Сибири	140	8 964	6 640	3 738	19 482
ОЭС Востока и изолированные районы	1 123	862	4 180	1 577	7 742
<b>ГАЭС</b>					
ОЭС Северо-Запада	-	1 560	-	3 170	4 730
ОЭС Центра	840	1 765	2 300	660	5 565
ОЭС Средней Волги	-	-	-	1 250	1 250
ОЭС Юга	140	600	-	-	740

предлагаются Эвенкийская ГЭС с контррегулятором, Тувинская ГЭС с контррегулятором Шивелигской ГЭС на р. Б. Енисей, Шуйская ГЭС с контррегулятором Буренской ГЭС на М. Енисее суммарной мощностью более 9,2 ГВт и выработкой электроэнергии около 40 ТВт·ч.

Энергию и мощность Эвенкийской ГЭС (первая очередь 6000 МВт) предполагается использовать в ОЭС европейской части России (возможно для экспорта в Европу) для чего требуется сооружение ЛЭП постоянного тока с

напряжением +750 кВ протяженностью до 2200 км до ОЭС Урала. Вторая очередь в объеме 6000 МВт предполагается для поставок электроэнергии в Китай и Монголию по двум ЛЭП напряжением +750 кВ протяженностью 1900 и 2700 км.

10. Объемы вводов мощностей на перспективных ГЭС до 2050 г. и отдаленной перспективы показаны в табл. 9, 10.

В разработанной Программе предлагается ввести и в целевом, и в консервативном сценарии 12,3 ГВт новых мощностей на ГАЭС, из которых 4,9 ГВт вводятся до 2030 года.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 9

### Вводы мощностей на перспективных ГЭС до 2050 года

Наименование региона	Установленная мощность, МВт	Среднеголетняя выработка электроэнергии, ТВт·ч
Дальний Восток*	11 437	49,84
Восточная Сибирь	21 865	96
Северо-Восток европейской части	0	0
<b>Итого</b>	<b>33 302</b>	<b>145,84</b>
<b>В том числе более 500 МВт</b>		
Дальний Восток*	9 335	42,3
Восточная Сибирь	19 973	85,4
Северо-Восток европейской части	0	0
<b>Итого</b>	<b>29 308</b>	<b>127,7</b>

Примечание: \* – показатели Хинганской ГЭС учтены в размере 50% (российская часть).

Таблица 10

### Вводы мощностей на ГЭС отдаленной перспективы – после 2050 года

Наименование региона	Установленная мощность, МВт	Среднеголетняя выработка электроэнергии, ТВт·ч
Дальний Восток	43 437	182,44
Восточная Сибирь	25 633	107,83
Северо-Восток европейской части	9 505,8	34,23
<b>Итого</b>	<b>78 575,8</b>	<b>324,5</b>
<b>В том числе более 500 МВт</b>		
Дальний Восток	29 085	123,91
Восточная Сибирь	12 920	54,9
Северо-Восток европейской части	3 870	12,61
<b>Итого</b>	<b>45 875</b>	<b>191,42</b>

Таким образом, в целевом сценарии предлагаемой программы гидростроительства предусмотрен ввод до 2030 г. 15,5 ГВт новых мощностей на ГЭС, и в период с 2030 по 2050 гг. – 25,0 ГВт. Суммарные вводы новых мощностей в целевом сценарии до 2050 г. составят 40,6 ГВт на ГЭС и 12,3 ГВт на ГАЭС.

В консервативном сценарии предусмотрен ввод 12,2 ГВт новых мощностей на ГЭС до 2030 г., и в период с 2030 по 2050 гг. – 18,8 ГВт. Суммарные вводы новых мощностей в консервативном сценарии до 2050 г. составят 31,0 ГВт на ГЭС и 12,3 ГВт на ГАЭС.

При этом следует заметить, что подавляющая доля предлагаемых к строительству ГЭС находятся на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. Освоение гидроэнергетических ресурсов европейской ча-

сти РФ (за исключением Северо-Кавказского федерального округа) в основном будет вестись за счет строительства ГАЭС, поскольку имеющийся здесь экономически эффективный гидропотенциал уже используется.

Разработанный план ввода новых ГЭС является базовой основой Программы развития гидроэнергетики России до 2030 и на перспективу до 2050 г., одновременно создающий предпосылки для продажи электроэнергии и мощности на экспорт.

Строительство гидроэнергетических объектов будет способствовать преодолению неблагоприятных кризисных явлений в экономике, позволит снизить социальную напряженность и обеспечить привлекательность проектов ГЭС для инвесторов.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

11. Суммарные объемы капиталовложений в строительстве, показаны в табл. 11. Капвложения показаны без учета строящихся в настоящее время станций.

Таблица 11

**Суммарные капиталовложения в разработанную программу гидростроительства, млрд руб.**

Энергосистемы	2015-2020 гг.	2021-2030 гг.	2031-2040 гг.	2041-2050 гг.	Всего
<b>Целевой сценарий</b>					
<b>Гидростанции</b>					
Европейская часть РФ и Урал	5,4	81,9	89,4	160,6	336,9
ОЭС Сибири	303,9	800,7	477,7	567,8	2150,1
ОЭС Востока и изолированные районы	186,6	582,1	313,5	1408,8	2491,0
Итого	495,5	1464,7	880,6	2137,2	4978,0
<b>ГАЭС</b>					
ОЭС Северо-Запада	41,6	55,7	25,0	238,7	361,0
ОЭС Центра	-	119,7	129,1	39,3	288,1
ОЭС Средней Волги	-	-	15,0	57,0	72,0
ОЭС Юга	-	35,5	-	-	35,5
Итого	41,6	210,9	169,1	335,0	756,6
Итого по целевому сценарию	537,1	1675,6	1049,7	2472,2	5734,6
<b>Консервативный сценарий</b>					
<b>Гидростанции</b>					
Европейская часть РФ и Урал	5,4	81,9	89,4	160,6	337,3
ОЭС Сибири	303,7	764,9	322,0	322,8	1713,4
ОЭС Востока и изолированные районы	51,5	247,9	577,1	384,4	1260,9
Итого	360,6	1094,7	988,5	867,8	3311,6
<b>ГАЭС</b>					
ОЭС Северо-Запада	41,6	55,7	25,0	238,7	361,0
ОЭС Центра	-	119,7	129,1	39,9	288,1
ОЭС Средней Волги	-	-	15,0	57,0	72,0
ОЭС Юга	-	35,5	-	-	35,5
Итого	41,6	210,9	169,1	335,0	756,6
Итого по консервативному сценарию	402,2	1305,6	1157,6	1202,8	4068,2

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

12. Объемы экономии топлива на альтернативных ТЭС в результате осуществления предлагаемой программы гидростроительства приведены в табл. 12.

13. Ориентировочные данные сокращения объемов выбросов от ТЭС в результате осуществления программы приведены в табл. 13.

14. В качестве составных частей разработанной Программы дополнительно в нее включен ряд приложений, в том числе «Альбом перспективных ГЭС» и «Расчет сметной стоимости строительства объектов перспективного гидроэнергостроительства». Альбом содержит сведения по 67-ми ГЭС и 8-ми ГАЭС, предусмотренным Планом ввода мощностей до 2050 года. В альбоме приведены карты-схемы размещения

перспективных ГЭС на территории России в привязке к объединенным энергосистемам РФ: ОЭС Северо-Запада, ОЭС Урала, ОЭС Юга, ОЭС Сибири, ОЭС Востока и технологически изолированные ЭС. Каждому из перспективных объектов посвящена отдельная страница альбома, на которой показаны схема размещения ГЭС в составе каскада гидроузлов на рассматриваемой реке, генплан гидроузла и приведена таблица с основными показателями ГЭС.

Разработанная Программа развития гидроэнергетики страны может рассматриваться как составная часть Энергетической стратегии России на период до 2030 года.

Результаты исследований, выполненных в ходе разработки Программы, могут быть ис-

Таблица 12

**Объемы годовой экономии топлива на альтернативных ТЭС**

Показатели	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Европейская часть РФ, млн т у.т.	9	18	20
Сибирь и Восток, млн т у.т.	13	19	35
Итого, млн т у.т.	22	37	55
в т.ч. газ, млрд м <sup>3</sup>	3	6	7
уголь, млн т н.э.	39	65	96

Примечания: без учета ГАЭС. Для ГЭС европейской части условно учтено замещение газа (75%) и угля (25%). Для Эвенкийской ГЭС учтена выдача всей электроэнергии на Урал и в Центр.

Таблица 13

**Ориентировочные данные о сокращении объемов выбросов от ТЭС**

Энергозоны	2030 г.	2040 г.	2050 г.
<b>Европейская часть</b>			
Экономия топлива, млн т у.т.	9	18	20
Сокращение выбросов в год, тыс. т:			
зола	20	44	46
оксиды азота	26	55	59
<b>Сибирь и Восток</b>			
Экономия топлива, млн т у.т.	13	19	35
Сокращение выбросов в год, тыс. т:			
зола	127	176	333
оксиды азота	40	56	105
Итого, тыс. т:			
зола	147	220	379
оксиды азота	66	111	164

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

пользованы в первую очередь для разработки долгосрочной и среднесрочной инвестиционной программы ПАО «РусГидро»; при актуализации «Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России», а также различными органами государственной власти для разработки предложений для внесения в схемы территориального планирования РФ и субъектов РФ в области гидроэнергетики; при разработке и корректировке законодательных актов,

регулирующих работу энергетического сектора России, программ социально-экономического развития, энергетических стратегий и программ субъектов РФ, комплексных программ по энергетическому освоению регионов России, генеральных схем развития отдельных отраслей; при разработке инвестиционных программ и крупных проектов компаний энергетического сектора.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баденко Н.В., Ваксова Е.И., Иванов Т.С. Оценка перспективности гидроэнергетического строительства в регионах РФ на основе метода анализа иерархий // *Инженерно-строительный журнал*. 2014. № 4 (48). С. 47-48.
2. Беллендир Е.Н. и др. Система обеспечения безопасности объектов гидроэнергетики ОАО «Русгидро», 2013. 13-35 с.
3. Бушуев В.В. Роль гидроэнергетики в формировании ресурсной базы и энергетической инфраструктуры Евразии. СПб.: НП «Гидроэнергетика России» – Пятое Всероссийское совещание гидроэнергетиков. Тезисы докладов. 28-29 ноября 2013 г. М.: РА-Ильф, 2013. 50-51 с.
4. Козпитин А.М. и др. Математические модели и методы количественной оценки экологического интегрированного риска аварий гидротехнических сооружений. Саратов: СГТУ, 2001. 83-125 с.
5. Мельник С.Г., Хазиахметов Р.М. Вечный двигатель. Волжско-Камский гидроэнергетический каскад: вчера, сегодня, завтра. М.: Новосты, Юбилейная летопись, 2007. 352 с.
6. Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Целесообразные направления развития межгосударственных электрических связей и торговли электроэнергией России. Иркутск: Восьмая Международная научная конференция «Энергетическая кооперация в Азии: риски и барьеры», 21-23 августа 2012 года.
7. Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Перспективы электроэнергетической кооперации России и стран Северо-Восточной Азии // *Вопросы прогнозирования*. 2015. № 4. С. 118-130.
8. Соловьев Д.А. Проблемы и перспективы интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки Евразии // *Энергетическая политика*. 2014. № 3. С. 33-39.
9. Хазиахметов Р.М., Фотин С.В., Матюшечкин С.Н. Создание технологии расчетной оценки фактической прочности и остаточного ресурса элементов основного гидроэнергетического оборудования методами математического моделирования. СПб., 2012.
10. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. М.: Энергия, 2010. 184 с.
11. *World Atlas and Industry Guide – Hydropower&DAMS London: The International Journal on Hydropower and Dams. Aqua-Media International Ltd, 2014.*
12. Проект Энергетической Стратегии России на период до 2035 года. М.: Минэнерго РФ, 2014.
13. Программа развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года (Отчет о НИР по лоту № 1-ИА-2014-ДНТР ПАО «РусГидро»). М., 2015.
14. Исследование и разработка проекта интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки (ЗАО «ГУ ИЭС»). Отчет о НИР по лоту № 2-ИА-2014-ДНТР (ПАО «РусГидро»). М., 2015.

Поступила в редакцию  
15.02.2016 г.

**B. Bogush, R. Khaziakhmetov, V. Bushuev, N. Voropai, E. Bellendir, E. Vaksova,  
V. Chemodanov, S. Podkovalnikov<sup>2</sup>**

## **THE MAIN PROVISIONS OF THE PROGRAM OF HYDROPOWER DEVELOPMENT OF RUSSIA UP TO 2030 AND VISIONS TO 2050**

In the article the basic provisions of the Program of development of hydropower engineering of Russia in conjunction with projected levels of electricity demand and balance the situation in the United energy systems of Russia for the period up to 2050. The program has been developed within the limits of research and development on the instructions of JSC «RusHydro» in 2015 by specially created consortium of the leading Russian research and design organizations.

*Key words:* hydropower, hydropower resources, electricity infrastructure, transport and interconnection, hydropower development program, energy projects, bridges, balances of power and electricity, the commissioning of power generation capacity.

---

<sup>2</sup> Boris B. Bogush – member of board, first deputy general director – chief engineer of the JSC «RusHydro», *e-mail:* office@rushydro.ru;  
Rasim M. Khaziakhmetov – director for technical policy and development of the JSC «RusHydro», executive director of NP «Hydropower of Russia», *e-mail:* KhaziakhmetovRM@rushydro.ru;  
Vitaliy V. Bushuev – general director of the Institute for Energy Strategy, professor, Doctor of Engineering, *e-mail:* vital@df.ru;  
Nikolai I. Voropai – director of Melentiev Institute for Energy Systems SB RAS, corresponding member of RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* kvoropai@isem.sei.irk.ru;  
Evgeniy N. Bellendir – general director of JSC «Institute «The Hydroproject», Doctor of Engineering, *e-mail:* e.bellendir@hydroproject.ru;  
Evgenia I. Vaksova – chief of department of perspective projects of JSC «Institute «The Hydroproject», *e-mail:* oeipe@mail.ru;  
Vladimir I. Chemodanov – deputy general director for strategic planning of energy development of the JSC «Institute «ENERGOSETPROJECT», PhD in Economics, *e-mail:* chemodanov\_v@oaoesp.ru;  
Sergey V. Podkovalnikov – head of laboratory, ISEM SB RAS, PhD in Engineering, *e-mail:* spodkovalnikov@isem.irk.ru

---

УДК 621.311 (571)

**В.А. Баринов, В.А. Исаев, Н.В. Лисицын, А.С. Маневич, Ю.В. Усачев<sup>1</sup>**

## **РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ПОДДЕРЖКУ РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ЭКОНОМИКЕ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

В статье рассмотрены наметившиеся тенденции освоения природного потенциала Сибири и Дальнего Востока, создания территориально-производственных кластеров в этой зоне, развития транспортных коммуникаций, систем газо- и нефтеснабжения, основные направления развития электроэнергетики и ЕНЭС России с учетом долгосрочной перспективы.

*Ключевые слова:* электроэнергетика, Единая национальная электрическая сеть, территориально-производственные кластеры, транспортные системы, системы газо- и нефтеснабжения, гидроэлектростанции, долгосрочная перспектива.

В соответствии с наметившимися тенденциями в дальнейшем освоении природных ресурсов России территориями опережающего развития страны на долгосрочный период будут являться районы Сибири и Дальнего Востока, включая Заполярье. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года [1] предусматривает реализацию программ комплексного развития территорий на основе развития конкурентоспособных территориальных энергопромышленных кластеров на базе строительства различного типа электростанций и крупных энергоемких потребителей в добывающей и перерабатывающей промышленности.

Создание энергопромышленных кластеров позволит:

- содействовать формированию организационных схем управления региональным развитием – корпораций развития регионов с участием крупных потребителей;
- создавать стратегические альянсы с компаниями, заинтересованными в реализации проектов кластерного развития;
- содействовать заключению прямых долгосрочных договоров с потенциальными потребителями, позволяющих обеспечить окупаемость инвестиций в объекты электроэнергетики, а также стимулиро-

вать активный рост промышленности в регионах.

В долгосрочной перспективе это позволит увеличить и диверсифицировать энергетический экспорт на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона, дать импульс региональному развитию нефте- и газохимии, производству разнообразной продукции с высокой добавленной стоимостью.

Тенденция к освоению природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока имеет давнюю историю. Ярким примером масштабного решения этой задачи является сооружение Транссиба, а также создание в Иркутской губернии золотодобывающей промышленности.

В более поздний, советский период развития страны, осуществлены многие крупные проекты по развитию этих территорий – освоение Северного морского пути, строительство Турксиба, заполярного Норильского промышленного комплекса, освоение Колымско-Магаданского золотодобывающего района, разработка крупнейших алмазного, угольного и оловянного месторождений в Республике Саха (Якутия) (Мирный, Нерюнгри, Депутатский), сооружение Ангаро-Енисейского каскада ГЭС и крупнейших алюминиевых заводов, строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, воз-

---

<sup>1</sup> Валентин Александрович Баринов – заведующий отделением ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», д.т.н., e-mail: barinov@eninnet.ru;

Владислав Александрович Исаев – эксперт ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», e-mail: iva@eninnet.ru;

Николай Владимирович Лисицын – эксперт ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», к.т.н., e-mail: nvl@eninnet.ru;

Александр Соломонович Маневич – заместитель заведующего отделением ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», e-mail: mas-44@yandex.ru;

Юрий Васильевич Усачев – эксперт ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», e-mail: usachev@eninnet.ru

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

ведение атомной электростанции и освоение Билибинско-Чаунского золотопромышленного района. В части освоения ресурсов Западной Сибири – это, несомненно, крупнейшее в истории освоение нефтегазовых месторождений Тюменской области, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов.

В постперестроечный период начата разработка нефтегазовых месторождений на о. Сахалин, строительство газопроводов на о. Сахалин и Дальнем Востоке, нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан, нефтяных месторождений на территории Красноярского края (Ванкорское месторождение) с сооружением протяженного нефтепровода в суровых полярных условиях Ванкор – Пурпе.

Дальнейшее освоение природного потенциала Сибири и Дальнего Востока, наряду с разработкой месторождений угля, урана, других рудных и нерудных ископаемых, будет стимулировать использование лесных ресурсов и развитие гидроэнергетики, и, согласно прогнозам, может обеспечить опережающее социально-экономическое развитие Сибирского и Дальневосточного федеральных округов с увеличением их валового регионального продукта и повышением доли в ВВП страны.

Необходимым условием реализации указанных стратегических инициатив является надежное электроэнергетическое обеспечение проектируемых промышленных кластеров. Так, например, для развития нефтегазового комплекса в Тюменском регионе было построено несколько мощных тепловых электростанций, создана протяженная и развитая сеть линий электропередачи 500 кВ. Норильский горно-металлургический комбинат обеспечивают электроэнергией три тепловые электростанции (питающиеся от протяженных газопроводов) и специально сооруженные для энергоснабжения комбината две крупные гидроэлектростанции – Усть-Хантайская и Курейская, с помощью сети 220 кВ образовавшие крупную электроэнергетическую систему. Аналогично Западно-Якутский промышленный район потребовал для своего развития сооружения каскада Вилюйских ГЭС суммарной мощностью 1000 МВт и сети линий электропередачи 220 кВ. Магадано-Колымский промышленный район обеспечивается электро-

энергией Колымской и Усть-Среднеканской ГЭС и двумя ТЭЦ, объединенными в энергосистему сетями 110 и 220 кВ.

На современном этапе для освоения и развития определенных федеральными и региональными программами развития восточных регионов страны потребуется переход от создания локальных изолированных энергосистем к расширению ЕЭС России путем строительства новых электростанций, включая новые ГЭС и сооружения в составе ЕНЭС протяженных линий высокого и сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока.

На рассматриваемую перспективу высшим классом напряжения в ЕЭС России останется 1150 кВ для сетей переменного тока и освоенные за рубежом классы напряжения  $\pm 500$ , 600 и 800 кВ для передач постоянного тока, а также, возможно, осваиваемый в настоящее время в Китае класс напряжения  $\pm 1100$  кВ. Основная роль этих электропередач будет заключаться в создании электрического транзита Восток – Запад по нескольким направлениям (северное, центральное, южное) [2].

Усиление основной электрической сети переменного тока высших классов напряжения в ЕЭС России будет выполняться на напряжениях 220 (330) – 500 (750) кВ.

Очевидно, что формирование электрической сети самым прямым образом зависит от размещения потребителей электроэнергии, потребности ее объема и генерирующих источников.

Важность задачи освоения региона нашла отражение в ряде крупных проектов и разработок. Это – перспективная транспортная схема Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России (рис. 1), проект газопровода «Сила Сибири» (рис. 2), проект нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (рис. 3), а также «Интегральный проект солидарного развития на Евроазиатском континенте» [3]. Цель проекта – объединение экономик Евроазиатского континента. Проект «Трансевразийский пояс развития» (ТЕПР) предполагает масштабное строительство транспортных артерий на всей территории России, развитие энергетической и транспортной инфраструктур, привлечение трудовых ресурсов из Азии в Зауралье и на Дальний Восток.

Учитывая отраслевые направления развития регионов Сибири и Дальнего Востока, следует

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

предусматривать опережающее развитие энергетической инфраструктуры, обеспечивающей гарантированное электроснабжение осваиваемых районов.

С этой точки зрения основной задачей будет являться развитие ЕНЭС России на территории всех перспективных районов, включая приполярные и заполярные районы Сибири и Дальнего Востока, и формирование мощных генерирующих центров, использующих местные ресурсы углеводородного топлива, гидро- и ветроресурсы.

Для решения задачи электроэнергетического обеспечения районов Сибири и Дальнего Востока на долгосрочную перспективу необходимо сооружение достаточных источников генерации электроэнергии и строительство протяженных высоковольтных магистралей. Потребуется сооружение на отдаленных территориях Сибири и Дальнего Востока электростанций, использующих богатые гидроресурсы, а также запасы угля (Тунгусское, Эльгинское, Чукотское месторождения) и технологии превращения угля в жидкое топливо, газовые месторождения Ямало-Не-

нецкого автономного округа, Республики Саха (Якутия) и Иркутской области.

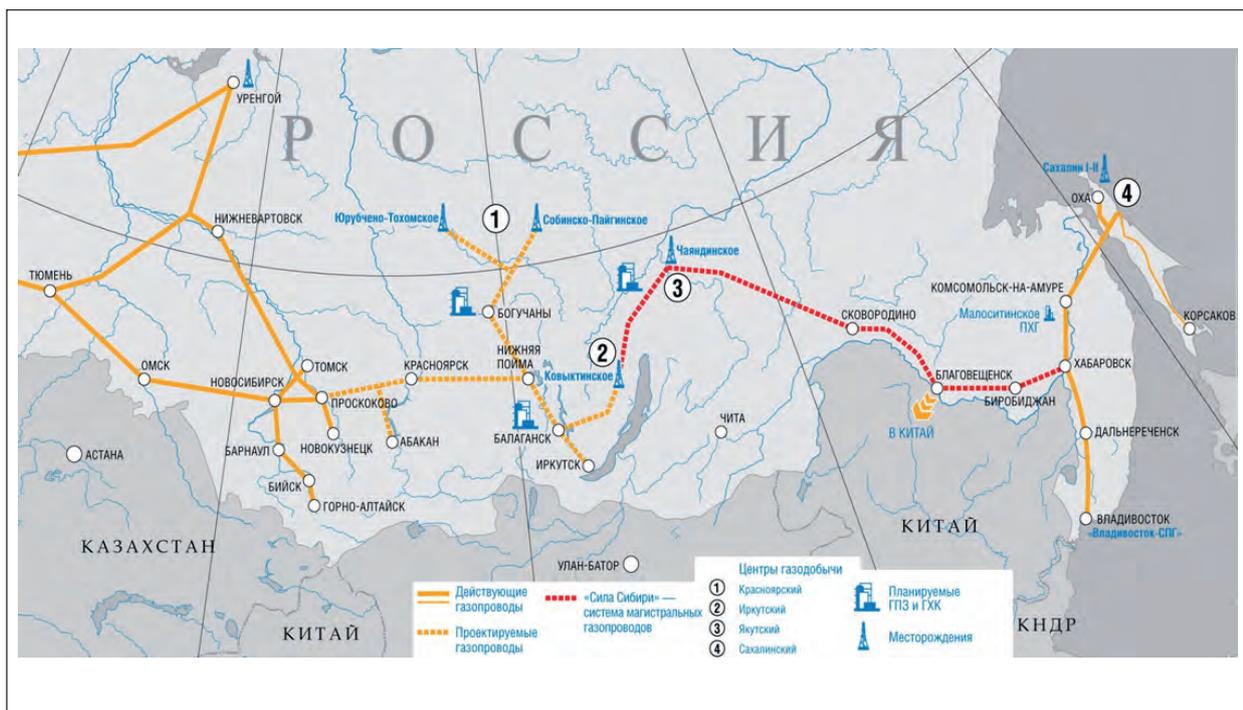
Для создания устойчивой структуры энергоснабжения и формирования структур ЕЭС России в северных районах Сибири и Дальнего Востока необходимо будет рассмотреть вопрос сооружения системообразующих линий электропередачи в широтном направлении – север Тюменской энергосистемы – «Таймырэнерго» – Айхал – Центральный район энергосистемы Республики Саха (Якутия) – энергосистема Магаданской области. Первый участок электромагистрали должен привязываться к северному широтному ходу железной дороги Салехард – Игарка. Другое широтное направление будет соответствовать Северосибирской железнодорожной магистрали Нижневартовск – Белый Яр – Усть-Илимск. Впоследствии широтные магистрали будут связываться в меридиональном направлении, образуя ячеистую структуру сети. Схема сети должна обеспечить, в том числе, выдачу мощности намечаемых к сооружению в долгосрочной перспективе ГЭС.



Источник: *Транспортное строительство.*

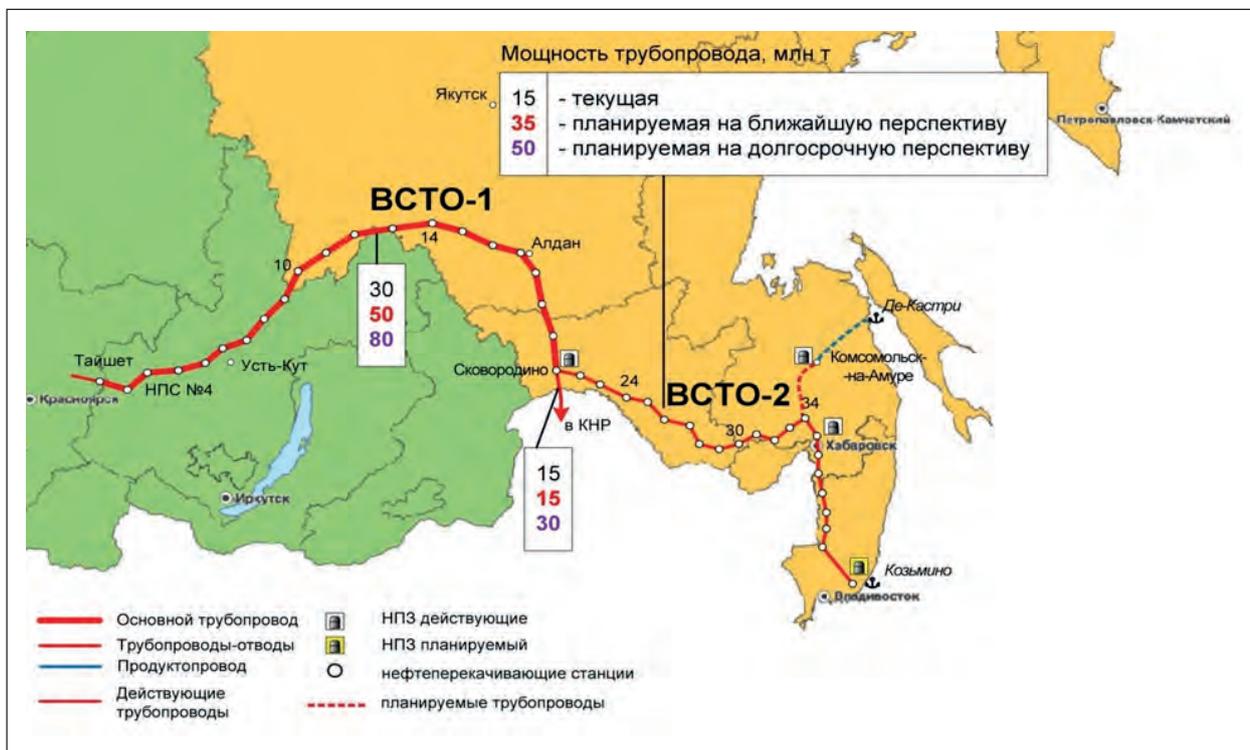
Рис. 1. Перспективная транспортная схема Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России

# ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ



Источник: «Восточная газовая компания», [www.gazprom.ru](http://www.gazprom.ru)

**Рис. 2. Газопровод «Сила Сибири»**



Источник: [www.vstoneft.ru](http://www.vstoneft.ru)

**Рис. 3. Проект нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан**

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

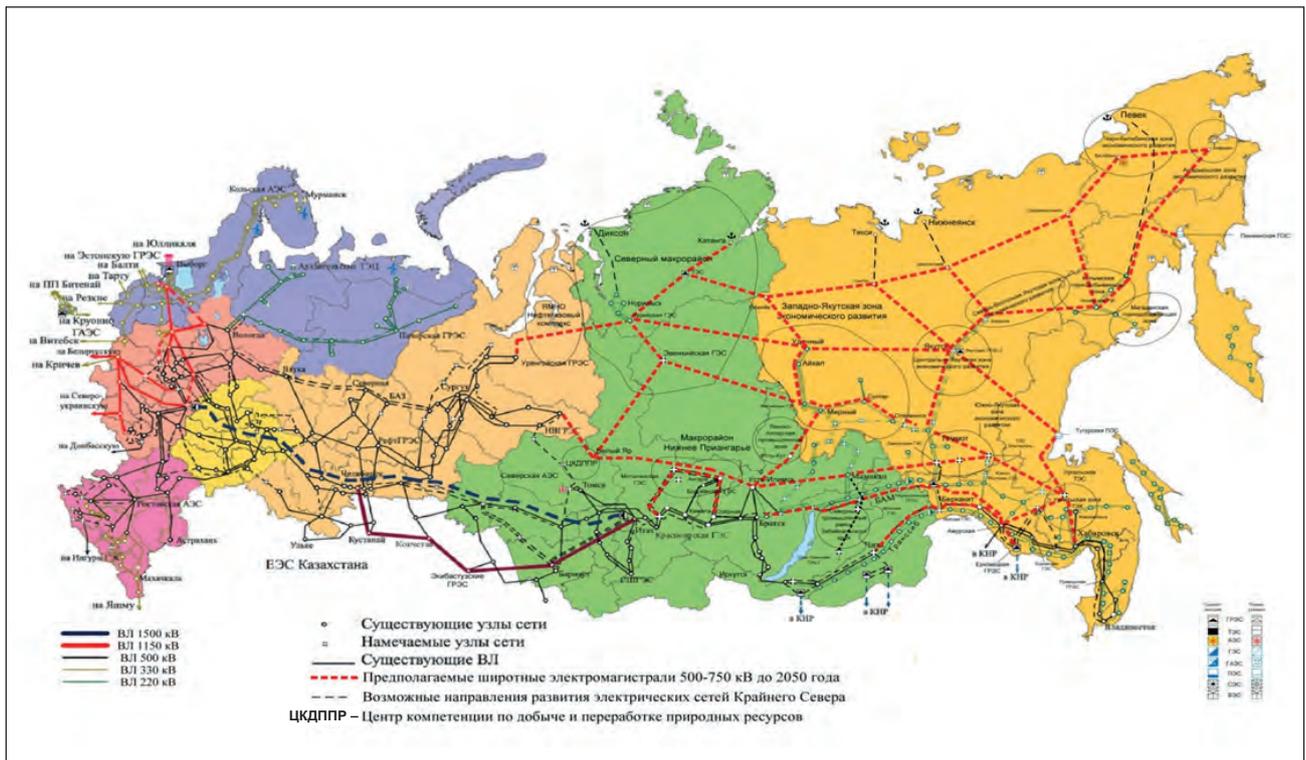


Рис. 4. Возможный сценарий развития ЕНЭС России на долгосрочную перспективу

Использование гидроресурсов и разработка крупных топливных месторождений в рассматриваемых регионах может решить также и задачу экспорта электроэнергии. Сооружение мощных кластеров электростанций (гидро- и тепловых) может позволить с помощью линий электропередачи постоянного тока ультравысокого напряжения осуществлять экспорт электроэнергии как в сторону Юго-Восточной Азии, так и в сторону Северной Америки через Берингов пролив.

Развитие электроэнергетики в районах Сибири и Дальнего Востока логически вписывается в

проект ТЕПР, который должен стать зоной развития, простирающейся через всю Евразию.

На рис. 4 показан возможный сценарий развития ЕНЭС РФ на долгосрочную перспективу с указанием перспективных районов потребления и сооружения крупных электростанций. Межузловые связи протяженностью более 400-500 км могут быть образованы ЛЭП 500-750 кВ. Рассматриваемая схема развития сети полномасштабно решает проблему присоединения к ЕЭС России изолированных энергосистем и энергорайонов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года.

2. Баринов В.А., Лачугин В.Ф., Лисицын Н.В., Маневич А.С., Антонова А.С., Антонов П.С., Мурачев А.С. Перспективы развития Единой национальной (общероссийской) электрической сети России на период до 2030 год // *Электро*, 2013, № 1.

3. Интегральный проект солидарного развития на Евразийском континенте. Научно-практическая концепция». Доклад на заседании Президиума РАН, г. Москва, 11 марта 2014 г.

Поступила в редакцию  
05.02.2016 г.

**V. Barinov, V. Isaev, N. Lisitsyn, A. Manevich, Yu. Usachev<sup>2</sup>**

**DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER INDUSTRY, PROVIDING  
ENERGY SUPPORT FOR DEVELOPING SYSTEMS OF SIBERIA AND  
FAR EAST ECONOMICS**

The article describes the emerging trends of development of the natural potential of Siberia and the Far East, the creation of regional industrial clusters in this area, the development of transport, gas and oil supply systems, the main directions of development of electric power industry, and Unified National Power Grid of Russia with a long perspective.

*Key words:* electric power industry, Unified National Power Grid, territorial-production clusters, transport, gas and oil supply systems, hydroelectric power stations, long perspective.

---

<sup>2</sup> Valentin A. Barinov – head of department of JSC «G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute», Doctor of Engineering, *e-mail:* barinov@eninnet.ru;

Vladislav A. Isaev – expert of JSC «G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute », *e-mail:* iva@eninnet.ru;

Nikolay V. Lisitsyn – expert of JSC «G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute », Ph.D in Engineering, *e-mail:* nvl@eninnet.ru;

Alexander S. Manevich – deputy head of Department JSC «G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute», *e-mail:* mas-44@yandex.ru;

Yuri V. Usachev – expert of JSC «G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute», *e-mail:* usachev@eninnet.ru

УДК 621.311+621.22 (4/5)

Л.С. Беляев, Н.И. Воропай, О.В. Марченко, С.В. Подковальников, В.А. Савельев,  
С.В. Соломин, Л.Ю. Чудинова<sup>1</sup>

## **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ РОССИИ В ЕВРАЗИЙСКОЕ ПРОСТРАНСТВО: УСЛОВИЯ И РОЛЬ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

Анализируются перспективы формирования межгосударственных энергообъединений в мире и Евразии. Рассматриваются направления электроэнергетической интеграции России в евразийское пространство. Оценивается возможный потенциал экспорта российской электроэнергии в сопредельные страны Евразии. Приводятся результаты исследований формирования межгосударственного энергообъединения в Северо-Восточной Азии, в том числе с рассмотрением роли российских гидроэнергетических ресурсов в создании экспортного потенциала и реализации интеграционных эффектов объединения национальных энергосистем.

*Ключевые слова:* межгосударственные электроэнергетические объединения, электрические связи, Евразия, интеграция, электропотребление, установленная мощность, гидроэнергетические ресурсы.

Формирование межгосударственных электрических связей и объединений (МГЭС и МГЭО) является глобальным интеграционным процессом, который протекает в различных регионах мира. В Северной Америке и Европе созданы многочисленные МГЭС и мощные МГЭО. В Южной Америке, в отдельных регионах Африки и Юго-Восточной Азии происходит активное формирование, а в Южной и Северо-Восточной Азии (СВА) исследуются возможности расширения МГЭС и создания МГЭО.

Движущими силами данного процесса являются достигаемые в результате электроэнергетической интеграции эффекты, такие как:

а) снижение потребности в установленных генерирующих мощностях за счет разновременности максимумов нагрузки (как в суточном, так и в годовом разрезе) в разных странах и регионах;

б) повышение надежности объединяемых электроэнергетических систем (ЭЭС);

в) вовлечение в энергобалансы разных стран источников возобновляемой (гидравлической, ветровой, солнечной) энергии;

г) получение доходов от торговли электроэнергией;

д) интенсификация торговли электроэнергией между странами и др.

России, занимающей значительную часть Евразии, геополитически предопределено взаимодействовать как с западными, так и с южными и восточными соседями по всему периметру ее протяженных границ. Это касается также топливно-энергетического и электроэнергетического взаимодействия и интеграции, не только с близлежащими странами бывшего СССР, но и с так называемыми странами дальнего зарубежья. В результате, как представляется, на территории Евразии сформируется континентальное межгосударственное энергообъединение.

Высказываются предложения о формировании в долгосрочной перспективе Глобального (мирового) суперэнергообъединения на основе уже сформированных и формирующихся региональных энергообъединений, в том числе Евразийского. России, в силу ее территориального расположения и весьма значительного энергоресурсного потенциала, в том числе в части ги-

---

<sup>1</sup> Лев Спиридонович Беляев – главный научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН, д.т.н., профессор, *e-mail*: belyaev@isem.irk.ru;

Николай Иванович Воропай – директор ИСЭМ СО РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор, *e-mail*: voropai@isem.irk.ru;

Олег Владимирович Марченко – ведущий научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., *e-mail*: marchenko@isem.irk.ru;

Сергей Викторович Подковальников – заведующий лабораторией ИСЭМ СО РАН, к.т.н., *e-mail*: spodkovalnikov@isem.irk.ru;

Владимир Александрович Савельев – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, тел.: +7(3952) 500-646 доп. 438;

Сергей Владимирович Соломин – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., *e-mail*: solomin@isem.irk.ru;

Людмила Юрьевна Чудинова – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., *e-mail*: chudinova@isem.irk.ru

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

дрознергетических ресурсов, предстоит сыграть немаловажную роль, как в Евразийском, так и Глобальном энергообъединениях.

### Глобальное и Евразийское МГЭО

Обсуждение вопросов формирования Глобального МГЭО ведется уже не одно десятилетие. Еще в 1971 г. подразделение природных ресурсов ООН предложило создать электрические связи в направлении север-юг, чтобы уменьшить потребление органического топлива в развитых странах за счет использования гидроэнергетических ресурсов Африки и Латинской Америки [1]. В 1986 г. в США был создан институт Глобальной энергосети, продвигающий идею создания глобальной электрической сети для вовлечения в энергобалансы стран мира возобновляемых энергетических ресурсов [1].

В начале 1990-х годов появились публикации российских специалистов, в которых ставились первоочередные задачи по формированию Мирового энергообъединения [2-4]. К ним относились создание электрических связей СССР – Восточная Европа – Западная Европа, СССР – США, СССР – КНР, СССР – Япония; дальнейшее совершенствование и развитие технологии и техники передачи больших объемов электроэнергии постоянным током на дальние расстояния; разработка концепции формирования Глобального суперэнергообъединения и др. Единая энергосистема (ЕЭС) России рассматривалась как важный элемент этого МГЭО. При этом отмечалось, что существенную роль в формировании как Евразийского, так и Глобального МГЭО могут сыграть гидроэнергетические ресурсы восточной части России. В 2006 г. выполнялось исследование эффективности и надежности Глобального энергообъединения [5]. Расчетный мощностной эффект от создания Глобального МГЭО составил 730 ГВт на уровне 2050 года.

В статье [6], опубликованной в 2015 г., вновь поднимается проблема формирования Глобального суперэнергообъединения (рис. 1) и рассматриваются перспективные электроэнергетические мегапроекты, которые составят важные его элементы. Среди них проекты «Дезертэк» и «Медгрид», предназначенные для преобразо-

вания солнечной энергии в электрическую и ее транспортировки из Северной Африки к центрам нагрузки в Средиземноморье и Европе посредством линий электропередачи постоянного тока. Проект «Гобитэк» предполагает использование ветровой и солнечной энергии в пустыне Гоби и передачу выработанной электроэнергии в Россию, Китай, Южную Корею и Японию. Данный проект будет способствовать созданию регионального энергообъединения в Северо-Восточной Азии. Проект создания МГЭО в Юго-Восточной Азии предполагает создание системы подводных кабелей постоянного тока для передачи электроэнергии, выработанной возобновляемыми источниками энергии (солнечными установками) в Северной Австралии, в направлении Индонезийского архипелага, Филиппин, Малайзии, Индокитая, достигая территории Китая. На основе указанных региональных азиатских МГЭО с присоединением южно-азиатского энергообъединения в перспективе может быть создано Азиатское суперэнергообъединение.

Хотя Скандинавское энергообъединение уже существует, в перспективе до 2030 г. в его зоне действия предполагается значительное развитие возобновляемой энергетики (преимущественно ветровой и гидравлической). Вследствие этого требуется существенное усиление электросетевой инфраструктуры энергообъединения, в том числе для связи его с ЭЭС других стран для экспорта и/или обмена электроэнергией с ними. В результате Скандинавское МГЭО существенно нарастит свои мощности и изменит их структуру в пользу возобновляемых источников, а также изменится топология системообразующей электрической сети. Энергообъединение Северного моря схоже со Скандинавским объединением в том, что в нем также предполагается значительное использование возобновляемых ресурсов ветровой энергии акватории Северного и Балтийского морей. Однако, в отличие от предыдущего, Североморское энергообъединение является новым проектом.

Проект объединения Исландии с Европой через Британские острова имеет 60-летнюю историю. Рост цен на электроэнергию на европейских рынках в сочетании с амбициозными

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ



Рис. 1. Глобальное суперэнергообъединение [6]

целями по вовлечению в энергобалансы Европы возобновляемых источников энергии (в том числе территориально удаленных от нее) подогревает интерес к данному проекту.

Проект энергообъединения Атлантический ветер предполагает масштабное развитие офшорной ветровой генерации вдоль восточного побережья США от штата Нью-Джерси до Виргинии (Средне-Атлантический регион) с соответствующим развитием электрической сети для сбора вырабатываемой ветроустановками электроэнергии и передачи ее на берег потребителям.

Развитие проектов «Гобитэк», энергообъединений в Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии, а также Азии в целом, Скандинавского и Североморского объединения, Исландско-британского континентально-европейского энергообъединения в итоге приведет к формированию Евразийского МГЭО.

Концепция формирования Евразийского суперэнергообъединения, как элемента глобального МГЭО, предлагалась в работе [7]. Предполагалось, что это объединение также будет создаваться поэтапно путем усиления общеевропейского МГЭО и развития новых интеграционных проектов. Структурно оно будет состоять из нескольких международных энергообъединений и отдельных крупных национальных энер-

госистем, между которыми будут установлены достаточно мощные электрические связи, как правило на постоянном токе, обеспечивающие обмена и передачу энергии между ними [7]. В статье [8] такая концепция подтверждается (рис. 2).

При создании Евразийского энергообъединения особая роль отводится ЕЭС России, благодаря ее огромным территориальным масштабам и особому географическому положению (с охватом двух континентов). Фактически ЕЭС России выступает своеобразным мостом, связывающим электроэнергетические системы и объединения стран Европы и Азии. Важную роль в Евразийском МГЭО могут сыграть российские гидроэнергетические ресурсы [9].

В зоне влияния ЕЭС России и МГЭО ЕЭС/ОЭС (охватывающего страны бывшего СССР) реализуются различные межгосударственные электроэнергетические проекты, которые фактически определяют направления интеграции России в электроэнергетическое пространство Евразии. Среди них «Балтийское кольцо», проекты электрических связей с Восточной и Западной Европой, «Черноморское кольцо», проект МГЭС между странами Центральной и Южной Азии, проект формирования МГЭО в Северо-Восточной Азии (СВА), энергомост из России в Японию и др.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

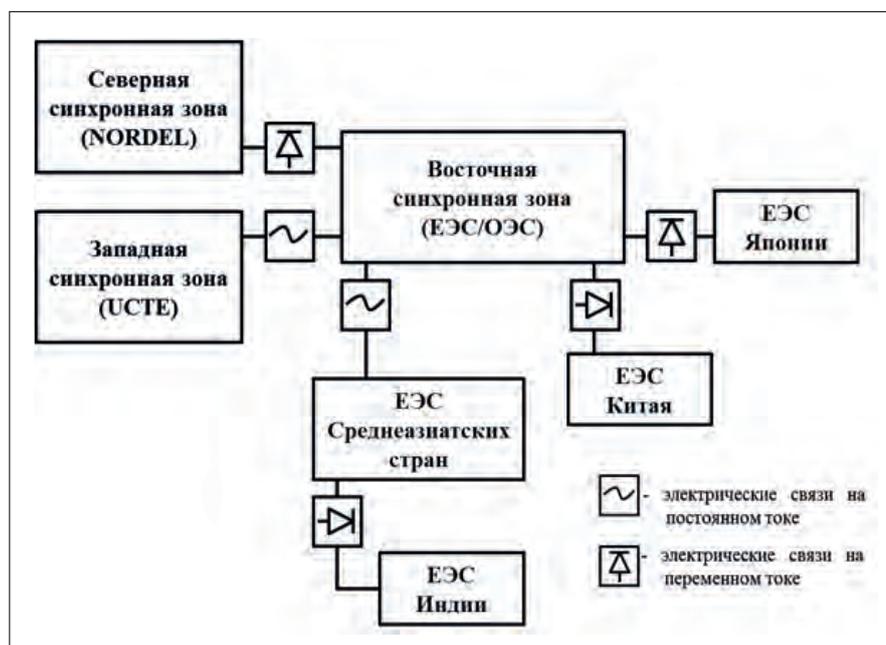


Рис. 2. МГЭО Евразийского континента [8]

Интеграция ЕЭС России в Глобальное энергообъединение потребует создания в долгосрочной перспективе МГЭС Россия – США через Берингов пролив с реализацией гигантского проекта Пенжинской ПЭС в северной части Охотского моря, с присоединением к указанной межгосударственной электрической связи и выдачей мощности и энергии этой приливной станции в Россию, США и страны Восточной Азии.

### Современное состояние и перспективы развития электроэнергетики сопредельных с Россией стран

Для изучения условий электроэнергетической интеграции России в Евразийское пространство был проведен анализ электроэнергетики сопредельных стран, расположенных в следующих регионах:

- 1) Скандинавия и Прибалтика (Финляндия, Норвегия, Швеция, Латвия, Литва, Эстония);
- 2) Восточная Европа (Беларусь, Украина, Молдова, Польша, Чехия, Словакия, Венгрия, Румыния, Болгария);
- 3) Кавказ и Малая Азия (Азербайджан, Армения, Грузия, Турция);
- 4) Центральная и Южная Азия (Афганистан, Иран, Казахстан, Кыргызстан, Пакистан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан);
- 5) Восточная (Северо-Восточная) Азия (Китай, Япония, Республика Корея, Корейская Народно-Демократическая Республика, Монголия).

Приводимый ниже прогноз электропотребления и установленных мощностей электростанций указанных стран и регионов базировался на исследованиях [10-14]. Наряду с указанными прогнозами (базовый сценарий) рассматривался также сценарий более медленного роста потребления электрической энергии (минимальный сценарий), соответствующий замедлению экономического роста ряда стран мира в связи с происходящими в настоящее время негативными политическими и экономическими процессами.

В дальнейшем описывается в основном базовый сценарий (если не оговорено иное). Прогноз электропотребления по пяти указанным выше регионам приведен в табл. 1 для минимального и базового сценариев.

В перспективе до 2030-2050 гг. в странах Европы и Азии, граничащих с Россией, ожидается существенный рост электропотребления. Согласно базовому сценарию к 2030 г. спрос на электроэнергию может превысить 16,5 трлн кВт·ч, а к 2050 г. – достигнуть уровня 22,6 трлн кВт·ч, то есть рост составит 1,9 и 2,6 раза соответственно по сравнению с уровнем 2013 года. При этом ситуация существенно различается в разных регионах Евразии.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 1

**Прогноз электропотребления сопредельных с Россией стран до 2050 года, ТВт·ч/год**

Регионы	Факт	Сценарии			
		Минимальный сценарий		Базовый сценарий	
	2013 г.	2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.
СП	381	358	335	384	437
ВЕ	612	706	777	795	956
КМА	286	572	712	664	924
ЦЮА	528	647	871	843	1278
ВА	6822	12034	14812	13871	19049
Всего	8629	14317	17507	16557	22644

Примечание: СП – Скандинавия и Прибалтика; ВЕ – Восточная Европа; КМА – Кавказ и Малая Азия; ЦЮА – Центральная и Южная Азия; ВА – Восточная Азия; НВИЭ – нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Наименьшие приросты электропотребления в рассматриваемой перспективе прогнозируются для европейского направления, причем, если для Восточной Европы прирост за весь период составит 50%, то для Скандинавии и Прибалтики – только 15%. В минимальном варианте в последних регионах вероятно снижение спроса на электроэнергию в рассматриваемой перспективе.

Хотя в странах Кавказа (Азербайджан, Армения, Грузия) прирост электропотребления за рассматриваемый период более чем трехкратный, абсолютная величина спроса весьма умеренна. Она составляет около 118 ТВт·ч к 2050 г. (в минимальном варианте спрос почти в полтора раза ниже). При этом высокий прирост электропотребления характерен для Турции (более 630 ТВт·ч по сравнению с современным уровнем).

Весьма существенный рост электропотребления ожидается также в Центральной и Южной Азии, особенно в Пакистане и Иране. Совокупное электропотребление указанных двух стран, согласно базовому сценарию, достигнет 0,8 трлн кВт·ч к 2050 г., а прирост за весь рассматриваемый период составит почти 0,5 трлн кВт·ч. Среди остальных стран этого региона значительными приростами электропотребления в рассматриваемый период отличаются Казахстан (рост почти в 2,3 раза) и Узбекистан (почти трехкратный рост).

Наибольший прирост электропотребления ожидается в Восточной Азии – более 12 трлн кВт·ч к 2050 году. Особенно велик он в Китае. Доля последнего в общем электропотреблении

рассматриваемого евразийского пространства в настоящее время составляет примерно две трети, а в перспективе до 2050 г. может возрасти до трех четвертей. Эта страна до последнего времени имела очень высокие темпы роста электропотребления и в настоящее время является мировым лидером по производству и потреблению электроэнергии. Это лидерство, как ожидается, КНР сохранит и на рассматриваемую перспективу.

Значительной потребностью в электроэнергии характеризуются и такие восточно-азиатские страны, как Япония и Республика Корея, причем, если в первой из них спрос на электроэнергию будет стагнировать в течение всей расчетной перспективы, то во второй он возрастет к 2050 г. в два раза и приблизится к японскому уровню.

Все сопредельные с Россией страны планируют развитие собственных источников электроэнергии. В табл. 2 представлены современная и прогнозная структуры установленных мощностей для рассматриваемых регионов для 2013 и 2050 гг. соответственно.

Скандинавские страны ориентируются на дальнейшее использование гидроэнергоресурсов, в Финляндии и Швеции дополнительно используются ТЭС на органическом топливе и развиваются АЭС. Литва собирается развивать атомную энергетику, в остальных странах Прибалтики используются тепловые и гидравлические станции.

Страны Восточной Европы, имея ограниченные запасы энергоресурсов (кроме Поль-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 2

### Установленные мощности, ГВт

Регион	2013 г.				2050 г.			
	ТЭС	АЭС	ГЭС	НВИЭ	ТЭС	АЭС	ГЭС	НВИЭ
СП	22	12	53	9	25	19	67	31
ВЕ	119	25	22	14	129	43	24	83
КМА	47	0	27	4	104	25	49	63
ЦЮА	110	2	30	1	221	20	82	27
ВА	1161	85	362	135	2138	476	774	1188
Всего	1458	125	495	162	2617	582	996	1391

ши, обладающей запасами угля, и Украины, также имеющей угольные запасы и определенный гидропотенциал), расширяют использование атомной энергии, в том числе упомянутые Польша и Украина. Только одна страна в регионе, Молдова, не рассматривает в перспективе развитие атомной энергетики.

Страны Центральной, Южной и Малой Азии, особенно лидеры в области электроэнергетики (Иран, Пакистан и Турция), диверсифицировано развивают свои отрасли, ориентируясь на источники на органическом и ядерном топливе, а также на гидроэнергоресурсы. В Центральной Азии имеются запасы органического топлива и гидроэнергоресурсы, но они распределены между странами неравномерно. В странах Кавказа ситуация различна. В Грузии энергосистема использует преимущественно гидравлическую энергию, что сохранится и в перспективе. Армения использует гидропотенциал, развивая при этом атомную энергетику. Азербайджан, имея значительные запасы органического топлива, развивает тепловую энергетику.

В Восточной Азии Китай в наибольшей степени обеспечен угольными ресурсами и, соответственно, ориентируется в своем развитии на тепловую угольную энергетику. Однако в рассматриваемой перспективе быстрыми темпами в этой стране будут развиваться атомные станции, и особенно возобновляемые источники энергии, внося значительный вклад не только в покрытие электроэнергетического баланса, но и в снижение вредных выбросов в атмосферу. Дефицитные по энергоресурсам Япония и Южная Корея ориентируются на использование ядерной энергии и развитие тепловой энергетики на импортном углеводородном топливе. Нужно от-

метить, что после аварии на АЭС «Фукусима» дальнейшее развитие японской ядерной энергетики будет весьма ограничено.

Практически во всех странах предполагается существенное развитие нетрадиционных возобновляемых источников энергии, особенно ветровых и солнечных.

Страны с высокими темпами прироста электропотребления могут рассматриваться как первоочередные рынки сбыта для российской электроэнергии (особенно в случаях, когда рост спроса на электроэнергию опережает развитие собственной электроэнергетической базы). Такие центры роста расположены в азиатской части Евразии. Прежде всего это Китай, Южная Корея, страны Южной Азии, Турция. Высоким потенциалом для экспорта электроэнергии из России будут отличаться также страны, характеризующиеся дефицитом собственных природных энергоресурсов. Из азиатских стран это, прежде всего, Япония и упоминаемые выше Южная Корея и Турция. В целом восточно-азиатское направление электроэнергетической кооперации может рассматриваться для России как перспективное, учитывая при этом мощный российский восточно-азиатской гидроэнергетический потенциал.

Центрально-, южно- и малоазиатское направления электроэнергетической кооперации также могут представлять интерес для России, особенно с учетом российских электроэнергетических (в том числе гидроэнергетических) активов, размещенных (а также ожидаемых в перспективе) за пределами России, и вхождения в межгосударственные электроэнергетические проекты третьих стран в указанных азиатских регионах. Наличие ГЭС во всех странах регио-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

на является фактором, способствующим объединению их энергосистем для совместной работы. Как следствие, все они имеют развитые межгосударственные электрические связи и активно участвуют в обмене электроэнергией между собой и с другими странами, в частности с Россией и Ираном.

Вследствие того, что европейские страны характеризуются в основном незначительными приростами электропотребления, то для выхода российской электроэнергии на электроэнергетические рынки этих стран имеется меньше возможностей. Кроме того, политические отношения между Россией и многими европейскими странами в настоящее время не способствуют развитию энергетического сотрудничества.

Возможный потенциал для экспортируемой российской электроэнергии можно предварительно оценить в следующих объемах: в европейском направлении – 150-350 ТВт·ч/год электроэнергии и 25-58 ГВт мощности, в кавказско-малоазиатском – 350-500 ТВт·ч/год и 55-80 ГВт, в центрально-южноазиатском – 350-600 ТВт·ч/год и 70-125 ГВт, наконец, в восточно-азиатском – 5000-9500 ТВт·ч/год и 900-1700 ГВт. В последнем случае не учитывались южные провинции Китая в качестве потенциальных рынков сбыта для российской электроэнергии. Указанные значения превышают возможные объемы поставок энергии не только от ГЭС, но и других российских источников. Конкурентоспособные объемы экспорта российской электроэнергии можно определить путем оптимизации Евразийского энергообъединения в целом на рассматриваемый расчетный период.

### **Российские гидроэнергоресурсы в Евразийском МГЭО**

По запасам гидроэнергии Российская Федерация занимает второе место в мире после Китая. Однако по уровню их практического использования она отстает от многих стран мира. В наименьшей мере использованы гидроэнергоресурсы восточных регионов страны.

Состав возможных объектов гидроэнергостроительства во многом предопределен ранее разработанными стратегиями и программами развития генерирующих мощностей в России, в

частности – [15]. В случае реализации всех входящих в нее проектов установленная мощность гидроэлектростанций в стране может быть увеличена на 12,2 ГВт, в том числе за счет строительства новых ГЭС общей мощностью 6,8 и ГАЭС мощностью 4,7 ГВт [16].

Вместе с тем в отечественной гидроэнергетике на современном этапе существует ряд серьезных проблем. Они связаны с общей экономической и политической ситуацией, сложившейся в России (и в мире в целом) в настоящее время.

В последние годы значительно снизились темпы роста потребности в электроэнергии и новых генерирующих мощностях. Более того, сейчас в стране возник избыток этих мощностей. Экономический кризис, наблюдающийся в России, значительно ограничивает инвестиционные возможности государства. Это затрудняет выполнение принятых им обязательств по созданию энергетической, транспортной, строительной и коммунально-бытовой инфраструктуры для новых ГЭС в районах нового освоения, в том числе на территориях опережающего развития.

На перспективах развития гидроэнергетики, несомненно, скажется и изменение Энергетической стратегии России, и роли электроэнергетики в экономике России на период до 2035 года. Вместо «локомотива экономического развития» ей предлагается отвести, наряду с транспортной, водохозяйственной, коммуникационной и информационной, инфраструктурную роль.

Все сказанное привело к значительному сокращению объемов гидроэнергостроительства на ближайшую перспективу. Наряду с уже сооружаемыми Нижнебурейской, Усть-Среднеканской, Гочатлинской и Зарамагскими ГЭС общей мощностью 1075 МВт, а также Загорской ГАЭС-2 мощностью 840 МВт могут быть построены 4 противонаводковых ГЭС (Нижнезейская, Гилуйская, Селемджинская и Нижнениманская) на Дальнем Востоке, Белопорожская на Северо-Западе, Теучежская и Тантарийская – в ОЭС Юга, Нижне-Суянская – на Урале и Канкунская – в Южной Якутии. Общая мощность этих ГЭС равна 1760 МВт.

При ограниченных потребностях в новых гидроэнергетических проектах внутри страны важным фактором в развитии российской ги-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

дроэнергетики в видимой перспективе может стать расширение электрических связей с сопредельными странами Евразии. При этом может возрасти роль российских ГЭС не только как экспортеров электроэнергии, но и как объектов, обеспечивающих реализацию системных эффектов от сооружения МГЭС, способствующих формированию межгосударственных электрических объединений. При этом состав потенциальных гидроэнергетических объектов, которые могут быть построены до 2050 г. (по оценкам «Гидропроекта»), включает 58 ГЭС мощностью 37,12 ГАЭС мощностью 12,3 и две приливные электростанции (ПЭС): Мезенскую – 15,2 и Тургурскую – 6,8 ГВт (предполагалось, что последние две станции вводятся на полную мощность после 2050 года).

Анализ состояния и перспектив развития электроэнергетических секторов сопредельных стран до 2050 г. показал, что следующие направления электроэнергетической интеграции представляют основной интерес с точки зрения влияния на функционирование и развитие российской гидроэнергетики. Это – создание электрических связей с Европейским энергообъединением и скандинавскими энергосистемами, а также развитие МГЭС со странами Восточной Азии.

Усиление электрических связей в европейско-скандинавском направлении может способствовать улучшению использования мощности ГЭС Северо-Запада (Йовской, Кумской, Хеваскоски и др.) и сооружению в отдаленной перспективе супермощной Мезенской ПЭС.

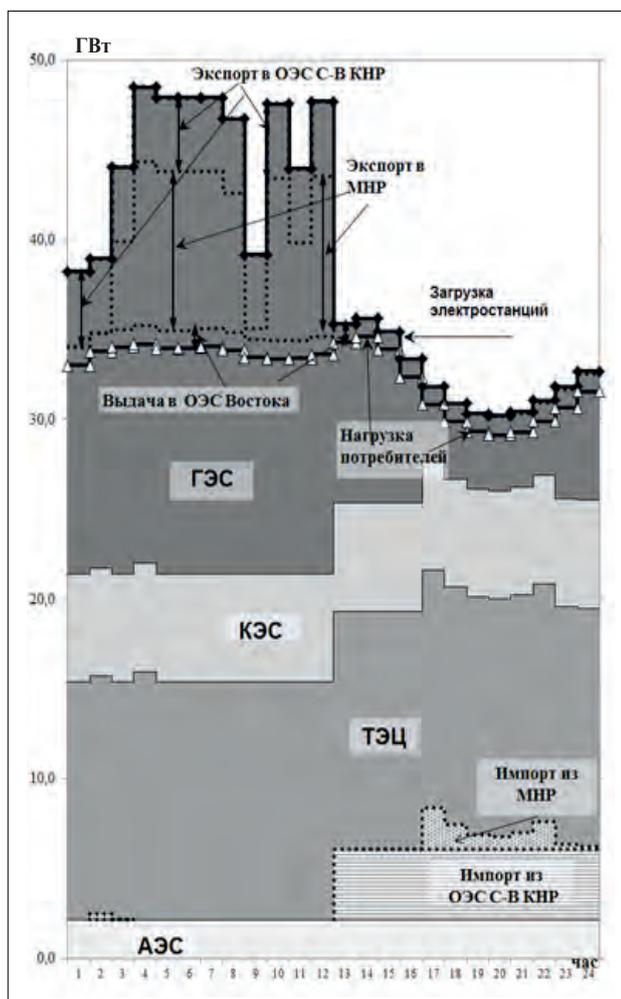


Рис. 3. Суточный режим работы ОЭС Сибири (лето, рабочий день)

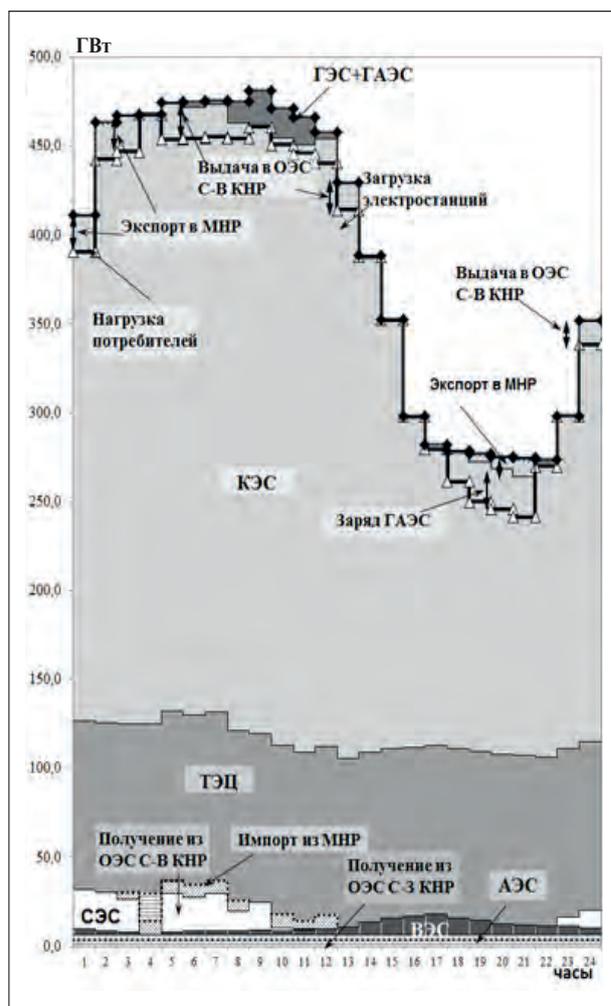


Рис. 4. Суточный режим работы ОЭС Северного Китая (лето, рабочий день)

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

Значительно более широкие возможности развития гидроэнергетики в России открываются при расширении межгосударственной кооперации электроэнергетических секторов России и восточно-азиатских стран. Анализ ранее выполненных исследований данной проблемы [17, 18] показал особую роль сибирских и дальневосточных ГЭС в развитии этой кооперации. Так, использование неостребованной маневренной мощности и регулирующих способностей сибирских и дальневосточных ГЭС может повышать эффективность создания МГЭС из Сибири и Дальнего Востока в Китай и Республику Корея, что связано с реализацией интеграционных эффектов разновременности наступления годовых максимумов нагрузки в этих странах, а также выравниванием неравномерной энергоотдачи нетрадиционных возобновляемых источников (солнечных и ветровых), масштабно развиваемых в странах Восточной Азии, особенно в Китае [17-19]. Возможности сооружения гидроэнергетического комплекса в Южной Якутии [20] и Тугурской ПЭС в Хабаровском крае [21] позволяют организовать масштабный экспорт экологически чистой электроэнергии в Японию [22].

Реализация интеграционных эффектов, особенно выравнивание энергоотдачи НВИЭ за счет водохранилищ ГЭС Сибири и Дальнего Востока, существенно влияет на режимы МГЭО. Это наглядно иллюстрируется рис. 3 и 4, на которых представлены суточные режимы в ОЭС Сибири и Северного Китая [19]. Прежде всего, балансы этих энергообъединений в разные часы суток оказываются связанными условиями использования НВИЭ и ГЭС. Так, избыточная мощность ветровых электростанций в часы провала нагрузки в Китае будет вынуждено выдаваться (через Монголию) в Россию. При этом вытесняется энергоотдача сибирских ГЭС, а сэкономленные на них гидроэнергоресурсы используются для выработки электроэнергии, передаваемой назад в Китай (также через Монголию) при повышении его нагрузки.

Данный эффект может играть важную роль в обеспечении эффективности формирования МГЭО в СВА и ускорении развития гидроэнергетики в России на уровне 2050 года. Как показали расчеты на модели ОРИЭС [17], его

реализация совместно с созданием экспортного гидроэнергетического потенциала может способствовать строительству до 2050 г. новых ГЭС суммарной мощностью в Сибири 8,4 и на Дальнем Востоке – 14,2 ГВт. Для решения вопроса о строительстве каждого из них необходимо найти инвесторов и обосновать индивидуальную эффективность.

### Заключение

В настоящее время активно обсуждаются вопросы создания межгосударственных энергообъединений в разных регионах мира, включая Евразийское, а также Глобальное. Россия, принимая во внимание ее уникальное географическое положение, территорию и обеспеченность энергоресурсами, особенно гидроэнергетическими, может сыграть весьма важную роль в указанных МГЭО. Возможный потенциал для экспортируемой российской электроэнергии предварительно оценивается в следующих объемах: в европейском направлении – 150-350 ТВт·ч/год электроэнергии и 25-58 ГВт мощности, в кавказско-малоазиатском – 350-500 ТВт·ч/год и 55-80 ГВт, в центрально-южноазиатском – 350-600 ТВт·ч/год и 70-125 ГВт, наконец, в восточноазиатском – 5000-9500 ТВт·ч/год и 900-1700 ГВт. Указанные значения превышают возможные объемы поставок энергии не только от ГЭС, но и других российских источников энергии. Конкурентоспособные объемы экспорта российской электроэнергии можно определить путем оптимизации Евразийского энергообъединения в целом на рассматриваемый расчетный период.

Электроэнергетическая интеграция в евразийское пространство и Глобальное МГЭО, как представляется, обеспечит существенные системные эффекты для России. Прежде всего, это энергоэкономические интеграционные эффекты, достигаемые в ходе объединения ЭЭС. Имеются значительные возможности для экспорта российской электроэнергии, в том числе от гидроэлектростанций.

Электроэнергетическая интеграция России в скандинавско-европейском направлении предусматривает создание ряда относительно мелких энергомонов для приграничной торговли, а также мощных межгосударственных линий

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

электропередач постоянного тока высокого напряжения. При этом определенную роль в загрузке указанных линий могут сыграть перспективные объекты гидроэнергетики, такие как ГЭС Северо-Запада России и Мезенская ПЭС.

Что касается восточно-азиатского направления электроэнергетической интеграции, то в ОЭС Востока к расчетному 2050 г. может быть сформирован значительный экспортный потенциал, в основном за счет ГЭС, который реализуется в японском направлении. Использование

водохранилищ гидроэлектростанций ОЭС Сибири и Востока дает возможность реализовать системный эффект регулирования неравномерной энергоотдачи возобновляемых источников в Китае, Монголии и Республике Корея. С учетом эффекта разновременности наступления максимумов нагрузки в разных странах, имеющего место в данном регионе, в целом эффективность формирования МГЭО в СВА может быть весьма высока для его участников, в том числе и для России.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Global Energy Network Institute – GENI*. URL: <http://www.geni.org/index.html>.
2. *Ершевич В.В. К созданию Единой электроэнергетической системы мира // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. 1991. № 1. С. 3-10.*
3. *Rudenko Yu., Yershevich V. Is it possible and expedient to create a global energy network? // International Journal Global Energy Issues. 1991. Vol. 3. pp. 159-165.*
4. *Воропай Н.И., Ершевич В.В., Руденко Ю.Н. Развитие межнациональных энергообъединений – путь к созданию мировой электроэнергетической системы. Иркутск, 1995. 28 с.*
5. *Ковалев Г.Ф., Лебедева Л.М. Планетарная электроэнергетическая система // Энергия: экономика, техника, экология. 2006. № 9. С. 27-34.*
6. *Clark W. Gellings. Let's Build a Global Power Grid // IEEE Spectrum. 2015. July. URL: <http://spectrum.ieee.org/energy/the-smarter-grid/lets-build-a-global-power-grid>.*
7. *Беляев Л.С., Воропай Н.И., Кошечев Л.А. Перспективы развития межгосударственных энергообъединений на Евразийском суперконтиненте // Известия РАН. Энергетика. 2000. № 2. С. 27-35.*
8. *Баринов В.А., Бушуев В.В., Самородов Г.И. Структурно-технологический форсайт развития ЕНЭС России как инфраструктуры Евразии // Энергетическая политика. 2014. № 3. С. 43-49.*
9. *Соловьев Д.А. Проблемы и перспективы интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки Евразии // Энергетическая политика. 2014. № 3. С. 63-69.*
10. *Беляев Л.С., Марченко О.В., Соломин С.В. Исследование долгосрочных тенденций развития энергетики России и мира // Известия РАН. Энергетика. 2011, № 2. С. 3-11.*
11. *EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050. European Commission, 2013.*
12. *Energy Outlook for and the Pacific. Asian Development Bank, 2013.*
13. *APERC. URL: <http://aperc.iecej.or.jp/publications/reports/outlook.php>.*
14. *Волкова Е.Д., Подковальников С.В., Чудинова Л.Ю. Кооперация национальных электроэнергетических систем на постсоветском пространстве: реальные и потенциальные системные эффекты // Евразийская экономическая интеграция. 2013. № 1 (18). С. 97-119.*
15. *Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. М.: Минэнерго, 2009. 296 с.*
16. *Обоснование развития электроэнергетических систем: методология, модели, методы, их использование / Н.И. Воропай, С.В. Подковальников, В.В. Труфанов и др. Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2015. 448 с.*
17. *Эффективность межгосударственных электрических связей / Беляев Л.С., Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Новосибирск: Наука, 2008. 239 с.*
18. *Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Перспективы кооперации и интеграции электроэнергетики России и стран Северо-Восточной Азии // Проблемы прогнозирования, 2015, № 4. С. 118-130.*
19. *Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Исследование системной эффек-*

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

тивности формирования межгосударственно-го энергообъединения Северо-Восточной Азии // *Изв. РАН. Энергетика*, 2015, № 5. С. 16-32.

20. Южно-Якутский гидроэнергетический комплекс / Регионы и Федерация. Вопросы регулирования ТЭК, 2002. С. 63-75.

21. Подковальников С.В., Савельев В.А. Перспективы и эффективность использования при-

ливной энергии на Российском Дальнем Востоке // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2008. № 8. С.8-14.

22. Восточный вектор энергетической стратегии России. Современное состояние, взгляд в будущее / под ред. Н.И. Воропая и Б.Г. Санеева. Новосибирск: Гео, 2011. 368 с.

Поступила в редакцию  
11.02.2016 г.

L. Belyayev, N. Voropai, O. Marchenko, S. Podkovalnikov, V. Saveliev, S. Solomin, L. Chudinova<sup>2</sup>

### ELECTRICITY RUSSIA'S INTEGRATION IN THE EURASIAN SPACE: CONDITIONS AND ROLE OF THE HYDRO RESOURCES

Analyzes the prospects for the formation of interstate power interconnections in the world and Eurasia. Considers the direction of power of Russia's integration in the Eurasian space. Estimated potential export of electricity to neighbouring countries of Eurasia. The results of studies of the formation of an interstate interconnection in northeast Asia, including an examination of the role of the Russian hydropower resources in the creation of export potential and realization of integration effects of the integration of national power systems.

*Key words:* interstate electric power Association, telecommunications, Eurasia, integration, power consumption, installed capacity, hydropower resources.

---

<sup>2</sup>Lev S. Belyayev – chief researcher, the L.A. Melentyev's Institute of Energy Systems (ISEM) SB RAS, Doctor of Engineering, professor, *e-mail:* belyayev@isem.irk.ru;

Nikolai I. Voropai – director of the L.A. Melentyev's Institute of Energy Systems (ISEM) SB RAS, corresponding member of RAS, Doctor of Engineering, professor, *e-mail:* voropai@isem.irk.ru

Oleg V. Marchenko – chief researcher, ISEM SB RAS, PhD in Engineering, *e-mail:* marchenko@isem.irk.ru;

Sergey V. Podkovalnikov – chief of laboratory, ISEM SB RAS, PhD in Engineering, *e-mail:* spodkovalnikov@isem.irk.ru;

Vladimir A. Savelyev – chief researcher, ISEM SB RAS, tel.: +7(3952) 500-646 exp. 438;

Sergey V. Solomin – chief researcher, ISEM SB RAS, PhD in Engineering, *e-mail:* solomin@isem.irk.ru;

Lyudmila Yu. Chudinova – chief researcher, ISEM SB RAS, PhD in Engineering, *e-mail:* chudinova@isem.irk.ru

УДК 621.311 (571.5+571.6)

Б.Г. Санеев, А.Г. Корнеев, Г.В. Агафонов<sup>1</sup>

## **ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОГО СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В ЗОНАХ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ГЭС В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ**

В статье, исходя из прогнозируемой реализации электроемких инвестиционных проектов в различных отраслях экономики, оценивается спрос на электроэнергию в зонах строительства новых ГЭС в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Потребность инвестиционных проектов в электроэнергии дается по отдельным субъектам РФ и сопоставляется с ее производством на новых ГЭС, намечаемых к вводу в период до 2050 года.

*Ключевые слова:* ресурсный потенциал восточных регионов, территориально-производственные кластеры, инвестиционные проекты, новые гидроэлектростанции, производство электроэнергии, электропотребление.

### **Введение**

Экономическое развитие Восточной Сибири и Дальнего Востока (далее – восточных регионов России) в перспективе будет определяться темпами освоения их богатой ресурсной базы, формированием территориально-производственных кластеров и реализацией входящих в них крупных инвестиционных проектов. Главными точками экономического роста должны стать территории, в зонах которых намечается строительство крупных и относительно дешевых источников электроэнергии – гидроэлектростанций (ГЭС). К числу наиболее востребованных электростанций со стороны новых региональных потребителей электроэнергии относятся: в Красноярском крае (в Нижнем Приангарье) – Выдумская (Мотыгинская) и Нижнебогучанская ГЭС; в Иркутской области – Тельмамская и Бодайбинская ГЭС; в Амурской области – Нижне-Бурейская, Граматухинская, Селемджинская, Русиновская и Гилюйская ГЭС; в Республике Бурятия – Мокская и Ивановская ГЭС; в Республике Саха (Якутия) – Канкунская, Нижне-Тимптонская, Средне-Учурская и Учурская ГЭС; в Магаданской области – Усть-Среднеканская ГЭС (строится) и некоторых других [1, 2].

Важным фактором реализации проектов строительства указанных электростанций является не только их инвестиционная обеспечен-

ность, но и наличие необходимого спроса на производимую электроэнергию как со стороны региональных, так и со стороны внешних потребителей. В этой связи цель данной работы заключается в оценке регионального спроса на электроэнергию, производимую на новых ГЭС восточных регионов России.

В качестве исходной базы для определения возможных крупных потребителей электроэнергии были использованы стратегии и программы социально-экономического развития и энергетические стратегии страны и субъектов РФ [3, 4], на территориях которых намечается строительство новых ГЭС. Зоны электроснабжения от новых ГЭС увязывались с развитием территориально-производственных кластеров (ТПК) и входящих в них электроемких производственных и инфраструктурных проектов. Развитие экономики и гидроэнергетики регионов рассматривалось в соответствии с базовым (консервативным) сценарием.

### **Основные территориально-производственные кластеры восточных регионов России, находящиеся в зонах возможного строительства ГЭС**

Имеющийся в восточных регионах России ресурсный потенциал (полезные ископаемые недра, гидроэнергетические ресурсы, биоресурсы,

---

<sup>1</sup> Борис Григорьевич Санеев – заместитель директора Института систем энергетики им Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН, д.т.н., профессор, e-mail: saneev@isem.irk.ru;

Анатолий Григорьевич Корнеев – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, e-mail: korn@isem.irk.ru;

Глеб Владимирович Агафонов – научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., e-mail: gleb@isem.irk.ru.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 1

### Территориально-производственные кластеры в зонах строительства новых ГЭС в восточных регионах России

Наименование ТПК	Вид специализации	Субъект РФ
Восточная Сибирь		
1. Нижнее Приангарье	Гидроэнергетика, добыча нефти и газа, переработка углеводородного сырья (газопереработка и газохимия), лесозаготовка и лесопереработка (деревообработка и лесохимия), добыча и переработка металлических руд (железных руд, золота, руд редких металлов и др.)	Красноярский край
2. Ленско-Бодайбинский	Гидроэнергетика, добыча нефти и газа, газохимия, добыча золота, добыча железных руд и черная металлургия, деревообработка и лесохимия, производство удобрений и др.	Иркутская область
3. Северо-Восточный	Гидроэнергетика, добыча золота; добыча и обогащение урана; производство молибдена, меди, олова; добыча полиметаллических руд, кварца, глинозема, нефелинов, асбеста и др.	Республика Бурятия, Забайкальский край
Дальний Восток		
4. Зейско-Селемджинский	Гидроэнергетика, добыча и переработка железных руд и руд цветных металлов, апатитов; нефтепереработка, деревообработка, космические исследования (космодром «Восточный») и инновационные технологии и др.	Амурская область
5. Южно-Амурский	Добыча железной руды, черная металлургия, трубопроводный транспорт и др.	Амурская и Еврейская автономная области
6. Западно-Якутский	Добыча нефти и газа, газопереработка и переработка нефти, добыча золота, трубопроводный транспорт и др.	Республика Саха (Якутия)
7. Южно-Якутский	Гидроэнергетика, добыча угля, урана, золота, трубопроводный транспорт и др.	
8. Яно-Колымский	Добыча золота, производство медно-цинкового и железорудного концентрата, извлечение из золоторудного сырья сопутствующих редкоземельных металлов и др.	Магаданская область

лесные и другие ресурсы) и выгодное экономико-географическое положение, обеспечивающее транспортные выходы в Китай и в другие страны АТР как в наиболее развивающийся регион мира, создают необходимую исходную базу для формирования различных производственных ресурсодобывающих и перерабатывающих класте-

ров и условий для экономической интеграции со странами АТР по многим направлениям [5, 6, 7].

Приоритетными направлениями развития восточных регионов России являются:

- горнодобывающий комплекс;
- металлургический комплекс (цветная и черная металлургия);

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

- нефтегазодобывающий, нефтеперерабатывающий и газохимический комплексы;
- строительство нефте- и газопроводов международного, межрегионального и местного значения;
- строительство новых объектов электро- и теплоэнергетики (гидро-, тепло- и атомные электрические станции, электрические сети, тепловое хозяйство);
- деревообработка и лесохимия;
- машиностроение, включая судостроение, космические комплексы и др.;
- транспортный комплекс и связь (железные и автомобильные дороги, авиационное сообщение, морские порты и терминалы и др.).

В восточных регионах России уже сложилась определенная система территориально-производственных кластеров, а также можно прогнозировать их новые формирования [8]. Наиболее перспективные ТПК с основными видами их специализации представлены в табл. 1.

Развитие ТПК в увязке с зонами строительства новых ГЭС повышает возможности сокращения сырьевой составляющей в вывозе продукции (особенно в экспорте) и расширении структуры вывоза за счет продукции глубокой переработки на базе относительно недорогой электроэнергии.

### Оценка спроса инвестиционных проектов на электроэнергию в зонах строительства новых ГЭС в регионах Восточной Сибири

*Красноярский край.* Комплексное многоотраслевое развитие территориально-промышленного кластера «Нижнее Приангарье» в Красноярском крае в перспективе может обеспечить существенный экономический прорыв в регионе. Освоение углеводородных ресурсов и газификация потребителей является одним из основных приоритетов развития региона. Большое значение также будут иметь: разработка золоторудных месторождений, увеличение добычи и переработки свинцово-цинковых руд Горевского месторождения, строительство новых предприятий лесопереработки и др., а также возведение инфраструктурных объектов.

К числу электроемких проектов, предусмотренных к реализации в ТПК «Нижнее Приангарье», в зоне строительства ГЭС на Ангаре относятся: Богучанский лесоперерабатывающий комплекс с учетом целлюлозно-бумажного производства с электропотреблением 970 млн кВт·ч в год, Новонисейский лесохимический комплекс (500 млн кВт·ч), разработка Юрубчено-Тахомского нефтегазового месторождения (660 млн кВт·ч) и Куюмбинского нефтяного месторождения (410 млн кВт·ч), комплекс по переработке газа (1600 млн кВт·ч), газохимическое производство (1300 млн кВт·ч) и ряд других проектов. Всего по проектам дополнительная потребность в электроэнергии в зоне новых ГЭС – Мотыгинской и Нижнебогучанской составит к 2030 г. 4800 млн кВт·ч, а к 2050 г. – 7200 млн кВт·ч (табл. 2).

Выработка электроэнергии на новых ГЭС может составить к 2030 г. 4730 млн кВт·ч (первые очереди Мотыгинской и Нижнебогучанской ГЭС), а к 2040 г. – 9460 млн кВт·ч, сбыт которой почти на 80% обеспечивается региональной потребностью новых производств.

*Иркутская область.* Иркутская область обладает значительными запасами лесных ресурсов, углеводородного сырья, золота, железа, бурого и каменного углей, слюды, калийных солей и др.

К приоритетным направлениям перспективного экономического развития области относятся:

- нефтегазодобыча и нефтегазохимия;
- цветная и черная металлургия;
- электроэнергетика;
- транспортно-логистический комплекс.

Развитие новых производств будет осуществляться преимущественно не в южных, а северных зонах области, на слабо освоенных территориях как с точки зрения транспортной инфраструктуры, так и с точки зрения энергообеспечения. С одной стороны, в новых районах потребуются интенсивное электросетевое строительство, а с другой – при исчерпании избыточных электроэнергетических мощностей – строительство новых электрогенерирующих станций.

Перспективной зоной строительства ГЭС являются северные районы Иркутской области, включающие восточную часть БАМа с прилегающими к ней территориями. В этих районах формируется Ленско-Бодайбинский ТПК, где

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 2

### Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в ТПК «Нижнее Приангарье», и ее производство на новых ГЭС, млн кВт·ч

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Богучанский ЛПК	400	770	970	970	970
Новоангарский свинцово-цинковый комбинат (производство концентрата на базе Горевского месторождения)	10	200	270	270	270
Новоенисейский лесохимический комплекс	11	210	410	440	500
Разработка Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения	200	220	341	600	660
Разработка Куюмбинского нефтяного месторождения	42	110	330	420	410
Разработка Терско-Камовской группы нефтегазовых месторождений		68	140	280	320
Газопереработка*			800	1600	1600
Газохимия*			650	1300	1300
Нефтепровод Куюмба – Тайшет	60	140	275	400	400
Добыча золота на месторождении «Благодатное»	19	120	160	183	190
Освоение месторождения золота «Ведуга»	10	100	100	100	100
Развитие золотодобычи на месторождении «Васильевское»	68	90	105	110	120
Раздолинский периклазовый завод	20	30	30	30	30
Освоение золото-сурьмяного Удерейского месторождения		2	140	210	230
Приангарский ЛПК	60	70	70	70	70
Строительство Северо-Сибирской железнодорожной магистрали			9	27	30
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	900	2130	4800	7010	7200
Производство электроэнергии на новых ГЭС, всего			4730	9460	9460
Мотыгинская (922 Мвт)			3130	6260	6260
Нижнебогучанская (482 Мвт)			1600	3200	3200

Примечание: \* – место размещения предприятий окончательно не определено.

Источники: НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Официальный сайт Правительства Красноярского края – URL: <http://www.krskstate.ru/>.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

имеется ряд крупных электроемких проектов, реализация которых сдерживается из-за отсутствия достаточного и экономически выгодного электроснабжения [9]. Это, прежде всего, разработка месторождения «Сухой Лог» по добыче золота, освоение ряда нефтяных месторождений, разработка Непского месторождения калийных солей, строительство Ангаро-Катского горно-металлургического комбината, Лесохимического комплекса по производству целлюлозы и ХТММ (г. Усть-Кут) и др. [10]. Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии в Ленско-Бодайбинском ТПК может составить на уровне 2030 г. около 4,6 млрд кВт·ч, а к 2050 г. – около 6,7 млрд кВт·ч.

Ввод в эксплуатацию в данном районе Тельмамской ГЭС мощностью 450 МВт с годовым производством электроэнергии 1640 млн кВт·ч к 2030 г. и Бодайбинской ГЭС мощностью 640 МВт с годовым производством электроэнергии 3400 млн кВт·ч – к 2040 г. (в сумме 5040 млн кВт·ч) может почти полностью удовлетворить спрос на электроэнергию новых предприятий (табл. 3).

Реализация инвестиционных проектов в различных отраслях специализации Ленско-Бодайбинского кластера может повысить темпы роста производства валового регионального продукта на 1,3-1,6% по сравнению с прогнозируемыми по консервативному сценарию развития области [9].

*Республика Бурятия.* В Республике Бурятия в перспективе дальнейшее развитие получают базовые отрасли специализации: машиностроительная, лесоперерабатывающая, энергетическая (электроэнергетика, угольная, урановая) и горнодобывающая (цветные металлы, полиметаллические руды и др.) [11]. Важнейшая роль в экономике республики будет принадлежать горнодобывающим и перерабатывающим производствам, ресурсную базу которых составляют 700 месторождений полезных ископаемых. Среди них 247 месторождений золота, 13 – урана, 10 – бурого и 4 каменного угля, 4 – полиметаллов и др. Недра Бурятии содержат 48% балансовых запасов цинка России, 24% свинца, 37% молибдена, 27% вольфрама.

Основные точки экономического роста Республики Бурятия концентрируется в Северо-

Таблица 3

**Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в Ленско-Бодайбинский ТПК, и ее производство на новых ГЭС, млн кВт·ч**

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО)	300	600	600	850	850
Добыча золота на месторождении «Сухой Лог»	80	600	760	800	800
Добыча золота на месторождении «Чертово корыто»	90	100	110	110	140
Добыча золота на месторождении «Вернинское»	150	200	210	210	210
Добыча золота на месторождении «Голец Высочайший»	100	130	140	140	140
Нефтедобыча	240	400	550	550	660
Газохимический комплекс по производству полимеров в Усть-Куте	165	165	170	170	170
Лесоперерабатывающий завод в Усть-Куте	25	25	25	25	25
Строительство фанерного завода в Усть-Куте	80	85	85	85	85

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Окончание табл. 3

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Завод по производству пеллет в Усть-Куте	25	135	135	135	135
Лесохимический комплекс по производству целлюлозы и ХТММ (г. Усть-Кут)	440	970	980	980	980
Разработка Непского месторождения калийных солей		280	840	840	840
Строительство железной дороги Усть-Кут – Непа – Ленск	5	20	25	35	45
Ангаро-Катский горно-металлургический комбинат				30	1600
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	1700	3710	4630	4960	6680
Производство электроэнергии на новых ГЭС, всего			1640	5040	5040
Тельмамская (450 МВт)			1640	1640	1640
Бодайбинская (640 МВт)				3400	3400

**Источники:** НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Официальный сайт Правительства Иркутской области – URL: <http://www.irkobl.ru/>; Инвестиционная стратегия Иркутской области на период до 2025 года от 28 августа 2014 года № 701-рп.

Восточном ТПК, в зоне которого намечается строительство Мокской и Ивановской ГЭС. Следует отметить, что с электроснабжением от Мокской ГЭС мощностью 1200 МВт и Ивановской ГЭС мощностью 210 МВт увязывается и развитие энергоемких производств в близлежащих экономических районах, богатых полезными ископаемыми, в частности – в Чарском районе Забайкальского края.

К числу энергоемких проектов, предусмотренных к реализации в республике и привязанных к электроснабжению от Мокской ГЭС относятся: Ореkitканский молибденовый ГОК с потребностью в электроэнергии 800 млн кВт·ч, Хиагдинский урановый горно-обогатительный

комбинат (180 млн кВт·ч), освоение Мухальского месторождения нефелинов (460 млн кВт·ч), Сыннырского калийно-глиноземного месторождения (770 млн кВт·ч) и др. В Чарском районе Забайкальского края рассматриваются два проекта: освоение Чинейского месторождения полиметаллов (1000 млн кВт·ч) и разработка Удоканского месторождения меди (2400 млн кВт·ч) (табл. 4).

Дополнительная потребность новых проектов в электроэнергии составит к 2030 г. 5300 млн кВт·ч, а к 2050 г. – 6900 млн кВт·ч. Значительную долю этой потребности могла бы удовлетворить Мокская и Ивановская ГЭС, выработка которых может составить к 2030 г. 5740 млн кВт·ч.

Таблица 4

**Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в Северо-Восточный ТПК, и ее производство на новых ГЭС, млн кВт·ч**

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Республика Бурятия					
Электроснабжение БАМа на территории республики	60	160	200	300	340
Цементный завод (п. Таксимо)	120	150	200	240	240

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Окончание табл. 4

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Хиагдинский урановый горно-обогатительный комбинат	90	140	150	180	180
Ореkitканский молибденовый ГОК	400	600	800	800	800
Освоение Чайского медно-никелевого месторождения	30	35	35	35	35
Освоение Моховского месторождения олова	10	15	15	15	15
Освоение Мухальского месторождения нефелинов		410	460	460	460
Освоение Сыннырского калийно-глиноземного месторождения				670	770
Разработка Аришинского медно-магнетитового месторождения				220	220
Разработка Гундуйского медно-бариевого месторождения				100	100
Разработка Туркульского медно-бариевого месторождения				140	140
Освоение железорудного месторождения Солонго					160
Забайкальский край					
Освоение Чинейского месторождения полиметаллов	550	900	1000	1000	1000
Разработка Удоканского месторождения меди	840	1540	2440	2440	2440
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	2100	3950	5300	6600	6900
Производство электроэнергии на новых ГЭС, всего		1170	5740	5740	5740
Мокская (1200 Мвт)		1170	4680	4680	4680
Ивановская (210 Мвт)			1060	1060	1060

*Источники:* НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Инвестиционный портал Республики Бурятия – URL: <http://invest-buryatia.ru/index/>; URL: <http://egov-buryatia.ru/>

### Оценка спроса инвестиционных проектов на электроэнергию в зонах строительства новых ГЭС по регионам Дальнего Востока

Республика Саха (Якутия). Республики Саха (Якутия) имеет крупные запасы таких полезных ископаемых, как: алмазы, золото, слюда-флого-

пит, каменный и бурый угли, железные руды, природный газ и нефть, олово, вольфрам, полиметаллические руды, пьезокварц, сурьма, ртуть, апатиты.

В ближайшей и в более отдаленной перспективе после 2030 г. Дальний Восток может занять лидирующее положение по интенсивности ин-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

вестиций, связанное с высокими темпами роста объема инвестиций в реализуемые крупные проекты нефтегазового комплекса в Республике Саха (Якутия), в частности обустройства Чаяндинского месторождения, газопереработки, строительства газопровода Якутия – Хабаровск – Владивосток («Сила Сибири»), каскада новых ГЭС, разработка крупнейших Эльгинского месторождения угля и Эльконского уранового месторождения, строительство горно-металлургических комбинатов черной и цветной металлургии и др. [12].

В Республике Саха (Якутия) выделяются два ТПК с интенсивным развитием, находящихся в зонах строительства ГЭС: Западно-Якутский (действующие Вилюйские ГЭС-1, 2 и строящаяся Светлинская ГЭС) и Южно-Якутский (Канкунская, Нижне-Тимптонская, Среднеучурская и Учурская гидроэлектростанции).

Суммарная потребность проектов в электроэнергии по этим двум кластерам составит на уровне 2025 г. – 2900 млн кВт·ч, к 2030 г. – 5350 млн кВт·ч, 2040 г. – 6000 млн кВт·ч, 2050 г. – 6600 млн кВт·ч (табл. 5, 6).

Таблица 5

**Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в Западно-Якутский ТПК, млн кВт·ч**

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Нефтепровод ВСТО (1-я и 2-я очереди)	515	600	900	900	900
Освоение золоторудного месторождения «Чертово корыто»		110	120	120	120
Нефтедобыча	235	350	440	640	920
Газоперерабатывающий завод в Ленске	295	400	400	400	400
Нефтеперерабатывающий завод в Ленске	65	130	140	160	160
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	1110	1590	2000	2220	2500

*Источники:* НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия); официальный сайт Республики Саха (Якутия) – URL: <http://www.sakha.gov.ru/>

Таблица 6

**Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в Южно-Якутский ТПК, млн кВт·ч**

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Нефтепровод ВСТО (1-я и 2-я очереди)	100	100	150	150	150
Развитие золотодобычи на Куранахском рудном поле		180	200	200	200
Добыча угля на Эльгинском каменноугольном месторождении	20	70	105	150	180
Эльконский горно-металлургический комбинат		960	2200	2200	2200

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Окончание табл. 6

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Освоение железорудных месторождений «Таежное» и «Десовское»			220	490	780
Освоение Селигдарского месторождения апатитов			175	290	290
Алданский завод синтетических моторных топлив			300	300	300
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	120	1310	3350	3780	4100

*Источники:* НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия); официальный сайт Республики Саха (Якутия) – URL: <http://www.sakha.gov.ru/>.

Производство электроэнергии на новых ГЭС Республики Саха (Якутия) (с учетом ввода на полную мощность Светлинской ГЭС) может составить к 2025 г. 2380 млн кВт·ч, 2030 г. – 18510 млн кВт·ч, 2040 г. – 23800 млн кВт·ч, что покрывает не только потребность в электроэнергии крупных электроемких проектов Якутии, но и позволит республике выйти с относительно дешевой электроэнергией на межрегиональный рынок Восточной Сибири и Дальнего Востока, а также за рубеж. Среднеуручская ГЭС может стать крупнейшим производителем электроэнергии, ориентированной на ее экспорт.

*Амурская область.* Амурская область располагает значительной ресурсной базой для развития по следующим направлениям:

- потенциальные запасы минерального сырья в регионе оцениваются в 400 млрд долларов. К ним относятся золото, природные строительные материалы, железные и титановые руды, алюмосиликатное сырье, цеолиты, каолины и др. В настоящее время в основном ведутся разработки золота и угля;
- гидроэнергетический потенциал составляет 76 млрд кВт·ч, который сосредоточен в основном в бассейнах рек Зеи и Буреи;
- лесные угодья составляют 64% территории области, а сырьевой потенциал области по запасам древесины составляет около 2 млрд м<sup>3</sup>;
- на территории области сосредоточено около 40% сельскохозяйственных угодий

и свыше 50% посевных площадей Дальнего Востока, что с учетом относительно благоприятного климата обеспечивает преимущества для развития сельского хозяйства.

Перспективы промышленной разработки природно-ресурсного потенциала региона обусловлены имеющимся внутренним и внешним спросом (в основном Китая) на лесоматериалы, электроэнергию, железную руду и другие виды продукции.

Имеющийся транспортный потенциал также создает хорошие предпосылки для дальнейшего развития региона. По территории области проходят крупнейшие железнодорожные магистрали – Транссиб и БАМ, завершается строительство автомобильной дороги Чита – Хабаровск, развиты водный и воздушный виды транспорта, связывающие Дальний Восток и европейскую части России. Ведется строительство единой нефтепроводной системы по маршруту: Тайшет (Иркутская область) – Сковородино (Амурская область) – бухта Перевозная (Приморский край). В перспективе до 2030 г. планируется строительство газопровода Якутия – Хабаровск – Владивосток – Китай («Сила Сибири»), мостового перехода через р. Амур Благовещенск – Хэйхе и др.

Наиболее перспективными территориями освоения природно-ресурсной базы являются Зейско-Селемджинский и Южно-Амурский ТПК, в зоне которых может быть построен ряд ГЭС. В Зейско-Селемджинском ТПК реализуются и намечаются к реализации такие крупные энер-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 7

### Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в Зейско-Селемджинский ТПК, млн кВт·ч

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Нефтепровод ВСТО-1	238	240	240	240	240
Нефтепровод ВСТО-2		400	400	400	400
Освоение Гаринского месторождения железных руд	20	200	400	500	500
Амурский нефтеперерабатывающий завод		350	750	750	750
ЛПК в Белогорске	150	150	150	150	150
Освоение Евгеньевского месторождения апатитов		20	20	20	20
Космодром «Восточный»	322	350	350	350	350
Освоение титано-ванадиевого месторождения «Большой Сейим»		50	50	50	50
Освоение золоторудного месторождения «Сагур»	30	50	100	110	130
Строительство цементного завода в Шимановске	100	120	120	120	120
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	860	1930	2580	2690	2710

**Источники:** НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Стратегия социально-экономического развития Амурской области на период до 2025 года.

гоемые проекты, как освоение Гаринского месторождения железных руд с потребностью в электроэнергии 500 млн кВт·ч в год, Амурский нефтеперерабатывающий завод мощностью 6 млн т (750 млн кВт·ч), нефтепровод ВСТО 1-й и 2-й очереди (640 млн кВт·ч), космодром «Восточный» (350 млн кВт·ч) и др. (табл. 7).

В Южно-Амурском ТПК – нефтепровод ВСТО 1-й и 2-й очереди (960 млн кВт·ч), передача части электроэнергии в Китай, электроснабжение Кимкано-Сутарского железорудного ГОКа (500 млн кВт·ч) и Дальневосточного металлургического комбината (2400 млн кВт·ч) в Еврейской автономной области и др. (табл. 8).

Суммарная потребность только крупных проектов по двум ТПК с учетом предприятий Еврейской автономной области может составить к 2025 г. 3492 млн кВт·ч, 2030 г. – 5010 млн кВт·ч и к 2050 г. – 6685 млн кВт·ч. Суммарное же

производство электроэнергии на новых ГЭС: Нижнебурейской мощностью 320 МВт и производством электроэнергии 1650 млн кВт·ч, Граматухинской (400 МВт с производством 2250 млн кВт·ч), Селемджинской (100 МВт с производством 470 млн кВт·ч), Русиновской (470 МВт с производством 1540 млн кВт·ч) и Гилюйской ГЭС (мощностью 462 МВт с производством 1150 млн кВт·ч) может составить к 2025 г. 4370 млн кВт·ч, 2030 г. – 5520 млн кВт·ч и 2050 г. – 7060 млн кВт·ч. Данные оценки показывают, что рассматриваемые новые ГЭС смогут иметь почти полный сбыт производимой электроэнергии в перспективе до 2050 года.

*Магаданская область.* Целевыми задачами развития Магаданской области являются:

- обеспечение устойчивого экономического роста;
- стабилизация численности населения области и обеспечение численности трудо-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 8

**Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих в Южно-Амурский ТПК, млн кВт·ч**

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Нефтепровод ВСТО-1	42	252	360	360	360
Нефтепровод ВСТО-2		600	600	600	600
НПЗ для экспорта нефтепродуктов в Китай			80	80	80
Реконструкция Теплоозерского цементного завода	8	20	30	35	35
Кимкано-Сутарский железорудный ГОК		200	400	500	500
Дальневосточный металлургический комбинат		490	960	2400	2400
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	50	1562	2430	3975	3975

**Источники:** НИР «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; 2. Стратегия социально-экономического развития Амурской области на период до 2025 года.

вых ресурсов в объемах, необходимых для решения экономических задач, стоящих перед регионом;

- сокращение уровня бедности и последовательное повышение уровня жизни населения.

Для решения целевых задач необходимо обеспечить условия для развития перспективных экономических специализаций на основе природно-ресурсного, производственного, кадрового, научного потенциала региона в рамках взаимосвязанных федеральных отраслевых стратегий развития, стратегий социально-экономического развития муниципальных образований, стратегических программ крупных компаний.

Исходя из сложившейся специализации Магаданской области, приоритетными направлениями ее развития являются:

- комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов, в первую очередь цветной металлургии (золото, серебро, медь, цинк, железо и др.);
- развитие рыбохозяйственного комплекса;
- развитие транспортной и энергетической инфраструктуры.

В цветной металлургии планируется:

- увеличение объемов добычи золота и серебра;

- строительство гидрометаллургического производства по переработке золото-серебросодержащих, оловянных, медно-молибденовых и свинцово-цинковых концентратов с получением драгоценных и цветных металлов;

- развитие перерабатывающего производства: аффинаж и его продукты, сырье для ювелирного производства, сусальное золото и др.

Развитие топливной промышленности в долгосрочной перспективе будет связано со следующими проектами:

- промышленное освоение Ланковского, Мелководненского и Эльгенского месторождений бурых углей с последующей глубокой переработкой угля и получением синтетических нефтепродуктов (бензина, керосина, мазута, полукокса), метанола, диметилэфира;
- поиск и освоение ресурсов углеводородов на шельфе Охотского моря, прилегающем к Магаданской области, и в пределах континентальной части региона, а также строительством в Магадане нефтеперерабатывающего завода и др.

Наиболее перспективным для освоения минерально-сырьевой базы области является Яно-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 9

**Потребность базовых инвестиционных проектов в электроэнергии, входящих  
в Яно-Колымский ТПК, млн кВт·ч**

Инвестиционный проект	Год				
	2020	2025	2030	2040	2050
Развитие золотодобычи на руднике им. Матросова	200	720	1270	1270	1270
Освоение месторождения золота «Павлик»	100	120	130	130	130
Освоение месторождения золота «Родионовское»	100	150	150	150	150
Освоение месторождения золота «Декдекан»		250	250	250	250
Строительство Ороёкского медно-цинкового ГОКа			250	500	500
Освоение Южно-Омолонского железорудного узла			350	700	700
Потребность в электроэнергии по проектам, всего	400	1240	2400	3000	3000

**Источники:** НИИ «Разработка предложений по корректировке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года с учетом данных по ее мониторингу». АПБЭ, ИНЭИ РАН. 2013; Инвестиционный портал Магаданской области – URL: [http://magfer.ru/files/Invest\\_MagReg\\_2014.pdf](http://magfer.ru/files/Invest_MagReg_2014.pdf); официальный сайт Правительства Магаданской области – URL: <http://www.49gov.ru/>.

Колымский ТПК, в зоне которого находится строящаяся Усть-Среднеканская ГЭС мощностью 570 МВт с производством электроэнергии 2550 млн кВт·ч в год. Потребность реализуемых и возможных к реализации проектов в электроэнергии к 2030 г. может составить в объеме 2400 млн кВт·ч, а к 2050 г. – 3000 млн кВт·ч (табл. 9).

Возможная реализация в перспективе проектов, представленных в табл. 9, показывает, что формирующийся спрос на электроэнергию в регионе может превысить объем ее производства на Усть-Среднеканской ГЭС, обеспечивая ей устойчивый сбыт продукции.

### Выводы

1. Достигнутый уровень производительных сил, богатый природно-ресурсный потенциал Восточной Сибири и Дальнего Востока и наличие развивающегося рынка сбыта продукции в странах АТР обеспечивают условия формирования и развития новых крупных

территориально-производственных кластеров, находящихся в зонах возможного строительства ГЭС в перспективе до 2030 г. и на период до 2050 года.

2. Прогноз электропотребления по базовым проектам территориально-производственных кластеров в зонах строительства новых ГЭС в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке показал тесную взаимозависимость реализуемости как промышленных инвестиционных проектов, входящих в кластеры, так и гидроэнергетических проектов относительно сбыта производимой электроэнергии.

3. Реализация намечаемых гидроэнергетических проектов в перспективе до 2050 г. позволит не только обеспечить надежное электроснабжение районов (кластеров) нового промышленного освоения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, но и иметь конкурентоспособные свободные электроэнергетические мощности для выхода на рынок электроэнергии стран АТР.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / под ред. Н.И. Воропая, Б.Г. Санеева. Новосибирск: Гео, 2011. С. 57-65.*
2. *Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики России на период до 2030 года, одобренная Правительством РФ (протокол от 03.06.2010 № 24). URL: [http://www.ranipool.ru/images/data/gallery/1\\_8337\\_usloviya\\_elektroenergetiki\\_na\\_period\\_do\\_2030\\_goda.pdf](http://www.ranipool.ru/images/data/gallery/1_8337_usloviya_elektroenergetiki_na_period_do_2030_goda.pdf)*
3. *Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 28.12.2009 № 2094-р). URL: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.*
4. *Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р).*
5. *Долгосрочный комплексный прогноз регионального социально-экономического и технологического развития. Тихоокеанская Россия – 2050 (методические положения) / под ред. В. И. Сергиенко, П.А. Минакира. Ин-т экон. исследований ДО РАН. Хабаровск: РИОТИП, 2009. 96 с.*
6. *Азиатская часть России: новый этап освоения северных и восточных регионов страны / Малов В.Ю., Безруков Л.А., Шиловский М.В. и др. / под ред. В.В. Кулешова. ИЭОПП СО РАН, Новосибирск. 2008. 428 с.*
7. *Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России / под ред. А.А. Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой. М.: ИНЭИ РАН, АЦ при Правительстве РФ, 2015. 400 с.*
8. *Санеев Б.Г., Корнеев А.Г., Агафонов Г.В. Территориально-производственные комплексы // Азиатская часть России: моделирование экономического развития в контексте опыта истории / отв. ред. В.А. Ламин, В.Ю. Малов. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2012. С. 343–346.*
9. *Корнеев А.Г., Агафонов Г.В., Цапах А.С. Социально-экономическое положение Байкальского региона и потенциал его развития в зонах строительства новых электроэнергетических источников // Вестник ИРГТУ. 2015. № 11. С. 205-212.*
10. *Топливо-энергетический комплекс Иркутской области: современное состояние и перспективы развития / под ред. Б.Г. Санеева, П.А. Воронина. М.: Энергия. 2013. 304 с.*
11. *Долгосрочный прогноз социально-экономического развития Республики Бурятия на период до 2030 года (утв. Правительством Республики Бурятия 12.02.2013).*
12. *Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года. Якутск; Иркутск: Якутия. 2010. 328 с.*

Поступила в редакцию  
11.02.2016 г.

**B. Saneev, A. Korneev, G. Agafonov<sup>2</sup>**

## **ASSESSMENT OF REGIONAL DEMAND FOR ELECTRICITY IN THE AREAS OF THE CONSTRUCTION OF NEW HYDROELECTRIC POWER PLANT IN EASTERN SIBERIA AND THE FAR EAST**

The article, based on the projected electric capacity of realization of investment projects in various economic sectors, estimated demand for electricity in the zones of construction of new HPP in Eastern Siberia and the far East. The need for investment projects in electric energy given by the individual subjects of the Russian Federation and is mapped to its production by new HPPs planned to be commissioned in the period up to 2050.

*Key words:* resource potential of the eastern regions, territorial-production clusters, investment projects, new hydroelectric, power generation, power consumption.

---

<sup>2</sup>Boris G. Saneev – deputy director, Melentiev Institute for Energy Systems SB RAS, Doctor of Engineering, Professor, *e-mail:* saneev@isem.sei.irk.ru; Anatoliy G. Korneev – senior researcher, Melentiev Institute for Energy Systems SB RAS, *e-mail:* korn@isem.irk.ru; Gleb V. Agafonov – researcher, Melentiev Institute for Energy Systems SB RAS, PhD in Engineering, *e-mail:* gleb@isem.irk.ru.

УДК 621.221 (470+571)

Е.Н. Беллендир, Е.И. Ваксова, С.В. Тулянкин<sup>1</sup>

## **НЕВОСТРЕБОВАННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ГИДРОПОТЕНЦИАЛ РОССИИ**

Проведен анализ регионов России, имеющих значительные запасы неиспользованных гидроэнергетических ресурсов – Восточная Сибирь, Дальний Восток, Северо-Восток европейской части России. Составлен перечень ГЭС, которые могут быть рекомендованы в качестве перспективных на период до 2030-2050 годов. Приводятся основные направления дальнейшего развития гидроэнергетики России.

*Ключевые слова:* гидропотенциал России, гидроэнергетика, ГЭС, ГАЭС, энергосистемы, экспортный потенциал.

Россия располагает исключительно богатым гидроэнергетическим потенциалом, что определяет широкие возможности развития гидроэнергетики. Экономический потенциал, как приемлемая для практического использования часть гидроэнергоресурсов, был оценен в начале 1960-х годов в размере 852 млрд кВт·ч годовой выработки в целом по России (без малых рек). При этом размещение экономических гидроресурсов по территории РФ резко неравномерно: порядка 80% гидроресурсов приходится на восточные регионы (Сибирь, Дальний Восток) и только 20% на европейские регионы страны.

Достигнутая степень освоения экономических гидроресурсов составляет порядка 24%. В настоящее время это один из самых низких уровней использования гидропотенциала, не только среди развитых, но и среди развивающихся стран. При этом по районам европейской части страны он составляет 38%, снижаясь до 30% в Сибири и 7% на Дальнем Востоке.

Потенциал экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов Дальнего Востока России составляет 294 ТВт·ч (около 35% общероссийского). В этом регионе гидроэнергетические ресурсы сосредоточены в основном в бассейнах рек Лена, Амур, Колыма. Эти ресурсы достаточно велики, но крайне неравномерно распределены по территории региона. Дальнейшее их использование целесообразно как для покрытия потребностей региона, так и, главным образом, в качестве экспортного потенциала.

Основные ресурсы, представляющие интерес для обеспечения региональных потребностей и экспорта в сопредельные страны, сосредоточены в Республике Саха (Якутия), и в первую очередь в южной ее части, в бассейне рек Лены, Алдан и Олекма. В результате многолетних исследований гидроэнергетического потенциала притоков реки Алдан – Учур и Тимптон возникла идея создания Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (ЮЯГЭК).

Суммарная мощность перспективных гидроузлов Дальневосточного региона, предлагаемых в разработанной Программе развития гидроэнергетики России до 2050 года (далее – Программа), составит 12,5 ГВт, среднемноголетняя выработка электроэнергии 53,5 ТВт·ч. Реализация этих объектов позволит увеличить степень освоения экономического гидропотенциала региона до 25,7%.

Потенциал экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов **Сибирского региона** России составляет 396 ТВт·ч (более 46% от общероссийского). В этом регионе гидроэнергетические ресурсы сосредоточены в основном в бассейнах рек Енисей и Обь.

Дальнейшее использование гидроэнергетического потенциала целесообразно вести как в интересах электроснабжения самого региона для покрытия внутренних потребностей (включая крупные электроемкие производства и районы нового освоения), так и для дальнейшей передачи электроэнергии в дефицитные регионы страны (в том числе в европейскую часть).

---

<sup>1</sup> Евгений Николаевич Беллендир – генеральный директор АО «Институт «Гидропроект», д.т.н., e-mail: e.bellendir@hydroproject.ru; Евгения Ильинична Ваксова – начальник отдела перспективных проектов АО «Институт «Гидропроект», e-mail: oeipe@mail.ru; Сергей Вадимович Тулянкин – заместитель начальника отдела перспективных проектов АО «Институт «Гидропроект», к.э.н., e-mail: oeipe@mail.ru

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

Основные неиспользованные гидроэнергетические ресурсы региона сосредоточены на реках: Енисей, Ангара, Витим и Катунь.

Суммарная мощность перспективных гидроузлов Сибирского региона, предлагаемых в разработанной Программе, составит 23,8 ГВт, среднемноголетняя выработка электроэнергии 103,4 ТВт·ч. Реализация этих объектов позволит увеличить степень освоения экономического гидропотенциала региона до 56,4%.

Потенциал экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов **Северо-Западного региона** России составляет 43 ТВт·ч (около 5% от общероссийского). Основная часть неиспользованных гидроэнергетических ресурсов находится в бассейне северных рек: Северной Двины, Печоры, Мезени и Онеги.

Развитие гидроэнергетики в Северо-Западном регионе целесообразно завершить использованием гидропотенциала р. Кемь, а также приступить к строительству ГЭС на р. Иоканьга.

Суммарная мощность перспективных гидроузлов Северо-Западного региона, предлагаемых в разработанной Программе, составит 775 МВт, среднемноголетняя выработка электроэнергии 1,63 ТВт·ч.

Потенциал экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов энергозоны **Центра** невысок и составляет 6 ТВт·ч (менее 1% от общероссийского). Учитывая значительное сельскохозяйственное использование и заселенность речных долин, можно считать освоение гидроэнергетических ресурсов практически завершенным.

Потенциал экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов энергозон **Средней Волги и Урала** составляет 70 ТВт·ч (около 8% от общероссийского).

Значительное количество створов в Приволжском и Уральском федеральных округах, пригодных для строительства ГЭС, выявлено в бассейнах р. Камы (верховья Камы, Белая, Уфа, Чусовая), р. Оби и др. Концепции освоения гидроэнергетических ресурсов этих водотоков требуют пересмотра с учетом современных планов и прогнозов развития территории федеральных округов.

В перспективе в регионе рассматривается завершение освоения гидроэнергетических ресур-

сов р. Уфы строительством Нижнесуянской ГЭС мощностью 209 МВт, среднемноголетней выработкой электроэнергии 580 ГВт·ч. Правительство Республики Башкортостан включило этот объект в список приоритетных проектов.

Потенциал экономически эффективных гидроэнергетических ресурсов **Юга** составляет 43 ТВт·ч (менее 5% от общероссийского).

В Южном федеральном округе практически завершено освоение гидроэнергетических ресурсов крупных рек (Волга, Дон), составляющих основную долю гидроэнергетического потенциала. Освоение оставшейся части гидроэнергетических ресурсов может быть реализовано строительством небольших по мощности ГЭС на притоках крупных рек с учетом экологических ограничений и освоенности долин (р. Белая, Лаба), а также строительством ГЭС в составе водохозяйственных гидроузлов (Теучежская ГЭС в составе напорного фронта Краснодарского водохранилища и др.).

Основная часть неиспользованных гидроэнергоресурсов сосредоточена в Северо-Кавказском федеральном округе, в бассейнах рек Сулак и Самур. В рассматриваемой перспективе в Северо-Кавказском регионе целесообразно завершить использование гидропотенциала рек Аварское Койсу и Андийское Койсу, Кубань, Баксан и др.

Суммарная мощность перспективных гидроузлов энергозоны Юга, предлагаемых в разработанной Программе, составляет 2033 МВт, среднемноголетняя выработка электроэнергии порядка 6,5 ТВт·ч. Строительство этих гидроузлов позволит увеличить степень использования экономического потенциала региона до 64,5%.

Главной задачей гидроэнергетики является дальнейшее освоение богатых гидроресурсов России.

### **Предложения по развитию гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года**

Наличие в России значительного неосвоенного экономического гидроэнергетического потенциала позволяет сформировать масштабную программу предлагаемых к строительству гидроэнергетических объектов. Программой развития гидроэ-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 1

### Перспективные ГЭС с вводом до 2030 года

Объекты	Река	Мощность установленная, МВт	Выработка электроэнергии, ТВт·ч
ОЭС Юга			
Теучежская ГЭС	Краснод. водохрани.	48	0,27
Верхнекрасногорская ГЭС	Кубань	87	0,25
Могохская (Гочатлинская-2) ГЭС	Ав. Койсу	54	0,17
Агвали ГЭС	Анд. Койсу	220	0,77
Тантарийская ГЭС	Анд. Койсу	210	0,40
Итого:		619	1,86
ОЭС Сибири			
Нижебогучанская ГЭС	Ангара	482	3,20
Мотыгинская (Выдумская) ГЭС	Ангара	922	6,26
Мокская ГЭС	Витим	1200	4,68
Ивановская ГЭС	Витим	210	1,06
Эвенкийская ГЭС*	Н.Тунгуска	6000	24,50
Нижекурейская ГЭС	Курейка	150	0,91
Алтайская ГЭС (1-я очередь Катунской ГЭС)	Катунь	140	0,85
Итого		9104	41,50
ОЭС Востока и изолированные районы			
Среднеучурская ГЭС	Учур	3330	15,00
Учурская ГЭС	Учур	365	2,20
Грамахтинская (Нижезейская) ГЭС	Зея	400	2,25
Селемджинская ГЭС	Селемджа	100	0,47
Гиллюйская ГЭС	Гиллюй	462	1,15
Итого		4657	21,07

Примечание: \* – до 2030 г. вводится 6000 МВт, после оставшиеся 6000 МВт.

энергетики России в качестве первоочередных объектов на период 2016-2030 годов предлагается ввод ГЭС установленной мощностью 14,4 тыс. МВт. В табл. 1 приведен перечень перспективных ГЭС с вводом до 2030 года.

Кроме того, на период до 2050 г. возможно освоение еще 25,1 ГВт мощности, производимой на ГЭС.

Осуществление предложенной программы потребует значительного развития транспортной энергетической инфраструктуры как для оптимизации направлений электроснабжения внутри страны, так и для организации экспорта электроэнергии в сопредельные страны.

Комплексный эффект от реализации предложенной программы будет также способствовать преодолению неблагоприятных кризисных явлений в экономике РФ и позволит снизить социальную напряженность.

#### **Экспортные возможности использования перспективных ГЭС с перспективой до 2050 года**

Развитие электроэнергетики в регионах Сибири и Дальнего Востока темпами, опережающими собственные потребности, на базе ги-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

дроэнергетики будет способствовать развитию экспортного потенциала электроэнергии в сопредельные страны (Китай, Япония, Южная Корея).

Одним из проектов интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки является создание «Азиатского суперэнергокольца» – глобального проекта интеграции отдельных энергосистем в национальных рамках.

В настоящее время в Минэнерго России считают, что наиболее целесообразным решением является реализация проекта «Азиатское суперэнергокольцо» по частям. С учетом того, что в настоящий момент проект поставок электроэнергии в Китай находится на стадии реализации, Министерство энергетики предлагает приступить к осуществлению проекта «Азиатское суперэнергокольцо» со строительства энергомаста Россия – Япония. Проект предполагает транспортировку электроэнергии на остров Хоккайдо.

*Глобальная электроэнергетическая система.* В ближайшие 20 лет основные работы по созданию глобальной электроэнергетической системы (ГЭЭС) развернутся на Евразийском континенте, где сейчас имеются центры генерации мощности более 30 ГВт. В проекте ГЭЭС Россия занимает ключевые позиции в силу своего географического положения, через ее территорию можно проложить электроэнергетические мосты между мощными центрами производства возобновляемой электроэнергии ГЭС в Сибири и на Дальнем Востоке и центрами потребления в европейской части. На первом этапе создания евроазиатской части ГЭЭС предполагается объединить энергосистемы России, Казахстана, Белоруссии и стран Европы.

Для повышения эффективности энергетического сотрудничества со странами АТР и Европы также необходимо рассматривать возможность развития электрических связей. Созданию единого энергетического пространства на Евразийском континенте могут способствовать рассматриваемые сейчас проекты Балтийского и Черноморского кольца, передачи постоянного тока мощностью 4000 МВт Россия – Беларусь – Польша – Германия и ряд других международных проектов.

*Трансевразийский пояс «Развитие» (ТЕПР).* Интегральная инфраструктурная система на территории России, включающая единство транспортной, энергетической и телекоммуникационной инфраструктуры. На первом этапе система обеспечит связь портов Приморья и пограничных пунктов Китая с западной границей Белоруссии. На втором этапе может быть предложено ответвление к Северной Америке Сибирь – Берингов пролив – Аляска.

*Проекты межгосударственных электрических связей восточноазиатской части России, рассматриваемые в настоящее время:*

1. Сибирь (Братск) – Монголия – Китай (Пекин). Пропускная способность 8,9 ГВт (Братск – Улан-Батор) / 8,2 ГВт (Улан-Батор – Пекин).

2. Сибирь (Забайкальск) – Китай (Пекин). Пропускная способность 6,5 ГВт.

3. Дальний Восток (Хабаровск) – Сахалин – Япония (Хокайдо, Хонсю). Пропускная способность 2,4 ГВт. Дальний Восток – Сахалин / 5,3 ГВт Сахалин – Япония.

4. Дальний Восток (Владивосток) – КНДР (Пхеньян) – Республика Корея (Сеул). Пропускная способность 3,2 ГВт. Дальний Восток – КНДР / 4,0 ГВт КНДР – Республика Корея.

5. Дальний Восток (Благовещенск) – Китай (Пекин). Пропускная способность 8,0 ГВт.

6. Дальний Восток (Тугурская ПЭС – Хабаровск) – Китай (Шэньян). Пропускная способность 5,0 ГВт. Тугурская ПЭС – Хабаровск / 2,3 ГВт Хабаровск – Шэньян.

7. Дальний Восток (Пенжинская ПЭС) – Республика Корея (Сеул). Пропускная способность 15,0 ГВт.

8. Дальний Восток (Пенжинская ПЭС) – Япония (Токио). Пропускная способность 15,0 ГВт.

9. Сибирь (Красноярск) – Дальний Восток (Пенжинская ПЭС) – США (Сан-Франциско). Пропускная способность 15 ГВт.

Для успешной интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки Евразии, помимо строительства новых гидроэлектростанций и создания транснациональных связей на базе ВЛ 1150 кВ, крайне важно также обеспечить формирование общих энергетических рынков всех государств Евразии. Это потребует развития системы торгово-экономических отношений посредством

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

обеспечения свободного перемещения энергоресурсов и доступа к системам их транспортировки, а также развития энерготранспортной инфраструктуры и создания условий для ее эффективного функционирования.

*Дальний Восток.* Основные ресурсы Дальнего Востока, представляющие интерес для экспорта в сопредельные страны, сосредоточены в Республике Саха (Якутия), в южной ее части на притоках р. Алдан – реках Учур, Тимптон, Мая. В состав Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (ЮЯГЭК) входят две ГЭС на р. Учур – Среднеучурская и Учурская (контррегулятор) и две ГЭС на р. Тимптон – Иджекская и Нижнетимптонская (контррегулятор). Общая мощность комплекса 5 ГВт, а годовая энергоотдача 23,5 ТВт·ч.

ЮЯГЭК может стать крупным экспортером электроэнергии в соседние страны: Японию, Корею, Китай (учитывая их заинтересованность в импорте электроэнергии). Для этого потребуется сооружение линий электропередачи постоянного тока от 800-850 км (при экспорте в Китай) до 1800 км с прокладкой участков подводного кабеля (при экспорте в Японию).

Кроме того, для экспорта электроэнергии в страны АТР предлагаются Усть-Юдомская ГЭС и Нижнемайская (контррегулятор) ГЭС, расположенные в Усть-Майском районе Республики Саха (Якутия) на р. Мая.

Хинганский гидроузел будет работать на регулируемом стоке рек Зеи и Буреи, что позволит получить, при сравнительно небольших напоре (16 м) и затоплениях, 1200 МВт и около 6,0 ТВт·ч электроэнергии. Китайская сторона высказывала свою заинтересованность в сооружении Хинганского гидроузла, поэтому целесообразна организация совместных с КНР работ по проектированию пограничных гидроузлов на Амуре.

*Восточная Сибирь.* Основные неиспользованные гидроэнергетические ресурсы региона для экспорта электроэнергии сосредоточены на р. Енисей и его притоке Нижняя Тунгуска, реках Ангара, Витим, Мамакан, Шилка.

Объектами, ориентированными на экспорт электроэнергии в Китай и Монголию по линиям постоянного тока, рассматриваются Эвенкийская ГЭС с контррегулятором (вторая очередь),

Тувинская, Шивелигская, Шуйская и Буренская ГЭС на Верхнем Енисее суммарной мощностью более 9,2 ГВт и выработкой электроэнергии около 40 ТВт·ч.

*Эвенкийская ГЭС с контррегулятором.* На притоке Нижнего Енисея – р. Нижняя Тунгуска находится наиболее значительный перспективный гидроэнергетический объект не только региона, но и России – Эвенкийская ГЭС с мощностью 12000 МВт, выработкой 47,5 ТВт·ч и контррегулятором мощностью 815 МВт и выработкой 3,8 ТВт·ч.

Энергию и мощность Эвенкийской ГЭС (первая очередь 6000 МВт) предполагается использовать в ОЭС европейской части России (возможно для экспорта в Европу) для чего потребуется сооружение ЛЭП постоянного тока с напряжением +750 кВ протяженностью 2200 км до ОЭС Урала. Вторая очередь в объеме 6000 МВт предполагается для поставок электроэнергии в Китай и Монголию по двум ЛЭП напряжением +750 кВ протяженностью 1900 и 2700 км.

Для успешной интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки Евразии, помимо строительства новых гидростанций и создания транснациональных связей на базе высоковольтных линий постоянного тока, крайне важно также обеспечить формирование общих принципов функционирования рынка электроэнергии Евразии. Это потребует развития системы торгово-экономических отношений посредством обеспечения свободного перемещения энергоресурсов и доступа к системам их транспортировки, а также развития энерготранспортной инфраструктуры и создания условий для ее эффективного функционирования.

### **Режимные предпосылки развития ГАЭС в энергосистемах европейской части России**

«Гидропроект» с начала 1960-х годов и по настоящее время ведутся работы по поиску площадок и составлению кадастра перспективных ГАЭС.

В ОЭС Центра, Северо-Запада и Юга графики электрической нагрузки характеризуются большой неравномерностью: коэффициент плотности суточного графика нагрузки варьи-

# ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 3

## Новые ГАЭС

Очередность строительства	Наименование ГАЭС	Установленная мощность, МВт
Приоритетные	Ленинградская	1560
	Центральная	3600
	Курская	465
	Лабинская	600
Перспективные	Владимирская	800
	Волоколамская	1000
	Средневожская (1-я очередь)	2530
	Карельская	до 3600

руется в диапазоне 0,858-0,905; коэффициент минимальной нагрузки – 0,723-0,767.

Для обеспечения высокого качества, надежности энергоснабжения и рациональных режимов работы электростанций доля специальных маневренных установок в крупных энергосистемах должна составлять не менее 20-25% общей мощности парка электростанций. В ЕЭС это условие не соблюдается.

Удельный вес ГАЭС в структуре мощностей энергосистем европейской части России составляет в среднем всего 12% (с учетом ПГУ и ГТУ порядка 14%) и недостаточен для покрытия неравномерной части суточных графиков электрической нагрузки.

Наибольшие сложности с покрытием неравномерной части суточных графиков электрической нагрузки складываются в ОЭС Центра и ОЭС Северо-Запада, так как в этих энергообъединениях происходит наложение низких коэффициентов неравномерности суточных графиков электрической нагрузки на небольшой удельный вес гидроэнергетических объектов в структуре энерго мощностей.

В табл. 3 приведен перечень новых ГАЭС с распределением в зависимости от их приоритетности.

В последнее время в развитии электроэнергетики России сложилась ситуация, при которой ведется наращивание генерирующих мощностей преимущественно путем строительства тепловых и атомных электростанций. Недостаточный регулировочный диапазон мощности у ТЭС и ТЭЦ и полное его отсутствие у АЭС усложняют регулирование баланса генерации и по-

требления электроэнергии, снижают качество и надежность энергоснабжения потребителей, ухудшаются режимы эксплуатации низкоманевренного теплового и атомного оборудования, его эксплуатационные и экономические показатели. Особенно остро эта ситуация проявляется на европейской территории страны.

В настоящее время в электроэнергетике страны сложилась ситуация, при которой не ведется аргументированной оценки необходимости ГАЭС и планирования их создания, отсутствует система формирования инвестиций на строительство, а эксплуатация единственной действующей ГАЭС (Загорской ГАЭС-1) в сложившихся рыночных условиях является убыточной.

## Выводы

1. Дальнейшее развитие гидроэнергетики, особенно в регионе Восточной Сибири, послужит базой для повышения качества и надежности функционирования Единой энергетической системы. Оптимальное эффективное использование неравномерно распределенного по территории страны гидропотенциала требует решения задачи транспортировки электроэнергии. При осуществлении соответствующего сетевого строительства появится возможность обеспечить передачу больших объемов электроэнергии, вырабатываемой на ГАЭС Сибири, в энергодефицитную европейскую часть РФ.

2. Гидроэнергетика может внести существенный вклад в развитие экспортного потенциала отрасли. Значительной потребностью в электроэнергии характеризуются такие восточноазиат-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

ские страны, как Япония и Республика Корея. При дефиците собственных природных энерго-ресурсов они отличаются высоким импортным потенциалом для экспорта электроэнергии из России. В целом восточноазиатское направление рассматривается для России как перспективное, учитывая при этом мощный российский восточноазиатский гидроэнергетический потенциал. Наибольший рост электропотребления ожидается в Восточной Азии, особенно в Китае. Его доля в общем электропотреблении рассматриваемого Евразийского региона в настоящее время составляет примерно половину, а в перспективе может возрасти практически до 70%. Прогнозируемые на отдаленную перспективу масштабные поставки электроэнергии в Китай (до 100 млрд кВт·ч в год) не могут быть обеспечены за счет развития тепловой энергетики из-за неопределенности планов строительства ТЭС на Дальнем Востоке и ограничений в наращивании мощностей ГРЭС КАТЭКа.

3. При анализе направлений электроэнергетической кооперации России с сопредельными странами представляется целесообразным оценивать эффективность не только экспорта российской электроэнергии и мощности (в том числе от гидроэнергетических объектов), но и энергообмена с другими странами для реализации системных интеграционных эффектов, включая снижение потребностей в установленных мощностях, экономию топлива, улучшение режимов работы электростанций, предоставления системных услуг российскими ГЭС зарубежным участникам межгосударственных электроэнергетических рынков путем выравнивания неравномерной энергоотдачи новых возобновляемых источников электроэнергии и т.д. При этом реализация схемы выдачи мощности крупных гидроузлов может послужить начальным этапом создания энергетических мостов для связи ЕЭС России с энергосистемами других государств.

4. С учетом планов по развитию атомной энергетики, работающей в базовой части графика электрических нагрузок, в перспективе могут возникнуть сложности с регулированием переменной части графика нагрузки в энергосистеме, обусловленные недостатком пиковых и полупиковых маневренных электростанций. Наиболее эффективным способом решения про-

блемы регулирования генерации и неравномерного потребления электроэнергии и мощности, как показал международный и отечественный опыт, является создание высокоманевренных аккумуляторов энергии с двойным режимом использования – гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). В силу своих уникальных возможностей (двойной диапазон регулирования, скорость перехода из одного режима в другой) ГАЭС является практически безальтернативным типом системных маневренных установок. Строительство ГАЭС должно планироваться в обоснованной пропорции по отношению к вводу низкоманевренных электростанций и характеру суточного графика электропотребления энергосистем.

5. Для обеспечения эффективности инвестиций в строительство ГАЭС для инвесторов требуется разработка принципиально нового механизма оценки системных услуг, предоставляемых гидроаккумулирующими электростанциями системному оператору на оптовом энергетическом рынке. Необходимо откорректировать рыночную систему экономической оценки функционирования ГАЭС с целью обеспечения необходимого уровня эффективности их эксплуатации.

6. Строительство гидроэнергетических объектов, имеющих существенный комплексный эффект, будет способствовать преодолению неблагоприятных кризисных явлений в экономике РФ, позволит снизить социальную напряженность.

7. Замедлившийся в последние годы темп роста экономики, и как следствие – замедлившийся рост электропотребления, заставляет генерирующие компании задумываться о целесообразности ввода новых мощностей. По прогнозам многих аналитических и финансовых организаций спад экономики России будет продолжаться еще несколько лет, после чего начнется постепенный подъем. Возникшее замедление в экономике России необходимо использовать для создания задела проектов гидроэнергетики на перспективу. Это позволит в последующем оперативно решать задачи энергоснабжения растущей экономики страны.

8. Учитывая длительность инвестиционного цикла на ГЭС, для оптимизации направлений использования невостребованного гидропотенциала необходимо уже сегодня начинать работу

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

по определению региональных точек роста, в том числе в регионах Дальнего Востока и Сибири, а также начинать работать с потенциа-

льными странами-импортерами электроэнергии для подготовки соответствующих контрактов и межправительственных соглашений.

Поступила в редакцию  
16.02.2016 г.

**E. Bellendir, E. Vaksova, S. Tulyankin<sup>2</sup>**

### UNCLAIMED HYDROPOWER POTENTIAL OF RUSSIA

Analysis of the potential of Russian regions with significant stocks of unused hydropower resources – the Eastern Siberia, the Far East, the North-East of the European part of Russia. A list of HPS that can be recommended as perspective for the period up to 2030-2050 years was compiled. The main directions of further development of Russian hydropower are listed.

*Key words:* hydropower potential of Russia, hydropower, hydropower stations, accumulating hydropower stations, grids, export potential.

---

<sup>2</sup> Evgeniy N. Bellendir – general director of JSC «The Hydroproject Institute», Doctor of Engineering, *e-mail:* e.bellendir@hydroproject.ru;  
Evgeniya I. Vaksova – chief of section of perspective projects, JSC «The Hydroproject Institute », *e-mail:* oeipe@mail.ru;  
Sergeiy V. Tulyankin – deputy chief of section of perspective projects, JSC «The Hydroproject Institute », PhD in Economics, *e-mail:* oeipe@mail.ru.

УДК 621.311 (51)

**В.В. Первухин<sup>1</sup>**

## **РОЛЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ В РАЗВИТИИ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

В статье на примере отдельных значимых международных инфраструктурных проектов, реализуемых в странах Центральной Азии, предпринята попытка обосновать их определяющую роль в развитии региональной электроэнергетики как одного из составных элементов мировой электроэнергетики.

*Ключевые слова:* мировая энергетика, электроэнергетика, гидроэнергетика Центральной Азии, энергетическая инфраструктура, Россия, Китай, США.

### **Введение**

Одним из важнейших процессов глобализации мировой экономики является формирование глобальной инфраструктуры. К ней мы относим и региональные системы как элементы или этапы становления и развития глобальных инфраструктурных сетей.

Электроэнергетика – базовая инфраструктурная отрасль. Она связана со всеми секторами народного хозяйства, снабжая их электрической и тепловой энергией и получая от некоторых из них ресурсы для своего функционирования.

В настоящей статье на примере отдельных значимых международных инфраструктурных проектов предпринята попытка обосновать их определяющую роль в развитии мировой электроэнергетики. В качестве такого рода примеров выбраны инфраструктурные водно-энергетические коммуникации в Центральной Азии. Этот выбор обусловлен не только тем обстоятельством, что Центральная Азия продолжает оставаться для России неизменно важным регионом, в частности, именно здесь Россия пытается создать интеграционную схему общего развития.

Но Центральная Азия, кроме того, находится в фокусе изменений направленности динамических потоков между главными потенциальными участниками их образования: Севером (Россия) и Югом (Южная Азия); Востоком (Китай и Ближний Восток) и Западом (Европа). Таким образом, не обладая значимым в мировом масштабе экономическим и даже природно-ресурсным потенциалом, этот регион стал объектом

конкурентной борьбы за влияние на него со стороны Китая, России и США.

Прежде чем перейти к рассмотрению основной темы настоящей статьи, приведем некоторые сведения общего характера и оценки тенденций развития мировой энергетике и, в частности, электроэнергетики в качестве фона, на котором происходит реализация инфраструктурных гидроэнергетических проектов в странах Центральной Азии.

Производство электроэнергии в мире в 2014 г. составило 23,5 трлн кВт·ч. Крупнейшими производителями электроэнергии в мире являлись Китай (5,6 трлн кВт·ч), США (4,3 трлн кВт·ч) и Евросоюз (3,2 трлн кВт·ч), пять стран Центральной Азии (Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Таджикистан и Киргизия) в совокупности произвели в 2013 г. только 0,2 трлн кВт·ч, или 0,85% мирового производства [1, 2].

Согласно прогнозам важнейшей тенденцией развития на период до 2040-2050 годов будет дальнейший рост доли электроэнергии в конечном потреблении энергии. Основной прирост производства электроэнергии придется на развивающиеся страны Азии, Ближнего Востока и Африки (около 87%) [3].

Усиление конкуренции между основными видами топлива для производства электроэнергии будет сопровождаться снижением удельной стоимости большинства видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и удорожанием традиционных энергоресурсов (газа и угля). Основу мировой электроэнергетики (более 70% генерации) и к 2040 г. по-прежнему будут составлять тепловые электростанции. Сохранится преоб-

---

<sup>1</sup> Валерий Васильевич Первухин – советник по международному энергетическому сотрудничеству Института энергетической стратегии (ИЭС), к.и.н., e-mail: valperv@yandex.ru

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

ладание угольной генерации (38% выработки). Доля газа будет сильно различаться по регионам мира в зависимости от его конкурентоспособности. Неископаемые энергоресурсы в совокупности будут обеспечивать к 2040 г. около трети прироста выработки. Развитые страны будут продвигать в первую очередь неуглеродную генерацию, а развивающиеся государства (при сохранении высокой стоимости угля) будут наращивать использование газа и ВИЭ [3].

Расширение международной торговли электроэнергией ведет к оптимизации структуры и объема генерирующих мощностей. Оно требует решения не только технических, но и организационных (порядок диспетчеризации), и экономических (порядок оплаты и создание международных рынков электроэнергии), и политических проблем. Формирование международных рынков электроэнергии невозможно без реализации соответствующих межгосударственных инфраструктурных проектов. Создание такой инфраструктуры требует комплексного решения транспортных, энергетических, финансовых и информационных задач.

К важнейшим регионам в плане энергетического сотрудничества на постсоветском пространстве, как уже отмечалось, относится Центральная Азия. Перспективы такого сотрудничества выходят далеко за границы бывших советских республик. Появляется возможность поставки электроэнергии из стран Центральной Азии в Южную Азию и формирования на этой основе значимого сектора мирового энергетического рынка.

Серьезные инфраструктурные проблемы региона Центральной Азии связаны с гидроэнергетикой и водоснабжением. Россия, участвуя в решении сложных проблем восстановления и развития здесь гидроэнергетического хозяйства, содействует стимулированию экономического и социогуманитарного прогресса.

Центральная Азия не может быть отнесена к политически стабильным регионам. Здесь нет единого хозяйственного и политического центра. Интересы отдельных государств порой оказываются взаимоисключающими. Высокая степень конфликтности порождается серьезными противоречиями, прежде всего в отношении водных ресурсов. Регион характеризуется также

латентными конфликтами, политической турбулентностью, нерешенностью ряда этнических проблем и т.д. Помимо неравномерного распределения водных ресурсов, сказывается и соперничество за региональное лидерство между Казахстаном и Узбекистаном. И в целом невысокий уровень государственного взаимодействия не способствует выстраиванию добрососедских отношений между странами региона [4].

### **Водные ресурсы Центральной Азии: проблемы водопользования**

Водные ресурсы Центральной Азии включают в себя четыре бассейна: Каспийского моря, реки Обь, озера Балхаш и Аральского моря (бассейны двух главных рек – Амударьи и Сырдарьи). Первые три бассейна находятся в Казахстане, а четвертый простирается на территории всех стран региона.

Гидрографические особенности:

а) неравномерность распределения водных запасов. В основном они сосредоточены в Таджикистане и Киргизии. Туркмения и Узбекистан обладают весьма скудными запасами воды;

б) в регионе много трансграничных рек, пересекающих границы двух и более государств (Амударья, Сырдарья, Чу, Талас, Или, Тарим и Иртыш). В настоящее время основные конфликты по поводу водных ресурсов связаны со строительством крупных гидроэлектростанций на притоках Амударьи и Сырдарьи.

Наиболее остро проблемы водопользования проявляются, когда водные потоки протекают по территории нескольких государств. Те страны, в ведении которых находятся верховья рек, оказываются в положении монополистов, способных по собственному усмотрению регулировать сток воды, отводя ее для нужд сельского хозяйства и промышленности, возводя гидротехнические сооружения и т.п. Следствием такого положения является обострение межгосударственных конфликтов.

С точки зрения распределения гидроресурсов все пять стран Центральной Азии можно разделить на две группы:

1) страны с недостаточными гидроресурсами – Казахстан, Узбекистан, Туркмения. Они заинтересованы в использовании стоков рек в оросительном режиме;

2) страны богатые водными ресурсами – Киргизия и Таджикистан. Они в большей степени заинтересованы в гидротехническом использовании рек [5].

При всей сложности и многогранности проблемы использования водных ресурсов трансграничных водотоков она все же может иметь решение при условии комплексного подхода к ней. Так, требуют решения вопросы рационального использования воды для полива сельскохозяйственных культур (например, применение капельного орошения вместо сплошного); внедрения передовых технологий водопользования в промышленности; снижения коррупционной составляющей при строительстве гидротехнических сооружений. При этом основное внимание должно быть уделено принятию обязывающих решений на межгосударственном уровне, в том числе и с использованием потенциала Шанхайской организации сотрудничества (ШОС).

### **Проблемы развития водно-энергетической инфраструктуры в Центральной Азии**

В июне 2015 г. в Душанбе прошла Международная конференция под эгидой ООН «Вода для жизни» – 2005-2015». В ней участвовали около 1500 политиков и экспертов из 100 стран мира. Принята Душанбинская водная декларация. Однако государства остались при своих проблемах и разногласиях, а общество – без ответа на вопрос: когда политические декларации перейдут в практическую плоскость? Это касается и Центральной Азии. Здесь основной нерешаемой из года в год проблемой остается несогласованность гидроэнергетического и ирригационного режима водостоков трансграничных рек, что не мешает всем странам заявлять публично о необходимости согласования действий и взаимном учете интересов [6].

Напомним, что в советское время между республиками Центральной Азии в водно-энергетической сфере действовала отлаженная система: регулирование речного стока странами верховья компенсировалось поставками энергоресурсов странам низовья. Таджикистан и Киргизия накапливали зимой воду в водохранилищах Нурекской, Кайраккумской и Токтогульской ГЭС, а летом сбрасывали ее Узбе-

кистану, Казахстану и Туркмении для целей ирригации. За это зимой они получали от них недостающие электроэнергию и газ. После распада СССР распалась и единая энергосистема региона. Страны низовья стали продавать газ и электричество соседям по рыночным ценам, прекращая поставки за долги. Таджикистан и Киргизия столкнулись с дефицитом энергии в зимний период.

В результате Таджикистан и Киргизия стали решать вопросы собственной энергетической безопасности путем круглогодичной эксплуатации имеющихся ГЭС и строительства новых гидроэнергетических объектов: Рогунской ГЭС (на р. Вахш) и Даштиджумской ГЭС (на р. Пяндж) в Таджикистане и двух Камбаратинских ГЭС (на р. Нарын) в Киргизии. Эти планы вызывают беспокойство в Узбекистане: дополнительное регулирование стока указанных рек (в дополнение к уже имеющимся на них водохранилищам) может позволить Таджикистану и Киргизии контролировать спуск воды.

Таким образом, энергетические приоритеты стран верховья противоречат сельскохозяйственным интересам стран низовья: одним нужна в первую очередь электроэнергия, а вторым – вода для орошаемого земледелия. В результате наблюдается все более углубляющийся разрыв энергетических связей и нарастание водных противоречий с взаимными упреками и претензиями. Делаются попытки решить вопросы управления трансграничными реками бассейна Аральского моря путем создания координационных органов, например Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК). Но пока она работает недостаточно эффективно по причине разногласий между странами по вопросам эксплуатации водных объектов межгосударственного значения. Еще меньше этот орган может решать вопросы, связанные с источниками инвестиций. Так что страны решают свои проблемы за счет собственных средств: Узбекистан и Казахстан – в Приаралье, Таджикистан – на Рогуне, Киргизия – на Камбарате-1 и -2 и каскаде Верхненаарынских ГЭС.

По данным ООН, из-за несогласованности решений в сфере координации водных проблем Центральная Азия ежегодно теряет не менее 1,75 млрд долларов. Рациональное и вза-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

имовыгодное использование водно-энергетических ресурсов стран Центральной Азии, включая развитие инфраструктурных связей, может быть достигнуто при наличии согласованной водно-энергетической стратегии. И не только стратегии. Должен бы выработан новый экономический механизм совместного комплексного использования водно-энергетических ресурсов. Вообще в вопросах совместного использования таких ресурсов гораздо важнее не декларирование независимости и суверенитета, а обеспечение безопасности, которая достигается именно взаимозависимостью стран.

Мировое сообщество располагает богатым опытом в сфере межгосударственного регулирования аналогичных проблем: на этот счет имеется более 50 межгосударственных соглашений. Например, США оплачивает услуги Канады по регулированию стока реки Колумбия при помощи канадского каскада водохранилищ. Применительно к Центральной Азии также могут быть разработаны и зафиксированы в межправительственных соглашениях научно обоснованные расчеты по определению стоимости таких услуг. Очевидно, в таких соглашениях должна быть предусмотрена и обязанность по покупке электроэнергии, вырабатываемой ГЭС (вариант принципа «бери или плати»), формула цены и прочие условия. Должны быть зафиксированы и гарантии поставки летом ирригационной воды нуждающимся в ней странам.

Очевидно, что и Россия не может стоять в стороне от решения указанных проблем. Тем более что для нее здесь присутствует не только экономический интерес. Для России важны и экологический, и социальный аспекты. Нарушение экологического баланса в Центральной Азии из-за усыхания Арала приводит к климатическим аномалиям и в самой России. Кроме того, Россия заинтересована в стабильности в регионе. Любые конфликты, в том числе и на почве водных ресурсов, ей не нужны. В условиях антироссийских санкций сельскохозяйственная продукция из стран Центральной Азии могла бы найти в России дополнительные рынки. В порядке компенсации за поставки сельхозпродукции Россия могла бы компенсировать, например, Таджикистану и Киргизии нехватку

электроэнергии в зимний период, поставляя ее через энергосистемы Казахстана.

Россия также могла бы войти в долевое участие в вопросе обеспечения региона питьевой водой. Ведь южные регионы России сами испытывают большую потребность в воде. Области Южного Урала – Свердловская, Тюменская, Оренбургская, Челябинская, Курганская – нуждаются в переводе части стока рек в этот регион. Идея заключается не в том, чтобы заполнить Арал, а в том, чтобы подавать питьевую воду в Центральную Азию. Тогда меньше воды будет забираться из Сырдарьи.

Для решения водно-энергетических проблем Центральной Азии может быть также изучен вопрос о перетоке свободных ресурсов сибирских рек в этот регион. При этом речь не идет о пресловутом «повороте сибирских рек», но лишь о возможном частичном использовании этих ресурсов для орошаемого земледелия в полупустынных районах Центральной Азии.

Интеграция гидроэнергетического комплекса Сибири, Тянь-Шаня и Памира смогла бы позволить Киргизии и Таджикистану не развивать у себя ГЭС, ущемляя водохозяйственные интересы Узбекистана, Казахстана и Туркмении. Центральноазиатские реки могут быть в большей степени ориентированы на нужды ирригации всех регионов, а электрическая энергия сможет поступать сюда от сибирских ГЭС с последующим продолжением высоковольтных линий электропередачи через Центральную Азию в районы Пакистана, Индии и юго-восточного Китая, замыкая тем самым южную ветвь евразийской энергетической системы [7].

Озабоченность мирового сообщества проблемой энергетических и водных ресурсов в Центральной Азии выразилась, в частности, в подготовленной Всемирным банком (ВБ) в 2010 г. Центральноазиатской программе развития энергетических и водных ресурсов<sup>2</sup> [5].

Всемирный банк признает, что рациональное использование водных ресурсов для ирригации и выработки электроэнергии является исключительно важным для устойчивого развития всех стран Центральной Азии. При оказании поддержки в области энергетических и водных ресурсов в Центральной Азии ВБ осуществляет

<sup>2</sup> The Central Asia Energy-Water Development Program – CAEWDP.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

деятельность как на региональном, так и на национальном уровне.

На региональном уровне ВБ ведет активный диалог по энергетическим и водным вопросам с Казахстаном, Киргизией, Таджикистаном, Туркменией и Узбекистаном. Работая на региональном уровне в сотрудничестве со всеми странами Центральной Азии и их организациями, ВБ ставит своей целью разработать сильную аналитическую базу, с тем чтобы она могла служить основой для стратегических и выгодных для всего региона решений по управлению водными ресурсами и энергией.

Целью Программы CAEWDP также является координация и эффективное использование вклада донорского сообщества для оказания важной технической поддержки, а также предоставления финансовых ресурсов. В настоящее время в Центральной Азии в области водных и энергетических ресурсов задействован ряд доноров, в том числе Азиатский банк развития (АБР), Исламский банк развития, Европейская комиссия (ЕК), Евразийский банк развития, ПРООН, ЕЭК ООН, Германия (GTZ), Швейцария (SECO), Великобритания (Dfid), США (USAID) и Фонд Ага Хана.

Торговля и экспорт энергии являются важными составляющими регионального взаимодействия. Страны Центральной Азии, расположенные вверх по течению, имеют значительный потенциал экспорта электроэнергии в страны Южной Азии, что подчеркивалось в исследовании Всемирного банка по оценке перспектив экспорта энергии в регионе, а также в последующем «Исследовании по вопросам водно-энергетических связей в Центральной Азии». Значительный вклад в обсуждение вопросов по углублению региональной интеграции в области электроэнергии осуществляет Агентство по международному развитию США (USAID) в рамках финансируемой им Программы содействия развитию региональных энергетических рынков (REMAP).

Одновременно с работой и диалогом на региональном уровне Всемирный банк также оказывает поддержку в реализации ряда проектов и исследований в секторе энергетики и водных ресурсов на национальном уровне. Многие из них имеют региональное значение и выгодны

для всего региона, тогда как другие имеют более локализованное значение и приносят выгоды на уровне страны.

В Казахстане ВБ профинансировал долгосрочную программу улучшения связанных с водой экономических и экологических условий в северных районах реки Сырдарья и Аральского моря. В энергетическом секторе Всемирный банк профинансировал несколько проектов, позволивших создать диспетчерский центр и систему управления энергетической системой по последнему слову техники, модернизировать сеть линий электропередачи и укрепить систему электропередачи Север – Юг, что также повышает надежность энергетической системы Центральной Азии.

В Узбекистане ВБ содействует реализации Проекта управления водными ресурсами в Ферганской долине. Кредитная линия в рамках Проекта повышения энергоэффективности, проводимая через коммерческие банки Узбекистана, направлена на стимулирование инвестиций в повышение энергетической эффективности промышленными предприятиями. Также на стадии подготовки находятся проекты в секторе энергетики, предназначенные для поддержки модернизации линий электропередачи с целью повышения надежности подачи электроэнергии, а также улучшения взаимодействия энергетического предприятия с потребителями для снижения технических и коммерческих потерь.

В Киргизии Всемирный банк финансирует проект по совершенствованию оказания ирригационных услуг через ассоциации водопользователей. В Киргизии, а также в Таджикистане, ВБ инициирует проект по совершенствованию гидрометеорологических услуг и данных. Эти страны будут фокусными в данном проекте, но он также содержит компонент, направленный на региональную координацию. В обеих странах Всемирный банк профинансировал проекты по смягчению последствий чрезвычайных ситуаций в энергетическом секторе и оказанию поддержки для решения проблемы острой нехватки электроэнергии в зимний период.

В Таджикистане сотрудничество ВБ в области энергетики и водных ресурсов основано на результатах широкого спектра исследований и обсуждений с правительством в течение послед-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

них восьми лет. Оценка реформы энергетических компаний направлена на проведение анализа структурных реформ с тем, чтобы улучшить инвестиционный климат в отрасли. Всемирный банк в партнерстве с Международной финансовой корпорацией (подразделением банка, работающим с частным сектором) и Фондом Ага Хана профинансировал проект по улучшению доступа к гидроэнергетическим ресурсам в отдаленном юго-восточном регионе Таджикистана. Для улучшения коммерческого управления и снижения технических потерь в энергетической системе ВБ совместно с правительством Швейцарии профинансировал и успешно реализовал программу снижения энергетических потерь.

Всемирный банк работает совместно с Азиатским банком развития по оценке поставок электроэнергии из Узбекистана в Афганистан и Пакистан (УАП) и при содействии Исламского банка развития – над инфраструктурным Проектом региональной торговли электричеством между странами Центральной и Южной Азии (CASA-1000). На примере этого проекта видно,

что, несмотря на инвестиционную поддержку со стороны мировых финансовых структур, несогласованность и взаимное недоверие между отдельными центральноазиатскими странами могут серьезно тормозить реализацию насущного международного проекта.

Проект CASA-1000 охватывает четыре страны – Киргизию, Таджикистан, Афганистан и Пакистан. Первые две являются поставщиками электроэнергии, две другие – ее потребителями. Проектом предусматривается продажа электроэнергии в летний период, когда Киргизия и Таджикистан производят сброс большого объема воды для ирригационных нужд соседних Казахстана и Узбекистана. Проект рассчитан на передачу электроэнергии в объеме 1300 МВт в год [8].

Главным препятствием на пути реализации этого проекта (помимо ситуации в Афганистане, где все еще продолжаются военные действия) остается дефицит генерирующих мощностей в самой Киргизии. Рост потребления электроэнергии в республике привел к ее нехватке на внутреннем рынке. И это не только инфраструк-



Источник: Всемирный банк.

Рис. 1. Центрально-азиатская программа развития энергетических и водных ресурсов

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

турная проблема. В течение последних лет в Киргизии все чаще наблюдается сокращение количества осадков, и это приводит к уменьшению объема воды в водохранилищах. Впервые за многие годы Киргизия зимой минувшего года импортировала электроэнергию из Казахстана.

Но успешность проекта CASA-1000 во многом будет зависеть не только от способности Киргизии и Таджикистана вырабатывать электроэнергию в требуемом объеме, но и от того, насколько успешно и эффективно обе страны смогут управлять водными ресурсами. Тем более что этот вопрос связан и с политическими факторами. В частности, с позицией Узбекистана, который выступает против ввода новых гидроэлектростанций как в Киргизии, так и в Таджикистане. Узбекское руководство полагает, что подобные объекты приведут к сокращению стока рек, используемых Узбекистаном для ирригации.

Вместе с тем, согласно предварительным оценкам ВБ и Исламского банка развития, инфраструктура, необходимая для выработки электроэнергии в рамках CASA-1000, уже имеется даже без ввода новых генерирующих мощностей. Однако, чтобы осуществить ее поставку в Южную Азию, необходимо построить две ЛЭП общей протяженностью свыше 1200 км, а также три подстанции – в Санктуде, Кабуле и Пешаваре.

Важно констатировать, что работа над проектом продолжается. Его реализация будет способствовать интеграции и расширению рынков в интересах развития торговли, а также поможет найти устойчивые решения в области управления водными ресурсами.

### Заключение

Реализация как внутренней, так и внешней энергетической политики России предполагают строительство новой и развитие существующей инфраструктуры, включая межгосударственные инфраструктурные проекты. К числу стратегических задач России относится формирование общих экономических и энергетических пространств. В первую очередь это касается территорий бывших советских республик. И государства Центральной Азии занимают здесь отнюдь не последнее место.

Участие России в реализации международных инфраструктурных проектов, в особенности в Евразии, обусловлено не только ее уникальным геостратегическим и геополитическим положением в этой части мира. Без участия России ни один из евразийских (в том числе и центральноазиатских) проектов не может быть реализован с достаточной экономической эффективностью. Однако Россия не стремится к доминированию в этих проектах. Напротив, она видит в них источник дальнейшего углубления и развития сотрудничества на евразийском пространстве, в становлении подлинного партнерства в противовес соперничеству, что не исключает объективно рыночной конкуренции. В конечном итоге создание международной энергетической инфраструктуры – самый надежный путь к построению евразийской энергетической цивилизации в интересах всех народов, проживающих на этом пространстве [9].

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Statistical Review of World Energy 2015*. URL: [http://www.bp.com/ru\\_ru/russia.htm](http://www.bp.com/ru_ru/russia.htm).
2. *U.S. Energy Information Administration. Energy Statistics. Electricity / US Department of Energy / Wash. D.C.*
3. *Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года / ИНЭИ РАН, АЦ, 2014.*
4. *Центральная Азия: проблемы и перспективы (взгляд из России и Китая). М.: РИСИ, 2013.*
5. *Центрально-азиатская программа развития энергетических и водных ресурсов. Региональное сотрудничество в целях общего благосостояния. Всемирный банк, 2010. URL: <http://www.worldbank.org>.*
6. *Душанбинская декларация по воде. Итоги Международной конференции высокого уровня по среднесрочному всеобъемлющему обзору хода выполнения Международного десятиле-*

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

тия действия «Вода для жизни» 2005-2015, 8-10 июня 2010 года.

7. Бушуев В.В. Транспортно-энергетическая структура Евразии как основа ее устойчивого развития // Экономика региона. № 4, 2013.

8. Гусева Е.Н. CASA-1000. Российская электроэнергия для Центральной и Южной Азии // Энергетическая политика. Вып. 3, 2014, С. 50-54.

9. Глобальная энергетика и геополитика (Россия и мир) / под ред. Ю.К. Шафраника. М.: Энергия, 2015.

Поступила в редакцию  
08.02.2016 г.

V. Pervukhin<sup>3</sup>

### THE ROLE OF INTERNATIONAL INFRASTRUCTURE PROJECTS IN THE DEVELOPMENT OF WORLD POWER INDUSTRY

The article on the example of certain significant international infrastructure projects implemented in the countries of Central Asia, an attempt to justify their crucial role in the development of regional electric power industry as an integral element of world power.

*Key words:* world energy, electricity, hydropower in Central Asia, energy infrastructure, Russia, China, USA.

---

<sup>3</sup> Valery V. Pervukhin – advisor for international energy cooperation, PhD in History, Institute for Energy Strategy, e-mail: valperv@yandex.ru

УДК 621.315 (100)

**В.И. Чемоданов, Р.К. Адамоков, О.С. Карпова<sup>1</sup>**

## **ОБЗОР РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОСТОВ С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ**

В статье представлен обзор российских и зарубежных проектов сооружения энергетических мостов, а также описание проектов по развитию сети постоянного тока в Китае и других странах.

*Ключевые слова:* ГЭС, приливная электростанция, тепловая электростанция, гидроаккумулирующая электростанция, энергетический мост, передача постоянного тока.

Несмотря на практическое отсутствие в настоящее время в ЕЭС России элементов постоянного тока (за исключением ППТ Волгоград – Донбасс, ВПТ в Выборге) на сегодняшний день имеется большой опыт по рассмотрению и обоснованию проектов постоянного тока в России как в качестве элементов внутри ЕЭС, повышающих ее надежность и управляемость, так и для обеспечения экспортных поставок электроэнергии и мощности из ЕЭС России в энергосистемы зарубежных стран. Рассмотрим российские проекты сооружения энергетических мостов с учетом перспектив развития гидроэнергетики.

### **Эвенкийская ГЭС**

Проект по Эвенкийской ГЭС выполнялся в 2007 году. Согласно проекту предполагалось сооружение гидроэлектростанции мощностью 8000 МВт (8 блоков по 1000 МВт) на р. Нижняя Тунгуска в 120 км от устья. Выдача мощности Эвенкийской ГЭС предполагалась в дефицитную Тюменскую энергосистему и в район Челябинска.

Физико-географические условия бассейна р. Нижняя Тунгуска, на которой предполагалось сооружение гидроэлектростанции, представлены ниже:

- бассейн р. Нижняя Тунгуска: в пределах Средне-Сибирского плоскогорья, в зоне многолетней мерзлоты;

- климат района Эвенкийской ГЭС: континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким, относительно теплым летом;
- средняя годовая температура в районе створа: -2,8 °С, при этом абсолютный минимум температуры составил -63 °С (февраль), а самым теплым месяцем был июль со средней температурой 15,3 °С;
- р. Нижняя Тунгуска течет в высоких, крутых берегах, покрытых лесом, ширина русла в межень 360-380 м, в паводок – до 600 м;
- судоходство на р. Енисей:

  - июнь-июль – попуск Эвенкийской ГЭС не менее 1000 м<sup>3</sup>/с;
  - август – 10 октября попуск не менее 2000 м<sup>3</sup>/с.

- санитарный пропуск – 400 м<sup>3</sup>/с (принят по техническому минимуму турбины).

Строительство планировалось начать в 2009 г. с вводом первого агрегата в 2015 году. Однако, по состоянию на сегодняшний день, реализация проекта не начата. Проектируемые водно-энергетические показатели Эвенкийской ГЭС по годам строительства представлены в табл. 1.

После вывода Эвенкийской ГЭС на проектную мощность (после 2020 г.) в качестве основных рассматривались варианты выдачи всей располагаемой мощности в Тюменскую энерго-

---

<sup>1</sup> Владимир Ильич Чемоданов – заместитель генерального директора по стратегическому планированию развития энергетики ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ», к.э.н., e-mail: chemodanov\_v@oaoesp.ru;

Руслан Капланович Адамоков – директор по развитию ЕЭС и ЕНЭС ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ», к.э.н., доцент, e-mail: adamokov\_r@oaoesp.ru;

Ольга Сергеевна Карпова – начальник отдела разработки перспективных схем электроснабжения регионов ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ», e-mail: karpova\_o@oaoesp.ru.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 1

### Водно-энергетические показатели Эвенкийской ГЭС по годам строительства

Показатели	2015 г.	2020 г.	2030 г.
Установленная мощность, МВт	3000	8000	8000
Количество агрегатов, шт.	3	8	8
Располагаемая мощность декабря, МВт	540	5040	8000
Среднегодовое производство электроэнергии, млрд кВт·ч	0,4	22,0	45,5
Годовая гарантированная (90%) выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	0,385	20,5	44,6
Гарантированная (90%) мощность декабря, МВт	517	4800	8000
Базовая мощность зимняя, МВт	230	445	588
Мощность летняя (50%), МВт	-	2200	3150
Базовая мощность летняя, МВт	-	2200	2900

систему. В качестве дополнительных вариантов – 5000 МВт в Тюменскую энергосистему и 3000 МВт в энергосистему Урала.

При рассмотрении двух вариантов использования мощности Эвенкийской ГЭС учитывались требования водохозяйственных потребителей: максимальное использование мощности в зимний период и выровненная энергоотдача в течение года. Одним из главных условий распределения энергоотдачи Эвенкийской ГЭС в годовом разрезе являлось соблюдение годовой выработки электроэнергии для различных условий водности и опорных лет.

По условию минимизации установки дополнительной (дублирующей) тепловой мощности в Тюменской энергосистеме на уровне 2020 г. для условий малой водности скорректировано распределение среднемесячных мощностей. Это позволило снизить для варианта с максимальным использованием ГЭС в зимний период потребность в дублирующей мощности с 2200 до 1600 МВт, а для варианта с выровненной энергоотдачей – с 1300 до 800 МВт.

В результате было рекомендовано к 2020 г. для передачи 5000 МВт в Тюменскую энергосистему сооружение двух ППТ ±500 кВ с пунктами приема на ПС Холмогорская (800 км) и ПС Тарасовская (600 км) и сооружение после 2020 г. ППТ ±750 кВ Эвенкийская ГЭС – Челябинская энергосистема для передачи 3000 МВт от Эвенкийской ГЭС в ОЭС Урала (2200 км). Суммарные капиталовложения в схему выдачи мощности Эвенкийской ГЭС были оценены в

233 млрд руб. (в ценах 2007 г.). Реализация проекта отложена в связи со сдвигом сроков сооружения Эвенкийской ГЭС.

### Мезенская ПЭС

Проект по Мезенской ПЭС (приливной электростанции) выполнялся в 2002, 2006 и 2008 годах. Предполагалось строительство приливной электростанции мощностью 8000 МВт в Мезенском заливе Белого моря, в Архангельской области.

Мезенская ПЭС планировалась по мощности дублирующей станцией, а выработанная ею электроэнергия позволила бы сэкономить топливные ресурсы конденсационных электростанций. Предполагалось, что прием мощности от ПЭС мощностью 8000 МВт в европейскую зону ЕЭС России приведет к необходимости соответствующей разгрузки ТЭС. Большая мощность и выработка электроэнергии Мезенской ПЭС обуславливает целесообразность ее использования в рамках крупного энергообъединения ЕЭС России. Импульсный режим работы ПЭС будет влиять на изменение режимных потоков мощности как внутри ОЭС с непосредственным примыканием линий электропередачи от ПЭС, так и потоков между ОЭС, ТЭС которых вынуждены участвовать в разгрузке.

По условиям надежности с учетом предотвращения каскадного развития аварий, возможности разгрузки тепловых электростанций,

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

наличия достаточно сильных межсистемных связей была обусловлена целесообразность рассмотрения в качестве зоны непосредственного использования мощности и энергии ПЭС в рамках крупного энергообъединения европейской части ЕЭС России – ОЭС Центра. При этом размещение приемных подстанций предполагалось в районах Владимира и Михайлова с примыканием к ним линий электропередачи от Мезенской приливной электростанции.

Рассматриваемые местоположения подстанций примыкания характеризуются относительно хорошей привязкой к основной сети ОЭС Центра. Подстанции, расположенные в районах Михайлова и Владимира, будут опираться на кольцо 750 кВ вокруг Московской энергосистемы, к одной из подстанций которого будет присоединяться Центральная (Ржевская) ГАЭС, участвующая в совместном режиме ПЭС-ГАЭС, и к ПС которого присоединяются крупные электростанции, участвующие в разгрузке при приеме мощности от ПЭС. Кроме того, ПС в районе Михайлова будет иметь хорошие связи (ВЛ 750 кВ) для организации участия ПЭС в экспорте в страны Западной Европы. Масштабы передаваемой мощности и дальность транспорта электроэнергии (1300-1600 км) определили рассмотрение передач постоянного тока напряжением  $\pm 500$  или  $\pm 750$  кВ.

В результате было рекомендовано к 2020 г. для передачи 8000 МВт в ОЭС Центра сооружение двух ППТ  $\pm 500$  кВ Мезенская ПЭС – Михайлов пропускной способностью 4000 МВт, протяженностью 1300 км и Мезенская ПЭС – Владимир пропускной способностью 4000 МВт, протяженностью 1600 км. Суммарные капиталовложения в схему выдачи мощности Мезенской ПЭС оценивались порядка 120 млрд руб. (в ценах 2006 г.).

Также рассматривались варианты сооружения Мезенской ПЭС мощностью 4000 МВт и 11400 МВт с ее использованием совместно с ГАЭС. Реализация проекта была отложена в связи со сдвигом сроков сооружения Мезенской ПЭС.

### Развитие электрических связей Сибирь – европейская часть России

Проект выполнялся в 1996 и 2004 годах. Рассматривались следующие объемы передачи мощности по транспортным электропередам: 2015 г. – 2000 МВт из ОЭС Сибири в ОЭС Урала; 2020 г. – 2000 МВт из ОЭС Сибири в ОЭС Урала и 4000 МВт из ОЭС Сибири в ОЭС Центра. Отправной точкой в ОЭС Сибири рассматривался район, в котором предполагается дополнительное развитие генерирующих мощностей (Березовская ГРЭС-2) для передачи в европейскую часть России. На основе анализа перспективных ситуаций в зоне Урала прием мощности из Сибири предлагался в южной зоне Урала (район Челябинска), где ограничена возможность размещения новых и расширение действующих электростанций, а также с учетом возможного запаздывания ввода энергоблоков на Башкирской АЭС. В ОЭС Центра по тем же причинам предполагался прием мощности в южной зоне ОЭС Центра (район Тамбова) с учетом возможного запаздывания ввода мощности на Смоленской АЭС-2 и Курской АЭС-2. Предусматривалось создание транспортных транзитов с использованием электропередачи постоянного тока  $\pm 750$  кВ. На первом этапе предполагалось сооружение линии постоянного тока напряжением  $\pm 750$  кВ, длиной 2000 км от Сибири до Урала на передаваемую мощность 2000 МВт. На втором этапе предполагалось сооружение второй линии электропередачи постоянного тока Сибирь – Центр напряжением  $\pm 750$  кВ, длиной 3700 км на передаваемую мощность 4000 МВт. Суммарные капиталовложения были оценены в объеме 91,9 млрд руб. (в ценах 2004 г.) Кроме того, рассматривался вариант развития межсистемных транзитов с использованием электропередач переменного тока напряжением 500 кВ и постоянного тока  $\pm 750$  кВ. Для передачи из ОЭС Сибири в ОЭС Урала 2000 МВт предполагалось сооружение двух ВЛ 500 кВ Итатская – Кадатская – Алтай – Омск – Курган, одной ВЛ Барнаул – Светлая – Иртышская и одной Курган – Челябинск общей протяженностью 4578 км. Для передачи мощности из ОЭС Сибири в ОЭС Центра в размере 4000 МВт предполагалось сооружение электропередачи постоянно-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

го тока  $\pm 750$  кВ. Суммарные капиталовложения были оценены в размере 89,6 млрд руб. (в ценах 2004 года).

### Схемы развития электрических сетей г. Сочи, внешнего энергоснабжения и распределительной сети

Проект выполнялся в 2007 году. Для повышения надежности электроснабжения Сочи с учетом проведения Олимпийских игр 2014 г. было предложено сооружение по дну Черного моря подводной КЛ ПТ Джубга – Псоу пропускной способностью 350 МВт на первом этапе, с возможностью дальнейшего расширения до 700-1000 МВт. Предлагалась система передачи энергии постоянным током Джубга – Псоу, которая получила название HDVC, с использованием технологии VSC на базе модульного многоуровневого преобразователя – MMC, который имеет несколько серьезных преимуществ перед традиционными преобразователями ППТ, в частности – возможность регулировать потребление и выдачу реактивной мощности в достаточно широких пределах. Основные преимущества:

- создание принципиально новой связи г. Сочи с энергосистемой;
- отсутствие воздействия внешних негативных природно-климатических факторов и прохождение через территорию национального парка;
- возможность точного и оперативного управления потоками активной и реактивной мощности;
- возможность подавления колебаний в сети переменного тока и тем самым повышение устойчивости энергосистемы с использованием системы быстрой модуляции передачи постоянным током;
- КЛПТ позволяет повысить надежность электроснабжения не только Сочи, но и решить проблемы электроснабжения Туапсинского и юго-западных районов Краснодарского края;
- стоимость сооружения КЛПТ, по оценкам ABB и SIEMENS, порядка 14 млрд руб., а с учетом привязки к энергосистеме – 21 млрд рублей.

Сжатые сроки и отсутствие опыта сооружения и эксплуатации в нашей стране подобных

объектов не позволили реализовать данный проект. Но в дальнейшем этот проект может быть реализован, так как Сочи будет развиваться как круглогодичный горноклиматический курорт мирового уровня.

Далее представлен ряд зарубежных проектов сооружения энергетических мостов с учетом перспектив развития гидроэнергетики.

### Обоснование широкомасштабного экспорта электрической мощности и энергии из ЕЭС России в энергосистему Китая

Проекты выполнялись в 2005, 2006 и 2008 годах. Объем экспорта мощности 6000, 8000 и 12000 МВт. Предполагался экспорт от следующих станций в ОЭС Сибири: сооружение новой Ковыктинской ТЭС мощностью 6400 МВт (8хПГУ-800), расширение Гусиноозерской ГРЭС двумя энергоблоками по 600 МВт на суперсверхкритических (ССК) параметрах пара (2хК-600), расширение Харанорской ГРЭС тремя энергоблоками на ССК по 600 МВт (3хК-600), Никольской ТЭС мощностью 4200 МВт (7хК-600 на ССК параметрах пара), Березовской ГРЭС-2 мощностью 3600 МВт (6хК-600 на ССК) и ОЭС Востока: сооружение Приморской АЭС мощностью 3000 МВт (2х1500 МВт), Учурской и Среднеучурской ГЭС суммарной мощностью около 3700 МВт (гарантированная мощность по условиям маловодного года – 1756 МВт), сооружение новой Свободненской ТЭС мощностью 2400 МВт (4хК-600 на ССК), расширение Нерюнгринской ГРЭС двумя энергоблоками по 330 МВт (2хК-330).

Схема экспортной электропередачи постоянного тока формировалась путем сооружения биполярных ППТ напряжением  $\pm 750$  кВ пропускной способностью по 3000 МВт и протяженностью от 900 до 4200 км.

### Увеличение объемов передаваемой электроэнергии и мощности из ЕЭС России в энергосистемы Азербайджана и Грузии с учетом транзита в третьи страны

Проект выполнялся в 2004, 2005 годах. Предусматривалось сооружение биполярной ППТ напряжением  $\pm 500$  кВ из ОЭС Средней Вол-

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

ги (Балаковская АЭС) до Ирана (Тебриз) протяженностью 2200 км с возможным отбором в ОЭС Северного Кавказа (ППТ Артем). Передаваемая мощность 1500 МВт. Стоимость реализации проекта оценивалась в 36,7 млрд рублей, при реализации проекта частично кабелем по дну Каспийского моря – в 93,95 млрд рублей.

*Экспорт электроэнергии в Турцию.* Предполагалось сооружение подводной кабельной линии электропередачи по дну Черного моря протяженностью 370 км Джубга (Россия) – Самсун (Турция) с использованием биполярной линии напряжением  $\pm 500$  кВ. Объем передаваемой мощности 1000 МВт с дальнейшим увеличением до 2000 МВт. Стоимость реализации проекта была оценена в 53,2 млрд рублей.

### Создание и использование электроэнергетического потенциала о. Сахалин

Была проведена оценка масштабов возможного экспорта электроэнергии от новых тепловых электростанций на о. Сахалин, работающих на местном топливе – парогазовой электростанции на газе мощностью 4000 МВт (Сахалинская ГРЭС-2) и конденсационной электростанции на угле мощностью 2000 МВт (Солнцевская ГРЭС). Проект выполнялся в 1997 году. Максимальный объем экспорта мощности и электроэнергии от данных электростанций в Японию составит 6000 МВт. Для передачи мощности и электроэнергии предусматривалось сооружение линии передачи постоянного тока напряжением  $\pm 500$  кВ ( $\pm 750$  кВ), протяженностью 470 км. Затраты в электросетевое строительство предполагались в размере около 120 млрд рублей. После событий на АЭС в Фукусиме интерес к данному проекту появился вновь, но наличие территориальных споров с Японией сильно мешают реализации проекта.

### Многоподстанционная передача постоянного тока

В 1992-1999, 2000 и 2001 гг. с участием специалистов России, Беларуси, Литвы, Польши и Германии был разработан проект многоподстанционной передачи постоянного тока (МППТ)  $\pm 500$  кВ по

направлению Россия (район г. Смоленска) – Беларусь – Литва – Россия (Калининградская обл.) – Польша – Германия пропускной способностью 2000-4000 МВт и протяженностью 1945 км. Следует отметить, что энергопоток Восток – Запад можно было использовать не только как транспортную магистраль для передачи электроэнергии с Востока на Запад, но и как связь, позволяющую существенно расширить энергообмен между энергосистемами этих стран. Данный проект также мог решить проблему обеспечения надежности электроснабжения жителей Калининградской области при переходе энергосистем стран Балтии на синхронную работу с УСТЕ с отделением от ЕЭС России. С учетом данного обстоятельства и вступления России в ВТО интерес к данному проекту может вновь возникнуть в ближайшее время.

Кроме того, в предыдущих версиях Схемы и программы развития Единой энергетической системы России рассматривались два проекта постоянного тока:

1. Для выдачи мощности Ленинградской АЭС-2 предполагается сооружение КВЛ постоянного тока напряжением +300 кВ мощностью 1000 МВт ЛАЭС-2 – Выборгская, протяженностью 128 км.
2. Для обеспечения режимных перетоков мощности по направлению Урал – Центр, рассматривается сооружение передачи постоянного тока +750 кВ, Челябинская – Михайловская с возможным заходом на ПС Куйбышев (ОЭС Средней Волги) длиной 1850 км на передаваемую мощность 3000 МВт.

Однако в последней редакции Схемы и программы развития Единой энергетической системы России указанные проекты были исключены.

Таким образом, несмотря на то, что в настоящее время нет практически реализованных проектов на постоянном токе, в будущем системы постоянного тока могут получить широкое распространение. Этому будут способствовать: необходимость повышения управляемости ЕЭС, большая территория, неравномерность размещения топливных ресурсов, разная плотность нагрузки в различных частях, снижение потерь, наращивание экспортного потенциала. Карта-схема перспективных проектов постоянного

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

тока в России с учетом наращивания экспортного потенциала представлена на рисунке.

Существующие и перспективные проекты по развитию сети постоянного тока в Китае, итоги проведенного анализа и систематизации представлены в табл. 2.

Другие зарубежные проекты по развитию сети постоянного тока и их краткое описание представлено в табл. 3.

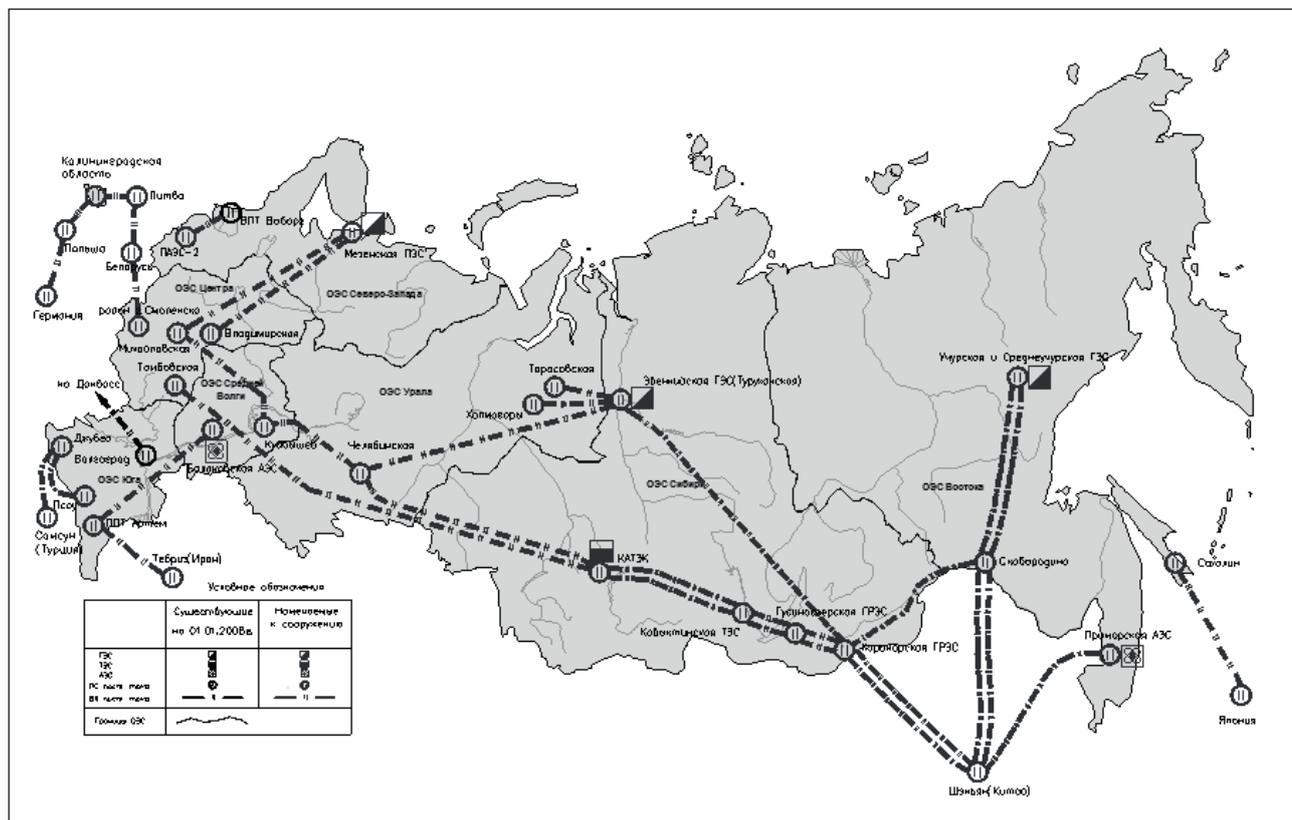


Схема перспективных проектов постоянного тока в России с учетом наращивания экспортного потенциала

Таблица 2

Существующие и перспективные проекты по развитию сети постоянного тока в Китае

№	Проект	Год ввода	Передаваемая мощность, МВт	Информация о существующих проектах
<b>Существующие проекты</b>				
	V2B			
1	Северо-Восток – Север	2013	1500	
<b>Напряжение 400 кВ</b>				
2	Цинхай – Тибет	2011	600	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая Голмуд провинции Цинхай и Лхаса Тибетского автономного района КНР. Протяженность порядка 1040 км

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

*Продолжение табл.2*

№	Проект	Год ввода	Передаваемая мощность, МВт	Информация о существующих проектах
<b>Напряжение 500 кВ</b>				
3	Дебао	2010	3000	
4	Ксулиоду – Гуандун	2013	2x3200	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая Чжаотун провинции Юньнань с Цунхуа Гуанчжоу. Протяженность линии составляет 1286 км
<b>Напряжение 660 кВ</b>				
5	Нингдонг – Шаньдун	2010	4000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая Северную часть Китая с Восточным побережьем. Протяженность более 1335 км.
6	Россия – Ляонин	2014	4000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая северо-восточную часть России с провинцией Ляонин на Северо-Востоке Китая
<b>Напряжение 800 кВ</b>				
7	Юньнань – Гуандун	2009/10	5000	Система передачи электроэнергии постоянным током высокого напряжения в Китае, соединяющая Чусюн в провинции Юньнань с Шуйдин и Цзэнчэн в провинции Гуандун. Это первая в мире линия постоянного тока, которая начала работу на напряжении 800 кВ. По данной линии возможно передавать мощность в объеме порядка 5000 МВт, номинальный ток – 3125 А. Протяженность линии Юньнань – Гуандун – 1418 км. Служит для передачи мощности от ГЭС в провинции Юньнань в Гуандун, включая города Гуандун и Шэньчжэнь. Подстанции были изготовлены компанией Siemens
8	Ксиангжиавя – Шанхай	2010	6400	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая ГЭС в провинции Сычуань с Шанхаем. Класс напряжения 800 кВ. Возможна передача мощности в объеме порядка 6400 МВт. На момент ввода в 2010 г. считалась самой протяженной в мире линией постоянного тока. Ее протяженность составила порядка 2000 км. Подстанции были изготовлены Государственной электросетевой корпорацией Китая, компаниями ABB и Siemens
9	Цзиньпин – Суан	2012	7200	Линия предусмотрена для передачи электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС в центрально-западной провинции Сычуань, в промышленно развитые прибрежные районы провинции Цзянсу в Восточном Китае. Протяженность 2090 км. Подстанции были изготовлены компанией ABB
10	Нуожаду – Гуандун	2013	5000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая провинцию Юньнань на Юго-Западе Китая с провинцией Гуандун
11	Хами – Хэнань	2013	8000	Линия постоянного тока высокого напряжения, протяженностью 2210 км. Начинается в Хами Наньху рядом с электростанцией Данаху в Синьцзяне и заканчивается в городе Чжэнчжоу в провинции Хэнань. Самая высокая линия в мире

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Продолжение табл.2

№	Проект	Год ввода	Передаваемая мощность, МВт	Информация о перспективных проектах
12	Ксилооду – Чжэцзян	2014	8000	Крупнейшая в мире линия постоянного тока, предусмотренная для передачи электроэнергии, вырабатываемой ГЭС на Силоду, расположенной в городском округе Чжаотун провинции Юньнань, с подстанцией в провинции Чжэцзян в восточной части Китая. Протяженность 1680 км
<b>Перспективные проекты</b>				
	В2В			
13	Северо-Запад – Север	2018	1500	
<b>Напряжение 500 кВ</b>				
14	Чжинчон – Гуанси	2017	3200	Линия идет от городского округа Цзиньчжун провинции Шаньси КНР до Гуанси – Чжуанский автономный район на юге Китая
15	Жинхунг – Таиланд	2018	3000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая между собой Жинхунг Дайского автономного округа и Таиланд
16	Гонконг HVDC	2018	3600	Линия высокого напряжения постоянного тока, проходящая по территории Гонконга
<b>Напряжение 660 кВ</b>				
17	Баукинг – Ляонин	2017	4000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая уезд Баоцин в провинции Хэйлуцзян с провинцией Ляонин на Северо-Востоке Китая
<b>Напряжение 800 кВ</b>				
18	Хуменг – Таншань	2015	8000	Линия постоянного тока, протяженностью 1300 км, соединяющая городской округ Таншань в провинции Хэбэй с Хуменгом
19	Нингдонг – Чжэцзян	2016	8000	Линия постоянного тока, протяженностью 1722 км, соединяющая подстанцию в Нингдонге в Нинся-Хуэйском автономном районе с подстанцией в провинции Чжэцзян. Линия проходит через 6 провинций: Нинся, Шэньси, Шаньси, Хэнань, Аньхой и Чжэцзян
20	Нуменг – Шаньдун	2016	8000	Линия постоянного тока, соединяющая провинцию Шаньдун на востоке Китая с Хуменгом
21	Менгхи – Цзянси	2016	8000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая провинцию Цзянси с Менгхи
22	Монголия - Шаньдун	2016	8000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая Монголию и провинцию Шаньдун на востоке Китая. Протяженность 1621 км
23	Жундонг – Чунцин	2016	8000	Система передачи электроэнергии постоянным током высокого напряжения протяженностью 2700 км, соединяющая города Жундонг и Чунцин и охватывающая провинции Синьцзян, Ганьсу и Сычуань

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

*Продолжение табл.2*

№	Проект	Год ввода	Передаваемая мощность, МВт	Информация о перспективных проектах
24	Сычуань – Цзянси	2017	8000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая провинцию Сычуань, на юге центральной части Китая и провинцию Цзянси на юго-востоке Китая. Протяженность около 1500 км
25	Юньнань – Гуандун	2017	8000	Протяженность линии составляет 1400 км.
26	Менгхи – Цзянсу	2017	8000	Линия постоянного тока высокого напряжения между восточной провинцией Цзянсу и Менгхи
27	Йюгуань – Хунань	2017	7200	Линия постоянного тока протяженностью 2370 км от подстанции Qiaowan в городском округе Цюцюань провинции Ганьсу до подстанции Сянтань в провинции Хунань
28	Хами – Шаньдун	2017	7200	Линия постоянного тока высокого напряжения между округом Хами Синьцзян-Уйгурском автономного района и провинцией Шаньдун. Длина линии 2700 км
29	Тибет – Чунцин	2017	7200	Линия постоянного тока протяженностью 1195 км между Тибетом и городом Чунцин
30	Монголия – Тяньцзинь	2018	8000	Линия постоянного тока высокого напряжения, соединяющая Монголию и Центральный Китай
31	Хименг – Нанкин	2018	8000	Двухцепная линия сверхвысокого напряжения суммарной протяженностью 2838 км. Линия магистральных сетей СВН входит в проект преобразования и передачи электроэнергии Государственной электросетевой корпорации. Она проходит через 8 городов и провинций до Нанкина, расположенного в восточной части Китая
32	Байнетан – Хубэй	2018	7200	Линия постоянного тока от четвертой в мире по величине Байхэтаньской ГЭС (с генераторами 18x725 МВт, общая мощность 13050 МВт) до провинции Хубэй на востоке центральной части Китая
33	Ксилооду – Цзянси	2018	8000	Линия постоянного тока для передачи электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС Силоду провинции Юньнань, в провинцию Цзянси
34	Монголия – Цзин-Цзин-Тан	2019	7200	Линия постоянного тока от восточной части Китая до Монголии
35	Россия – Ляонин	2019	7200	Линия постоянного тока от провинции Ляонин, расположенной в южной части северо-восточного Китая, до России
36	Байнетан – Хунань	2020	7200	Линия постоянного тока от Байхэтаньской ГЭС до провинции Хунань в южной части Китая
<b>Напряжение 1100 кВ</b>				
37	Жундонг – Чэнду	2015	11000	Линия постоянного тока, соединяющая северо-запад Китая с его центральной частью
38	Удан – Фуцзянь	2018	11000	Линия между ГЭС Wudongde (генераторы 12x175 МВт, общая мощность 8700 МВт) и провинцией Фуцзянь на востоке Китая

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Окончание табл. 2

№	Проект	Год ввода	Передаваемая мощность, МВт	Информация о перспективных проектах
39	Тибет – Чжэцзян	2019	9000	Линия постоянного тока от ГЭС в Тибете до провинции Чжэцзян в China's Yangtze River Delta (YRD)
40	Уи – Сычуань	2020	9000	Линия постоянного тока, соединяющая подстанцию SDIC Yili Yining power station в северо-западной части Китая с провинцией Сычуань
41	Казахстан – Чэнду	2020	9000	Линия, соединяющая Чэнду – административный центр провинции Сычуань и Казахстан

Таблица 3

### Краткое описание проектов сети постоянного тока в других регионах мира

№	Проект	Год ввода	Мощность, МВт	Краткое описание
<b>Существующие проекты</b>				
1	Кабора-Басса	1977	1920	HVDC-линия между гидроэлектростанцией Кабора-Басса в Мозамбике и Йоханнесбургом, ЮАР. Биполярная ЛЭП может передавать мощность до 1920 МВт при напряжении +/-533 кВ и токе 1800 А. Длина линии 1420 км
2	Преобразовательная станция «Вирджиния Смит»	1988	200	Преобразовательная станция высокого напряжения постоянного тока 55,5 кВ. Выполняет соединение разрозненных сетей США, регулировку напряжения и демпфирование колебаний мощности – FACTS-B2B
3	«Этценрихт»	1993	600	Соединительная линия высокого напряжения постоянного тока В2В между Чехией и Германией напряжением 160 кВ
4	Преобразовательная станция «Велш»	1995	600	Преобразовательная станция высокого напряжения постоянного тока В2В. Напряжение – 170 кВ
5	Линия Тянь – Гуань	2000	1800	Линия высокого напряжения постоянного тока, напряжением +/- 500 кВ. Длина 960 км
6	Соединительная линия «Мойл»	2001	2x250	Соединительная линия постоянного тока между Северной Ирландией и Шотландией, напряжением 250 кВ. Длина кабеля составляет 64 км
7	Линия Гуй – Гуань	2004	3000	Линия высокого напряжения постоянного тока, напряжением +/- 500 кВ. Длина линии 980 км
8	Кабельная линия Нептун – РТС	2005	660	Кабельная линия расположена между Нью-Йорком и Нью-Джерси, напряжение 500 кВ. Протяженность линии: 82 км – морской кабель, 25 км – наземный

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Окончание табл.3

№	Проект	Год ввода	Мощность, МВт	Краткое описание
9	«Басслинк»	2006	500	Высоковольтная линия постоянного тока (HVDC), проложенная через Бассов пролив и соединяющая электростанцию Лой-Янг на австралийском континенте с подстанцией в тасманийском Джорджтауне. Работает на номинальном напряжении 400 кВ.

Поступила в редакцию  
10.02.2016 г.

V. Chemodanov, R. Adamokov, O. Karpova<sup>2</sup>

### REVIEW OF THE RUSSIAN AND FOREIGN PROJECTS ENERGY BRIDGES AND THE PERSPECTIVES OF HYDROPOWER DEVELOPMENT

The article presents an overview of the Russian and foreign projects of construction of energy bridges, as well as description of projects to develop the DC network in China and other countries.

*Key words:* hydropower, tidal power plant, thermal power plant, pumped storage power station, power bridge, constant current.

---

<sup>2</sup> Vladimir I. Chemodanov – deputy general director on strategic planning of energy development, JSC «The Energosetproject Institute», PhD in Economics, *e-mail:* chemodanov\_v@oaoesp.ru;  
Ruslan K. Adamokov – director on development of UES and ENESO, JSC «The Energosetproject Institute», PhD in Economics, assistant professor, *e-mail:* adamokov\_r@oaoesp.ru;  
Olga S. Karpova – chief of section of development of perspective designs of electric power supply, JSC «The Energosetproject Institute», *e-mail:* karpova\_o@oaoesp.ru.

УДК 556 (100)

**В.С. Голубев, А.М. Тарко<sup>1</sup>**

## **ВОДНЫЙ КАПИТАЛ: РОССИЯ И СТРАНЫ МИРА**

Разработана методика и проведены расчеты воспроизводимого природного капитала (экокапитала) и его составляющей – водного капитала – для стран мира. Определена доля водного капитала в общем богатстве страны. Установлена объективная стоимость водного капитала в «структурных деньгах» и сопоставлена с рыночной стоимостью.

*Ключевые слова:* экокапитал, водный капитал, «структурные деньги», ценность воды, капитал водных ресурсов.

### **Введение**

К настоящему времени построена системная теория национального богатства (странового капитала), рассматривающая его как сумму физического, человеческого, социального и природного капитала [1-4]. Разработана методика расчета национального богатства, использующая нерыночный подход – на основе величины «структурные деньги», которая несет определенную социогуманитарную нагрузку (проблематика «мировых денег») [4]. Рассчитан капитал стран мира и субъектов РФ в 2008 и 2009 годах.

Природный капитал рассматривается как сумма возобновляемого и невозобновляемого капитала (эко- и палеокапитала – соответственно). Капитал водных ресурсов (далее – водный капитал) является важной составной частью экокапитала. Вообще вода – главный ресурс жизни, поэтому вода бесценна. Но то, что бесценно автоматически становится бесплатным. Человек до недавнего времени относился к воде как бесплатному дару природы. Однако все должно иметь свою стоимость, даже если она субъективна.

Теперь формируется рынок воды. Водный бизнес составляет величину порядка 500 млрд долларов [5]. Цены на нем для разных видов водных услуг, естественно, разные. Использовать их при расчете водного капитала затруднительно. Кроме того, на основе рынка не удастся рассчитать такие составляющие национального богатства, как человеческий и социальный капитал.

Поэтому представляется необходимым рассмотреть водный капитал как часть национального богатства, используя при его расчете величину «структурные деньги».

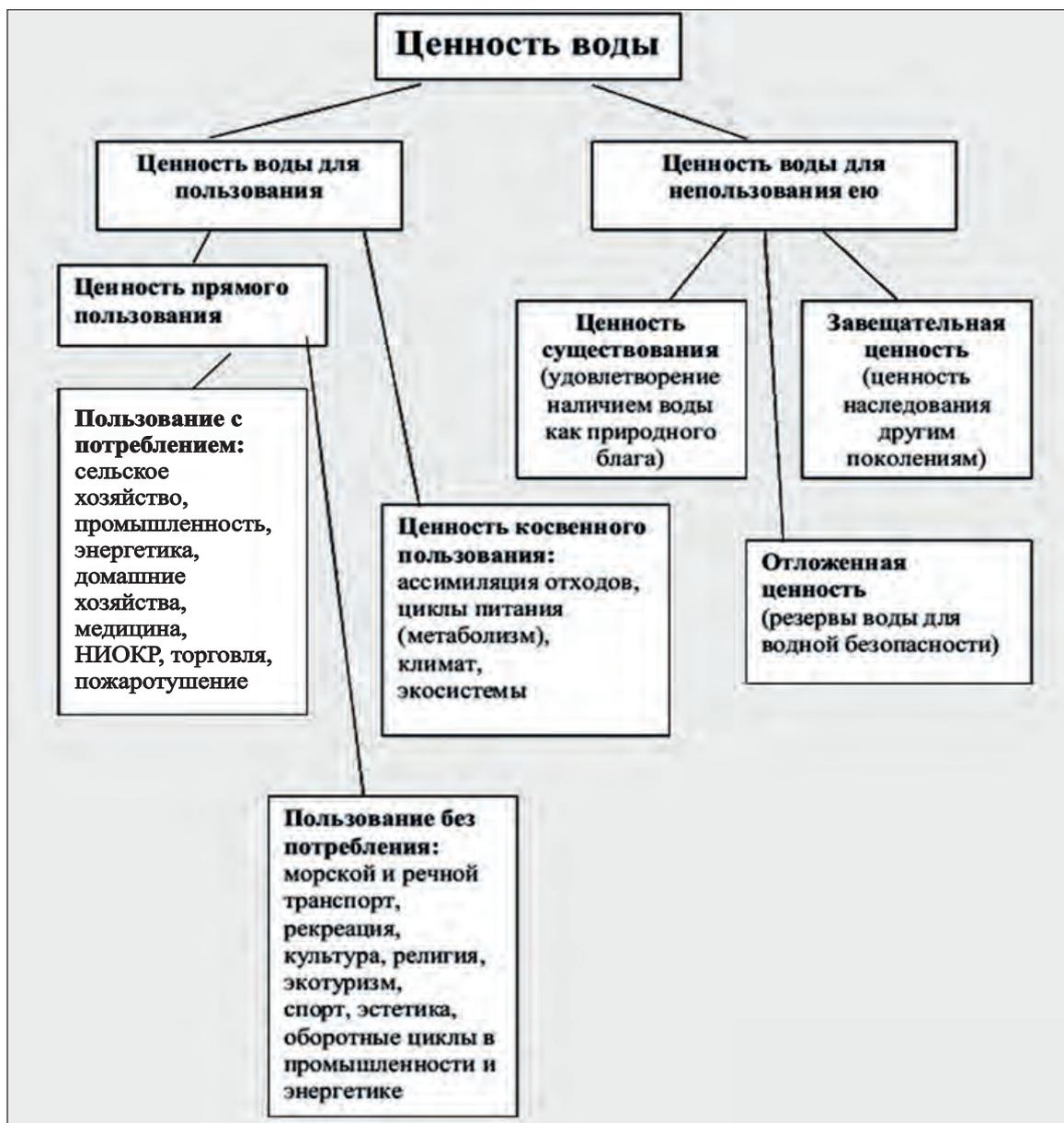
Национальное богатство – потенциал развития страны. Важна реализация этого потенциала. Богатейшая по природным ресурсам Россия находится, тем не менее, по величине ВВП (характеристика реализации потенциала ресурсов) в конце второй сотни мирового рейтинга. Это так называемое «ресурсное проклятие» обусловлено низкой эффективностью реализации потенциала развития. Поэтому актуальна не только оценка капитала (потенциала) водных ресурсов, но и анализ условий, при которых потенциал реализуется.

Водный капитал имеет как утилитарную ценность (для практического использования), так и непреходящую – как благо на все времена (см. рисунок) [5]. При практическом использовании надо иметь в виду непреходящую ценность водных ресурсов, учитывающую интересы будущих поколений. Гуманизация окружающей среды [6] означает создание наиболее благоприятных условий для проживания человека. Этим определяется политика использования водных ресурсов. Должен быть найден баланс между их эксплуатацией и эколого-восстановительными мероприятиями.

Необходимо, с одной стороны, контролировать оптимальное использование водных ресурсов (в частности, через индекс эксплуатации водных ресурсов ИЭВР [5]). С другой – на основе экохозяйственной деятельности (посадка лесов,

---

<sup>1</sup> Владимир Степанович Голубев – главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, д.г.-м.н., к.х.н., e-mail: v.s.golubev@bk.ru  
Александр Михайлович Тарко – главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, профессор, д.ф.-м.н., e-mail: tarko@bmail.com



Источник: [5].

Рис. 1. *Ценность воды*

аквафермы, заповедное дело и др. [7]) и технических мероприятий (очистка воды) добиваться устойчивого состояния, при котором капитал водных ресурсов не уменьшается.

**Экокапитал и водный капитал:  
методика расчета**

Истинная (нерыночная) стоимость природного капитала (в том числе водного) человеку

неизвестна и никогда не будет известна. Ибо для этого потребовалось бы рассчитать работу природы по его формированию, что не представляется возможным. Несомненно, однако, что у природного капитала имеется определенная стоимость, которая со временем возрастает. Поэтому целесообразно ввести и обосновать некоторую согласованную «условную» его стоимость.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

С этой целью нами вводится понятие «структурные деньги» [4]. С их помощью предлагается оценивать составляющие национального богатства, не поддающиеся непосредственной оценке: человеческий, социальный, природный, культурный капиталы.

Рыночный метод расчета природного капитала, который обычно используется при расчетах национального богатства [8], подвержен стихии рынка. Например, падение цены на нефть означает, согласно рыночному методу, уменьшение национального богатства нефтедобывающих стран. Это, по меньшей мере, странно: запасы и добыча нефти остались на прежнем уровне, то же касается работы природы по формированию нефтяных залежей и человека по добыче нефти, а национальное богатство уменьшилось.

Альтернативой рыночному методу является затратный (эргатический), основанный на расчете работы природы (Дж) по формированию природного капитала [1]. В данной работе применяется промежуточный рыночно-эргатический метод, основанный, с одной стороны, на рыночной величине ВВП (долл.), а с другой – на системе ценностей и приоритетов социумов.

Данный метод уже использовался применительно к национальному капиталу стран мира [1-4]. При этом вводится допущение о равенстве максимальных среди стран мира значений производства разных составляющих национального богатства как потенциальных факторов гармонического развития. Указанный подход на настоящий момент не имеет альтернативы применительно к тем ресурсам, которые не вовлечены в рыночный оборот. Но и применительно к природным ресурсам, вовлеченным в рынок, он представляется более предпочтительным, чем чисто рыночный. Ибо величина ВВП менее подвержена рыночной стихии, чем цены на нефть, металлы и др.

Учтем следующие главные составляющие удельного экокапитала ( $УЭК$ ) (в расчете на одного человека): географическую территорию (площадью  $S$ ), площадь лесов ( $S_l$ ), площадь сельхозземель ( $S_2$ ) и объем (массу) пресной воды ( $M$ ). Тогда для величины экокапитала запишем следующим образом:

$$УЭК = aS + bS_l + cS_2 + eM, \quad (1)$$

где  $a, b, c, e$  – постоянные коэффициенты. Преобразуем выражение (1):

$$УЭК = aS_{max} (I_{\partial_1} + I_{\partial_2} + I_{\partial_3} + I_{\partial_4}) \quad (2)$$

причем частные индексы экокапитала  $I_{\partial}$  будут равны:

$$I_{\partial_1} = S/S_{max} \quad (3)$$

$$I_{\partial_2} = S_l/S_{lmax} \quad (4)$$

$$I_{\partial_3} = S_2/S_{2max} \quad (5)$$

$$I_{\partial_4} = M/(M_{max}) \quad (6)$$

Причем индекс  $max$  относится к максимальным значениям соответствующих величин среди всех стран мира. При этом условно допускается равноценным иметь максимальные значения частных экокапиталов, то есть:

$$aS_{max} = bS_{lmax} = cS_{2max} = eM_{max} \quad (7)$$

Далее, как принято в разработанной нами методике [1-4], полагаем равноценным иметь как максимальное значение экокапитала, так и физического капитала ( $\Phi$ ) или:

$$УЭК_{max} = 4aS_{max} = \Phi_{max} \quad (8)$$

причем

$$\Phi_{max} = (ВВП)_{max} T_{\phi}, \quad (9)$$

где  $T_{\phi}$  – среднее время «жизни» ВВП (принимается 25 лет) [1-4].

Формула (8), и ей подобные [1-4], является главным допущением, без которого рассчитать абсолютное значение экокапитала невозможно (также как человеческого, социального и других капиталов). Ибо нам неизвестна истинная цена компонентов экокапитала. Приходится вводить на этот счет определенные допущения и согласовывать их на международном уровне. В данном случае полагается, что одинаково ценно иметь как максимальное значение физического капитала, так и экокапитала. Благоприятная среда обитания также важна как и материальные условия жизни. При этом величина  $УЭК$  выражается в «структурных деньгах» [4].

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

В итоге имеем следующую расчетную формулу для индекса экапитала:

$$I_{\text{э}} = 1/4 (I_{\text{э}_1} + I_{\text{э}_2} + I_{\text{э}_3} + I_{\text{э}_4}) \quad (10)$$

и для удельного экапитала (долл./чел.):

$$УЭК = (ВВП)_{\text{max}} T_{\phi} I_{\text{э}} \quad (11)$$

Экапитал (долл.) страны будет равен:

$$ЭК = (УЭК) N, \quad (12)$$

где  $N$  – численность населения страны.

На основе (10, 11) имеем следующую расчетную формулу для удельного водного капитала:

$$УВК = 1/4 (ВВП)_{\text{max}} T_{\phi} I_{\text{э}_4} \quad (13)$$

Экапитал, а, следовательно, и водный капитал является составной частью качества жизни: чем он больше, тем выше качество жизни. По аналогии с (10) находится уравнение для расчета индекса качества жизни  $I$  [2-4]:

$$I = 1/4 (I_{\phi} + I_{\text{ч}} + I_{\text{с}} + I_{\text{э}} + I_{\text{н}}), \quad (14)$$

где суммируются индексы физического капитала ( $\phi$ ), человеческого ( $\text{ч}$ ), социального ( $\text{с}$ ), эко- ( $\text{э}$ ) и палеокапитала ( $\text{н}$ ).

### Капитал водных ресурсов России и стран мира: данные расчетов

Индекс водного капитала рассчитывается по формуле (6). Учитывая данные предыдущих расчетов природного капитала, имеющиеся в опубликованных материалах [1], выберем следующие страны: Канада, Люксембург, США, Франция, Великобритания, Германия, Бразилия, ЮАР, Индия, Китай, Россия, Беларусь.

Для расчета потребуется найти по статистическим данным величину  $M$  для этих стран и из этих данных задать  $M_{\text{max}}$ . По данным Всемирного банка, за величину  $M$  приняты возобновимые внутренние пресноводные ресурсы на душу населения ( $\text{м}^3/\text{чел.}$ ) в ряде стран мира за 2013 г. (за 2014 г. данные неполные, поэтому они не использовались). Из перечисленных стран наибольшее значение  $M$  у Канады –  $81062 \text{ м}^3/\text{чел.}$  Данные расчета индекса  $I_{\text{э}_4}$  водного капитала приведены в табл. 1.

Удельный водный капитал (в расчете на чел.) находился по формуле (13). При этом за величину  $(ВВП)_{\text{max}}$  брался, как и ранее [1-4], ВВП Люксембурга, равный в 2013 г.  $91048 \text{ долл./чел. год}$  (с учетом паритета покупательной способности, по данным Всемирного банка). На основе проведенных расчетов установлен рейтинг данных стран (первый столбец в табл. 1) по  $I_{\text{э}_4}$  и УВК (они совпадают).

Таблица 1

**Статистические данные по запасам пресной воды ( $M$ ), расчетные данные по индексу ( $I_{\text{э}_4}$ ) и величине водного капитала ( $УВК$ )**

Рейтинг	Страна	M ( $\text{м}^3/\text{чел.}$ )	I <sub>э<sub>4</sub></sub>	УВК (долл./чел.)
1	Канада	81 062	1,000	569 047
2	Россия	30 054	0,371	210 978
3	Бразилия	27 715	0,342	194 555
4	США	8 904	0,110	62 503
5	Белоруссия	3 930	0,048	27 587
6	Франция	3 034	0,037	21 297
7	Великобритания	2 262	0,028	15 878
8	Китай	2 072	0,026	14 548
9	Люксембург	1 840	0,023	12 919
10	Германия	1 327	0,016	9 314
11	Индия	1 130	0,014	7 933
12	ЮАР	843	0,010	5 916

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Таблица 2

**Водный капитал ряда стран и его доля по отношению к национальному и природному капиталу**

Рейтинг по УВК	Страна	УВК (долл./чел.)	УВК/УНК	УВК/УЭК + УПК
1	Канада	569047	0,0650	0,338
2	Россия	210978	0,0499	0,252
3	Бразилия	194555	0,0310	0,364
4	США	62503	0,0083	0,213
5	Беларусь	27587	0,0069	0,212
6	Франция	21297	0,0031	0,426
7	Великобритания	15878	0,0023	0,529
8	Китай	14548	0,0030	0,205
9	Люксембург	12919	0,0017	0,323
10	Германия	9314	0,0014	0,245
11	Индия	7933	0,0014	0,294
12	ЮАР	5916	0,0017	0,016

На основе данных табл. 1 можно выделить условно три группы стран. Первая – Канада, Россия, Бразилия с максимальным значением удельного водного капитала в сотни тысяч долл./чел.; вторая – США, Белоруссия, Франция, Великобритания, Китай, Люксембург со средним значением водного капитала в десятки тысяч долл./чел.; третья – Германия, Индия, ЮАР с минимальным значением водного капитала в тысячи долл./чел.

Используя ранее полученные данные по величинам национального капитала УНК и природного капитала УПК [1], рассчитываем долю водного капитала в национальном богатстве (УВК/УНК) и в природном капитале (УВК/УЭК + УПК) (табл. 2).

По отношению (УВК/УНК) только Канада, Россия и Бразилия имеют величины порядка нескольких процентов, остальные страны – лишь десятые доли процента. Эти три страны наиболее богатые по водному капиталу. По отношению УВК/(УЭК + УПК) особой закономерности не просматривается. Особняком стоит лишь ЮАР из-за относительно большого палеокапитала (запасы полезных ископаемых).

### Стоимость водного капитала в «структурных деньгах» и рыночная стоимость

На основе (6, 13) имеем формулу для расчета стоимости водного капитала  $S$  в «структурных деньгах»:

$$S = (ВВП)_{max} T_{\phi} / 4 M_{max} \quad (15)$$

Расчет по (15) дает  $S = 7$  долл./м<sup>3</sup>. Эта величина совпадает по порядку величины с тарифом водопроводной воды в некоторых городах мира. Так, в Копенгагене этот тариф максимален и равен 8,69 долл./м<sup>3</sup>. В Москве он существенно ниже – 0,82 долл./м<sup>3</sup> [7]. Что касается торговли водой, то единого тарифа на воду нет. Так, по данным Интернета, Израиль покупает у Турции воду за 0,7 долл./м<sup>3</sup>.

Расчетная величина  $S$  интересна с точки зрения обоснования рыночной цены на пресную воду. Последняя существенно больше  $S$ , поскольку учитывает расходы на добычу и транспортировку воды. Отметим при этом следующее. Учет стоимости воды в естественном состоянии («природной стоимости») имеет важное значение для экологии, показывая тем самым, что вода не является бесплатным даром природы. Если вода бесплатная, не имеет стоимости, то тогда отсутствуют стимулы к ее бережному использованию.

### Заключение

По воспроизводимому природному капиталу Россия занимает первое место в мире [1]. Поэтому Россия, по существу, является мировой экодержавой. Существенна при этом роль капитала водных ресурсов. С одной стороны,

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

эти ресурсы – необходимое условие существования биосферы и человека, с другой – важно их экологическое значение. Требуется комплексное отношение к водным ресурсам: не только с позиций охраны и защиты, но и с позиций гармоничного развития человека, роста человеческого капитала, включая капитал здоровья, интеллекта и духовности [1-4].

Важный аспект проблемы – улучшение качества имеющихся водных ресурсов, что осо-

бенно актуально для России. Так, по мнению чл.-корр. РАН В.И. Данилова-Данильяна, экспорт пресной воды из России нецелесообразен по ряду причин, в том числе из-за низкого качества воды. Но еще большее значение имеет улучшение качества воды для потребления в самой стране и для целей оздоровления среды жизнеобитания. Несомненно оздоровительное и эстетическое значение водного пространства жизни.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуев В.В., Голубев В.С. *Эргодинамика – экоразвитие – социогуманизм*. М.: ЛЕНАНД, 2010.
2. Бушуев В.В., Голубев В.С. *Основы эргодинамики*. М.: Энергия, 2003. 2-е изд. М.: ЛЕНАНД, 2012.
3. Бушуев В.В., Голубев В.С., Орлов И.Б. *Введение в системную теорию капитала*. М.: ЛЕНАНД, 2013.
4. Бушуев В.В., Голубев В.С., Тарко А.М. *Структурная энергия как потенциал развития. Мир и Россия*. М.: ЛЕНАНД, 2014.
5. Перелет Р. *Водная экономика и политика // Международная экономика*, 2009, № 1. С. 72-77.
6. Бушуев В.В., Голубев В.С. *Человек и время в эволюционирующем мире*. М.: ЛЕНАНД, 2014.
7. Голубев В.С. *Введение в синтетическую эволюционную экологию*. М.: Папирус Про, 2001.
8. *The Changing Wealth of Nations. Measuring Sustainable Development in the New Millennium*. Washington, World Bank, 2011.
9. Перелет Р. *Вода: экономика и политика / Экология, политика и гражданское общество*. Яблоко, 2014. С. 121-137.

Поступила в редакцию  
17.02.2016 г.

V. Golubev, A. Tarko<sup>2</sup>

### WATER CAPITAL: RUSSIA AND COUNTRIES OF THE WORLD

The developed methodology and the calculations reproducible natural capital (elcapitano) and its core component – the water capital of the countries of the world. Water determined the share of capital in the General wealth of the country. Set the objective value of the water capital «structural money» and compared to market value.

*Key words:* ekoKapital, water capital, «structural money», the value of water, capital water resources.

---

<sup>2</sup> Vladimir S. Golubev – chief researcher of the Federal research centre «Informatics and management» of the RAS, Doctor of Geology, PhD in Chemistry, e-mail: v.s.golubev@bk.ru;

Alexander M. Tarko – chief researcher of the Federal research centre «Informatics and management» of the RAS, Professor, Doctor of physical-mathematical sciences, e-mail: tarko@bmail.com

УДК 621.22 (100+470+571)

Д.А. Соловьев<sup>1</sup>

## **МИРОВОЙ РЫНОК ВОДНЫХ РЕСУРСОВ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И РОЛЬ РОССИИ**

В работе выполнен общий анализ современных особенностей формирования глобальных энергетических рынков водных ресурсов. Показан международный характер глобальной водной проблемы и роль России в ее решении. Предложены возможные сценарии реализации потенциала водных ресурсов России в рамках глобального водного рынка в контексте развития энергетической инфраструктуры Евразии до 2030 г. и на перспективу до 2050 года.

*Ключевые слова:* гидроэнергетика, гидроэнергетические ресурсы, водные ресурсы, торговля водой, спрос на воду.

Проблема исчерпания ресурсов доступной пресной воды сегодня все острее стоит не только для водоемких стран Европы, Азии и Африки, но и для стран с традиционно высоким уровнем водного обеспечения на душу населения, в том числе и России [1, 2]. Данная проблема стоит в одном ряду с уже существующим набором социальных и экологических проблем, значение которых с каждым годом все более обостряется.

Большинство пресноводных водоемов и рек являются наиболее уязвимыми от техногенного воздействия природно-технических систем, под которыми понимаются любые инженерные сооружения (включая транспорт), взаимодействующие с окружающей средой. Постоянно наблюдаются изменения физических, химических и биологических свойств воды в связи со сбросом в водоемы жидких, твердых и газообразных веществ промышленными предприятиями и водным транспортом. Таким образом, вода в них становится опасной для использования.

Во всем мире уровень использования пресной воды непрерывно увеличивается, а в некоторых странах уже сейчас достигает своего предельного уровня (рис. 1). В этих странах очищенные сточные воды, которые попадают в гидрологические сети, сразу же отбираются для повторного использования потребителями.

В настоящее время мировое изъятие воды на различные нужды человечества приближается к 10% от ее общего запаса на планете. К 2050 г. эта цифра, по некоторым прогнозам, может вырасти до 20% и более.

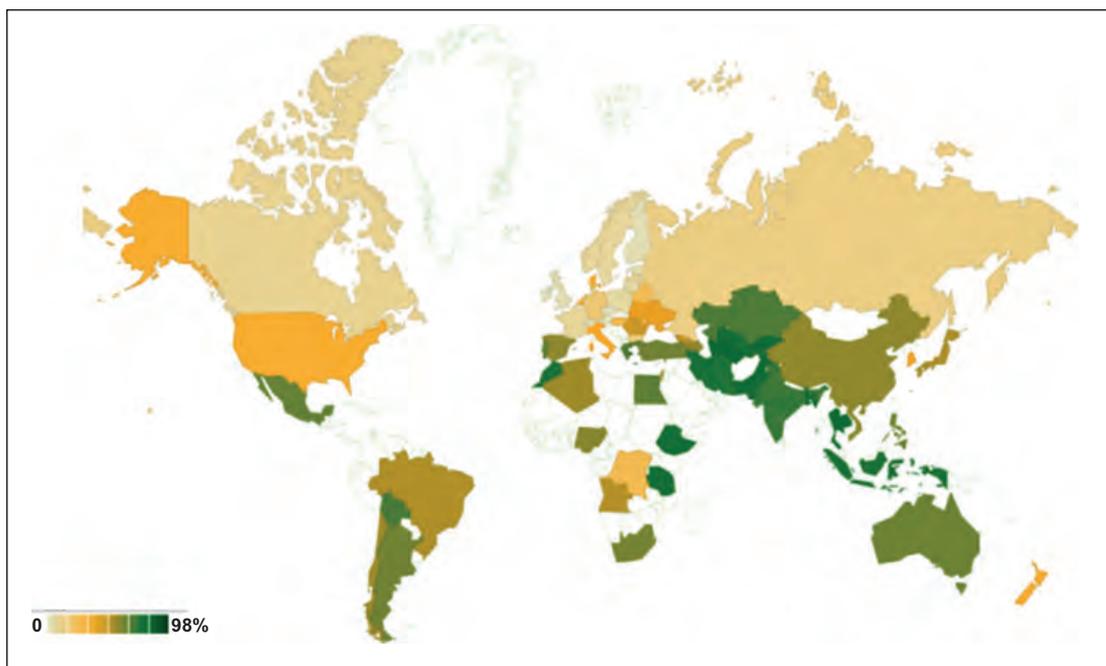
Проблемы нехватки воды и загрязнения окружающей среды нанесут значительный ущерб экономической эффективности ключевых игроков мирового энергетического рынка. При этом экономический ущерб будет расти, если страны не имеют достаточного снабжения чистой водой для получения электроэнергии, или для поддержания и расширения производства и добычи энергоресурсов. Гидроэнергетика является важным источником электроэнергии в развивающихся странах. Более чем в 15-ти развивающихся странах она дает 80 и более процентов от всей их производимой электроэнергии, и спрос на воду для поддержания всех форм производства электроэнергии и производственных процессов неуклонно растет.

По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в отсутствие новой политики (то есть при базовом сценарии), наличие доступной пресной воды будет сокращаться вплоть до 2050 г., при этом более 2,3 млрд человек (в общей сложности более 40% мирового населения), по прогнозам, будет жить в местах, подверженных сильной нехватке воды, особенно в Северной и Южной Африке, Южной и Центральной Азии. Глобальный спрос на воду с точки зрения водозабора, по прогнозам, увеличится на 55% в связи с растущим спросом со стороны производства (400%), производство электроэнергии на тепловых электростанциях (140%) и для домашнего использования (130%) (рис. 2).

---

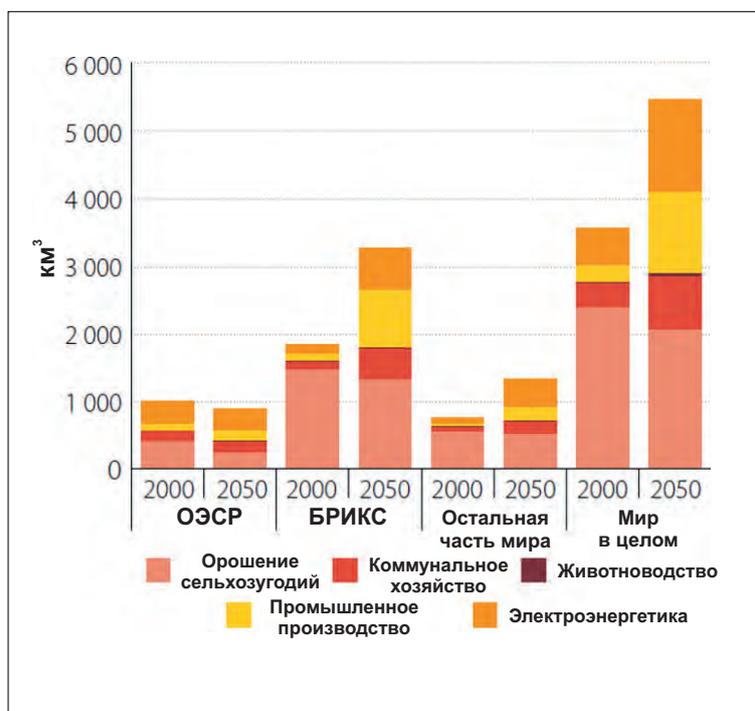
<sup>1</sup> Дмитрий Александрович Соловьев – старший научный сотрудник Объединенного института высоких температур (ОИВТ) РАН, к.ф.м.н., e-mail: solovev@guies.ru

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ



Источник: [3].

**Рис. 1. Среднегодовое использование пресной воды по странам мира  
(в процентах от общего ресурса пресной воды в среднем на душу населения)**



Источники: [4, 5].

**Рис. 2. Глобальный спрос на воду (забор пресной воды) – базовый сценарий, 2000 и 2050 гг.**

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

По оценкам ряда экспертов, в ближайшее время не будет создано революционных технологий в использовании воды энергетике, что привело бы к снижению промышленного спроса на воду.

В тоже время новые водные энергетические технологии будут иметь важное влияние на запасы пресной воды и спрос на нее в ближайшие 30 лет. Однако эти изменения будут скорее эволюционными, а не революционными, в соответствии с объемом выделяемого на эти технологии финансирования.

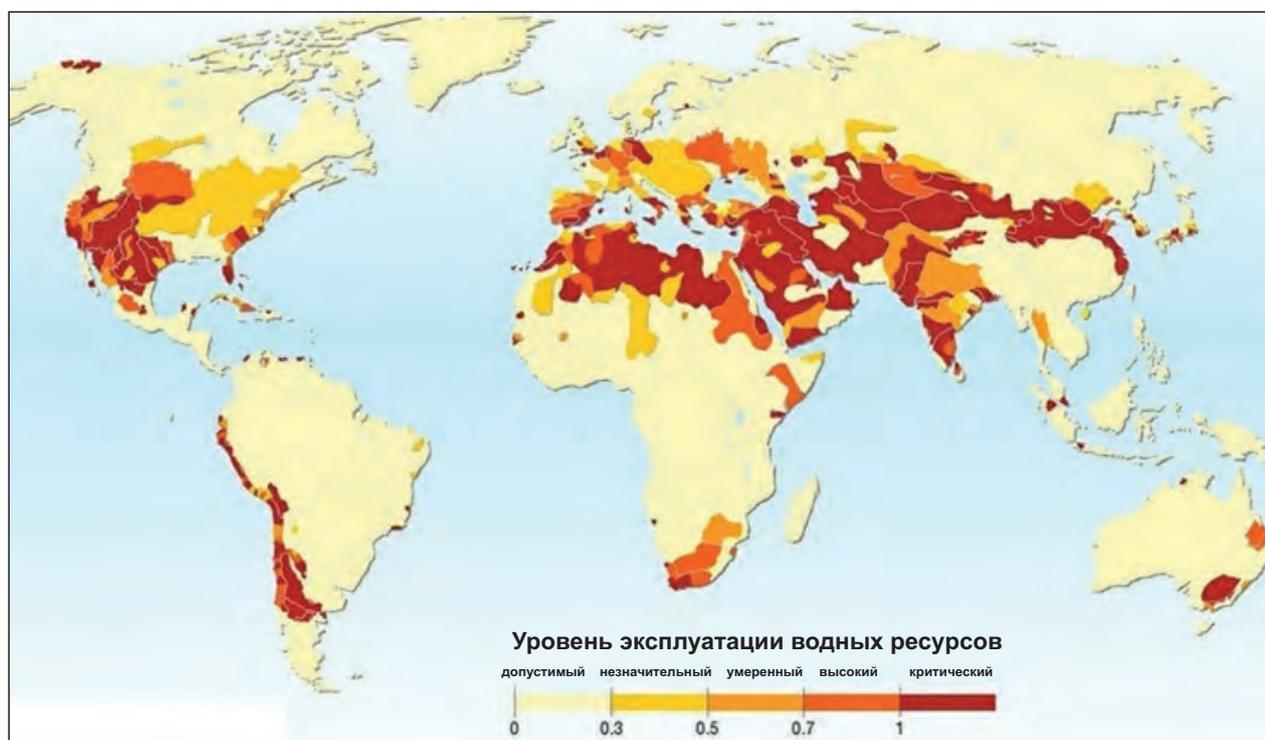
Расширение использования водных энергетических технологий в будущем даст возможность существенно снизить долю углеводородной составляющей в мировом энергетическом балансе и будет способствовать формированию глобального рынка водных ресурсов.

Бурный рост численности населения и экономики развивающихся стран является главной причиной роста цен на мировых сырьевых рынках. Для водных ресурсов основными факторами роста потребления являются: индустриализация развивающихся стран (рост потребления воды в энергетике и промышленности), глобаль-

ная урбанизация (рост городского водопотребления) и усиливающийся глобальный дефицит продовольствия (рост водопотребления в агропромышленном секторе).

Приведенные на рис. 3 данные свидетельствуют о том, что во многих регионах спрос на потребление воды уже существенно превышает возможности ее восстановления и, соответственно, снабжения. Во многих странах вода уже стала тормозом экономического роста. Например, согласно докладу Всемирного банка, низкая обильность осадков в Эфиопии сказывается на сокращении экономического роста страны более чем на 30%.

За последние 100 лет, по данным Стокгольмского международного института воды (Stockholm International Water Institute (SIWI)), население планеты выросло с 1,6 до 6 млрд человек, в свою очередь водозабор увеличился с 500 до 3800 км<sup>3</sup>. Это говорит о превышении темпов роста потребления воды над демографической составляющей. При этом ежегодный прирост населения планеты составлял около 2%, а потребления пресной воды – около 3%.



Источники: [6, 7].

Рис. 3. Уровень эксплуатации мировых водных ресурсов

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

По оценкам специалистов SIWI, разрыв между водоснабжением и спросом на воду прогнозируется на уровне 40% в 2030 г., при этом мировой спрос на питьевую воду может увеличиться на 70%.

В мире к настоящему моменту уже сформировался целый ряд инвестиционно-привлекательных региональных рынков для осуществления инвестиций в производство и поставку пресной воды с точки зрения доступности водных ресурсов и платежеспособности населения. Разработан специальный индекс «венчурный водный индекс» – In Venture Water Index (IVWI), который объединяет четыре базовых показателя, характеризующих привлекательность региона с точки зрения развития систем водообеспечения (рис. 4).

Хотя этот показатель не учитывает множество факторов, начиная от региональных особенностей доступа к природным ресурсам и заканчивая отдельными элементами инвестиционного климата стран.

Расчеты индекса показывают [8], что среди наиболее перспективных стран, на которые стоит обратить внимание инвесторов, можно выделить: ОАЭ, Катар, Бахрейн, Саудовскую Аравию, Израиль, Иордан, Оман, Йемен, Ливию, Мавританию и др.

На сегодняшний день годовой оборот мирового рынка пресной воды оценивается около 450-500 млрд долларов. По данным World Water Council [9], общие расходы на добычу и хранение воды составляют около 80 млрд долл. и в ближайшие 20 лет должны увеличиться в 2 раза.

Данные прогнозов изменения цены на воду показывают, что они имеют устойчивую тенденцию к росту, однако, в отличие, например от ТЭР, объемы спроса на воду будут меньше подвержены рыночной конъюнктуре [10, 11].

Страны, обладающие запасами различных ценных природных ресурсов, сегодня активно обсуждают возможности заключения бартерных сделок со странами-донорами водных ресурсов. В качестве примера можно привести переговоры Ирана с Таджикистаном о поставках воды в обмен на нефть и инвестиции в нефтеперерабатывающий завод. Как известно, Таджикистан контролирует 2/3 водных ресурсов Центральной Азии.

Расчеты IVWI и анализ складывающейся рыночной конъюнктуры позволяет сделать вывод, что вода уже перестала быть легкодоступным ресурсом, а водная промышленность представляет собой огромный по объему рынок, который можно сравнивать с нефтегазовой сферой и производством электроэнергии. Так, около



Рис. 4. Показатели «венчурного водного индекса»

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

400 публичных компаний, задействованных в сфере водообеспечения, имеют рыночную капитализацию более 1 трлн долларов. Все это усиливает инвестиционную привлекательность воды как товара, активно торгуемого на фондовых рынках. Следовательно, вместе с ростом цен на воду будут расти и акции компаний, деятельность которых, так или иначе, связана с переработкой, поставкой и производством воды.

С 2010 г. начали активно формироваться биржевые фонды Exchange-Traded Funds (ETF), которые целенаправленно инвестируют в водную индустрию. В портфелях управляющих компаний сосредоточены акции коммунальных предприятий – поставщиков питьевой воды, производителей водного оборудования и компаний, занимающихся очистными сооружениями, а также других инфраструктурных компаний, обеспечивающих водой промышленные предприятия и сельское хозяйство. Конкуренцию хедж-фондам в водной отрасли составляют так называемые паевые инвестиционные фонды (Mutual Water Funds). Самые крупные из них находятся в Европе.

Среди наиболее известных и успешных игроков на рынке водных активов можно выделить следующие управляющие компании: Pictet Funds GmbH (Pictet – Water), Invesco

Power Shares Capital Management LLC (Power Shares Global Water Portfolio), Guggenheim Funds Investment Advisors LLC (Guggenheim S&P Global Water Index ETF), Black Rock Asset Management Ireland LLC (iShares S&P Global Water), Calvert Investments, Inc (Calvert Global Water Fund), First Trust Advisors LP (First Trust ISE Water Index Fund).

Инвестиции в водный сектор затрагивают четыре основных направления (рис. 5). Инвестировать в водный сектор можно покупая земли, на которых расположены водные запасы, акции компаний, владеющих большими водными источниками, акции компаний, создающих технологии очистки и регенерации воды. Есть смысл покупать компании, осуществляющие поставку и очистку воды (стоимость водоснабжения даже в США растет примерно на 6% в год). Для портфельных инвесторов существуют ETF, которые инвестируют в связанные с водой бизнесы.

Инвесторами выступают мировые фонды, частные компании и международные финансовые организации. Международным институтом управления водными ресурсами (International Water Management Institute (IWMI)) уже реализовало более 90 инвестиционных проектов по повышению эффективности и доступности водных ресурсов, более 80-ти проектов находится

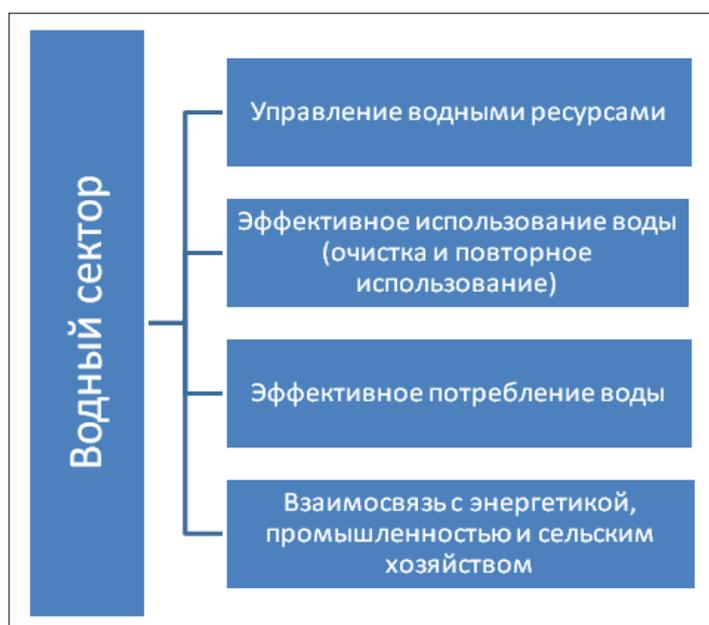


Рис. 5. Основные направления инвестиций в водный сектор мировой экономики

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

### Некоторые реализованные проекты IWMI [6]

Проект	Страны	Инвестор
Многokратное использование воды и ее потенциальная пригодность	Более 40 стран Азии, Африки и Европы	Bill and Melinda Gates Foundation via Winrock international
Рациональное использование водных ресурсов при производстве молока	Индия	Nestle
Безопасное использование сточных вод	Гана	Google Org
Расширение инфраструктуры по многократному использованию водных ресурсов	Эфиопия, Гана, Индия, Непал, Танзания,	Rockefeller Foundation
Сточные воды и повторное использование отходов	Камерун, Индия, Гана, Камбоджа, Непал	Bill and Melinda Gates Foundation via Winrock international
Изучение тяжелых металлов в орошаемом земледелии Южной Азии	Таиланд	USDA (United States Department of Agriculture)
Поддержка проектов водно-болотных угодий	Эфиопия, Шри-Ланка	UNRES

в стадии реализации. Примеры некоторых реализованных проектов, по данным IWMI, представлены в таблице.

Растущее потребление водных ресурсов и их постепенное исчерпание станет стимулом для активного формирования рынка воды. К 2030 г. объем водопотребления Китая приблизится к объемам запасов воды в стране. К 2070 г., по информации Еврокомиссии, большинство стран ЕС будет страдать от сильных засух. Значительный рост цен на воду обеспечит покрытие транспортных издержек и положит начало масштабной торговле водой.

Для экономически приемлемой транспортировки воды необходима ее существенная дополнительная оценка как минимум в несколько раз. Примеры стремительного роста цен на сырьевых рынках известны: в 1973 г. цены на нефть выросли в четыре раза всего за 6 месяцев. Зависимость от нефти как от стратегического ресурса, необходимого для функционирования и развития экономики, тогда стала очевидна.

Дефицитность водных ресурсов пока не достигла уровня, грозящего глобальным экономическим кризисом, и стабильные поставки воды не являются вопросами продовольственной или экономической безопасности в глобальном масштабе. Поэтому мировую экономику нельзя назвать в полном смысле слова «водозависимой», по аналогии с ее энергозависимостью. Но судя

по скорости нарастания проблем водообеспеченности, данная перспектива приобретает все более ясные очертания.

Очевидным следствием этой перспективы является появление мощных стимулов для развития интегральных групп водных технологий: интенсивного водопользования, водосберегающих (например, эффективные технологии ирригации), производственных (обессоливание морской воды) и технологий хранения, очистки и транспортировки воды.

На мировом рынке сектор технологий интенсивного водопользования – водоэффективных, водосберегающих и водоохраных – будет все активнее развиваться и расширяться по мере усиления глобального водodefицита. Эти технологии основаны на использовании широкого спектра веществ «высокой» химии и управляющих информационно-вычислительных систем, продавцами здесь будут развитые страны, обладатели патентов, лицензий, ноу-хау и другой интеллектуальной собственности, квалифицированных кадров, передовых высокоэффективных производств. В дополняющем его секторе водоемкой продукции продавцами могут выступать только страны, имеющие водные ресурсы в избытке по сравнению со своими внутренними потребностями. К ним принадлежит и Россия, уступающая лишь Бразилии по водообеспеченности.

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

Водные ресурсы все еще редко являются экспортным товаром. Тем не менее есть несколько частных примеров: одним из немногих широко известных и масштабных проектов такого рода является водопровод из Турции в Израиль, из Франции вода доставляется танкерами в Алжир. Проекты по перемещению пресной воды внутри национальных границ становятся все более масштабными. Повсеместно распространено строительство дамб и каналов. Известны давние примеры проектов по перемещению стока рек в США. Сегодня настоящим полигоном для таких проектов является Китай.

Обсуждаемый вопрос о возможности использования Китаем и государствами Центральной Азии богатых водных ресурсов сибирских регионов – чувствительная тема для всех сторон. Вероятнее всего, в силу растущего спроса на воду, огромной разницы ресурсных потенциалов и степени их освоения в странах-соседях, он будет подниматься вновь и вновь, несмотря на предостережения экологов.

Общие запасы воды в Китае составляют 2,8 трлн м<sup>3</sup> (6% от мировых), а годной к потреблению воды – 840 млрд м<sup>3</sup>. По запасам пресной воды Китай занимает 4-е место в мире, однако на душу населения приходится лишь 2300 м<sup>3</sup> воды (121-е место в мире). В 2004 г. среднедушевое потребление воды в Китае составило 427 м<sup>3</sup>. При этом среднедушевое суточное потребление воды в городах составило 212 л, в селах – 68 л. Уже сегодня годовой дефицит воды составляет 30-40 млрд м<sup>3</sup>. С учетом роста численности населения и интенсивной урбанизации как удельные, так и абсолютные величины водопотребления будут стремительно увеличиваться.

Интенсивность использования водных ресурсов в Китае имеет свои пределы, что делает потенциально возможным экстенсивное вовлечение других ресурсов, расположенных вне Поднебесной. По прогнозу Министерства водного хозяйства КНР, к 2030 г. среднедушевой объем водных ресурсов в стране может снизиться с нынешних 2200 м<sup>3</sup> (это меньше трети от среднемирового показателя) до отметки не выше 1800 м<sup>3</sup>, а общий объем потребности Китая в воде сравняется с объемом доступных для освоения в стране водных ресурсов. К этому мо-

менту вопрос об использовании водных ресурсов Сибири Китаем уже будет на повестке дня в какой-либо форме. Варианты его разрешения могут быть различными, но наиболее мягкий и взаимовыгодный сценарий требует внимания уже сегодня.

Экономическое развитие государств Центральной Азии также зависит от решения проблем с водой. Климатические условия и неэффективные оросительные технологии в хлопководстве – основной отрасли специализации экономики – делают Узбекистан и Туркменистан странами с самым высоким душевым потреблением воды. Несмотря на убывающие ресурсы воды, Туркменистан заявлял о своих планах по удвоению производства хлопка в следующем десятилетии. Это одна из причин вновь возродивших дискуссий о переброске вод из бассейна Оби в бассейны Сырдарьи и Амударьи.

Один из актуальных сегодня вопросов для России, Китая и Казахстана в сфере управления трансграничными водными объектами касается китайского проекта строительства канала Черный Иртыш – Каратай. Проектируемый КНР канал будет забирать 20% годового стока Черного Иртыша, что может вызвать обмеление Иртыша и проблемы с водообеспечением некоторых регионов Казахстана и России, где он протекает. В Казахстане, в бассейне Иртыша, проживают 2,5 млн человек, в России – больше миллиона. Сегодня на китайской территории используется около 10% иртышского стока. До 2020 г. Китай планирует увеличить отъем из Черного Иртыша еще на 1-1,5 км<sup>3</sup> воды в год. С учетом современного водоотъема общий забор составит примерно четверть от пограничного стока Черного Иртыша.

Для обеспечения «мягкого» сценария решение этих вопросов целесообразно проводить в многостороннем формате. Очевидно, что перед Россией, Китаем и государствами Центральной Азии стоит ряд водных вызовов, которые должны решаться комплексно. Многосторонний формат позволит уравновесить политический и экономический вес этих государств – Китая как крупнейшего потребителя с мощнейшей экономикой, России как обладателя крупнейших и нерезализованных ресурсов и, наконец, центрально-азиатских государств во главе с Казахстаном

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА XXI ВЕКА: РОССИЯ И МИРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

---

как наиболее крупной и динамично развивающейся экономики из этой группы стран. Задача для России в этой ситуации – предупредить риски от истощительной эксплуатации трансграничных водных объектов в Китае и Центральной Азии и одновременно реализовать потенциал сибирских вод с минимальными экологическими и политическими рисками.

Отказ или замедление в выработке сценария совместного освоения водных ресурсов, взаимовыгодного и учитывающего разности потенциалов, может иметь негативные последствия для нашей страны. Адекватную платформу для этой работы представляют собой, например, структуры Шанхайской организации сотрудничества при условии наполнения их соответствующей повесткой дня.

В 2014 г. вопрос о создании в долгосрочной перспективе рынка водных ресурсов в Центральной Азии может быть выдвинут на обсуждение стран региона. Водное сотрудничество в Центральной Азии находится сегодня не на должном уровне, страны региона не получают те выгоды, которые могли бы получить. Более того, водная проблема наносит нашим странам определенный ущерб. В отчете ООН о человеческом развитии в Центральной Азии за 2006 г. говорится, что страны региона в связи с ненадлежащим сотрудничеством в водной сфере ежегодно теряют более 1,7 млрд долларов.

Рынок водоемкой продукции – это рынок продукции, а не сырья. Для эффективного участия страны в качестве продавца на этом рынке одних запасов природного ресурса мало – необходимо и использующее его производство, а не только добыча и транспортировка сырья. Используемый ресурс, то есть пресная вода, – воспроизводимый, неиссякающий (естественно, при выполнении водоохранных правил, соблюдении гидрологических и экологических норм эксплуатации). Кроме того, этот ресурс в принципе незаменим никаким другим.

К весьма водоемким отраслям относятся все основные подотрасли электроэнергетики, и Россия имеет здесь весьма солидный технологический опыт и научный задел. Конечно, значительная часть оборудования на наших гидро- и теплоэлектростанциях морально устарела и физически изношена, но перспектива экспор-

та электроэнергии может послужить стимулом для обновления. Не стоит сбрасывать со счетов и экспортные возможности АЭС, для обеспечения полного цикла работы которых требуется использование водоемов – охладителей и башенных градирен, весьма затратных по объему отведения воды. Россия имеет колоссальные запасы угля, и весьма вероятно, что до появления принципиально новых электропроизводящих технологий они будут востребованы. Нет сомнений в том, что и ожидаемые новые электропроизводящие технологии будут также весьма водоемкими.

Как показано в Программе развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года, с точки зрения экономической целесообразности наиболее предпочтительной может стать интеграция значительной доли перспективных ГЭС РФ в глобальные электроэнергетические рынки [12]. Сопоставление стоимости производимой электроэнергии на объектах генерации за рубежом и в России показало конкурентное преимущество в цене отечественной электроэнергии, что помимо прочих экономических факторов связано и с высокой потенциальной доступностью водных ресурсов, используемых при ее производстве. Таким образом, доступность энергетических водных ресурсов и наличие неосвоенного гидроэнергетического потенциала будут способствовать перспективным ГЭС составить конкуренцию другим источникам энергии.

Перестройка структуры мировой экономики под давлением угрозы глобального водного кризиса формирует исключительно благоприятные условия для водообеспеченных стран, поскольку неизбежен рост спроса и цен на водоемкую продукцию. Экспортеры водоемкой продукции окажутся в положении, аналогичном тому, которое обеспечивает благоденствие нынешних монополистов на рынке сырьевых ресурсов. Воспользоваться этим шансом можно будет только при условии серьезной подготовки к развитию экспортных водоемких производств.

Одна из стратегических задач управления развитием российской экономики состоит в том, чтобы определить, какие отрасли наиболее перспективны в этом аспекте, создать благоприятные условия для их развития, синхронизирован-

ного с ожидаемыми неизбежными сдвигами на мировом рынке. Вполне вероятно, что именно производство водоемкой продукции, в том числе в энергетической отрасли, станет доминирующим направлением для российской экономики в условиях снижения цен на углеводородные энергоносители. Эти отрасли и должны стать драйверами развития высоких технологий, подготовки специалистов, создания новой транспортной и энергетической инфраструктуры.

Перейдем к наиболее вероятным возможным сценариям реализации потенциала водных ресурсов России в рамках глобального водного рынка. Как уже было отмечено, решение проблемы вододефицита будет идти в увязке с решением вопроса о дополнительной оценке этого водного сырья и созданием водного рынка или рынков – макрорегиональных или глобального – как механизма, регулирующего потребление дефицитного ресурса. Рынок не решает экологических проблем, но выстраивает новые отношения между потребителями.

Практическая актуализация водных ресурсов, как одного из глобальных факторов развития, будет усиливаться под влиянием следующих условий:

- возрастающая ограниченность ресурсов пресной воды и неравномерность их распределения между странами и регионами;
- рост экономической ценности воды, развитие глобального рынка водных ресурсов, технологий транспортировки и обработки воды.

Соответственно, будут осуществляться различные сценарии реализации потенциалов водных ресурсов [13]. Варианты развития ситуации связаны как с расширением ресурсной водной базы и изменением роли воды как фактора производства и стоимости активов, так и с фактором инвестиционной привлекательности территорий и сферой технологического развития.

В России сосредоточено около четверти мировых пресных поверхностных и подземных вод, а численность населения составляет лишь

2% от населения Земли. Кроме того, географическое распределение воды в нашей стране не совпадает с распределением населения, что влияет на способы реализации водных ресурсов. Актуализация водных ресурсов России, как фактора развития отдельных регионов, и групп регионов базируется на возрастающей дефицитности воды в соседних азиатских странах, низком уровне водоснабжения и водоотведения.

Исходя из вышесказанного, можно предложить три варианта условных сценария актуализации водных ресурсов России, которые будут реализовываться в различной временной и региональной перспективе.

*Вариант 1.* На фоне общего экономического роста будет происходить усиление эксплуатации водных ресурсов, вызванное повышением спроса на воду как на сырье или звено технологической цепочки. Этот процесс будет сопровождаться усилением нагрузки на окружающую среду и ограниченным внедрением экономически эффективных механизмов водопользования и экологических защитных механизмов.

*Вариант 2.* Усиление эксплуатации водных ресурсов, сопровождающееся дополнительной оценкой водных ресурсов. Этот сценарий также будет сопровождаться усилением нагрузки на окружающую среду и внедрением экономически эффективных механизмов водопользования и экологических защитных механизмов. Вода станет важным фактором ценовой конкурентоспособности товаров.

*Вариант 3.* Происходит формирование глобального (макрорегионального) сырьевого рынка воды. Бурное развитие торговли водными ресурсами с помощью различных технологий транспортировки (по трубопроводам, морскими танкерами, путем строительства каналов, ожижением электролизного водорода и т.д.). Вода станет важным фактором стоимости активов компаний и инвестиционной привлекательности регионов. Водные ресурсы станут одним из эквивалентов национального богатства, энергетических и финансовых ресурсов страны.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бушуев В.В. Кризис 2010-х гг. и новая энергетическая цивилизация. М.: Энергия, 2013, 272 с.
2. Отчет о НИР по лоту: «Исследование и разработка проекта интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки». Этап I «Анализ исходных данных». ОАО «РусГидро», ЗАО «ГУ ИЭС». Москва, 2015. 469 с.
3. Россия и страны мира. 2014 / Стат. сб. М.: Росстат, 2014, 382 с.
4. IEA. *World Energy Outlook 2014*. Paris: International Energy Agency, 2014. P. 728.
5. Leflaive X. et al. *OECD Environmental Outlook to 2050 // Outlook*. 2012. P. 207-274.
6. Amarasinghe U.A., Smakhtin V. *Global water demand projections: past, present and future*. 2014.
7. Smakhtin V., Revenga C., Doll P. *A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity / Water Int*. 2004.
8. Smakhtin V., Revenga C., Doll P. *Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments*. 2004.
9. World Water Council. *Water, the key for global development. Annual Report 2013*. Marseille, 2014. 28 p.
10. Colby B.G., Crandall K., Bush D.B. *Water right transactions: Market values and price dispersion // Water Resour. Res*. 1993. Vol. 29, № 6. P. 1565-1572.
11. Wichman C.J. *Perceived price in residential water demand: Evidence from a natural experiment / J. Econ. Behav. Organ*. 2014. Vol. 107. P. 1-16.
12. Программа развития гидроэнергетики России до 2030 года и на перспективу до 2050 года (Отчет о НИР по лоту № 1-ИА-2014-ДНТР ПАО «РусГидро»). Москва, 2015. 342 с.
13. International Water Management Institute (IWMI). *IWMI Research Reports [Electronic resource]*. 2014. URL: <http://www.iwmi.cgiar.org/publications/iwmi-research-reports/>.

Поступила в редакцию  
15.02.2016 г.

**D. Soloviev<sup>2</sup>**

## **GLOBAL WATER MARKETS: ECONOMIC BACKGROUND AND THE ROLE OF RUSSIA**

In the paper, a General analysis of modern features of formation of global energy markets, water resources. Shows the international nature of the «global water challenges» and the role of Russia in its decision. Suggested possible scenarios for the implementation of the water resources potential of Russia in the global water market in the context of the development of the energy infrastructure in Eurasia to 2030 and visions to 2050.

*Key words:* hydropower, hydropower resources, water resources, water trade, the demand for water.

---

<sup>2</sup> Dmitry A. Soloviev – senior researcher of the Joint Institute for High Temperatures of RAS, PhD, e-mail: solovev@guies.ru

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. На первой странице статьи необходимо указать: индекс УДК (над заголовком статьи слева), имя, отчество, фамилию автора, название статьи. В статье должна быть аннотация — не более 400–600 печатных знаков с пробелами и перечень ключевых слов.

2. Статьи должны быть структурированы. Рекомендуется стандартная рубрикация разделов: введение, постановка проблемы (задачи исследования); основная часть — обсуждение проблемы; заключение (выводы).

Текст предоставляется в распечатанном виде и на электронном носителе. Текст должен быть распечатан шрифтом Times New Roman, 12 кегля, через 1,5 интервала, с полями по 2 см сверху, снизу, слева и справа. Страницы должны быть пронумерованы снизу справа. Объем статьи — 10–15 стандартных страниц и 2–3 рисунка (сюда же входят таблицы и список литературы).

3. Таблицы предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 11.

4. Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках (в порядке возрастания) цифрами (1, 2 и т.д.) с правой стороны (в правый край набора).

5. Иллюстрации предоставляются в тексте статьи в электронном виде. На рисунках нужно избегать лишних деталей и надписей (надписи необходимо заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисуночных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 рix), ширина рисунков не должна превышать 140 мм, высота — 200 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке — Times New Roman (9–10 кегль). Рисунки должны быть черно-белыми, с разными типами штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение).

6. Подрисуночные подписи предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 12.

7. Список литературы приводится в конце статьи, имеет сплошную нумерацию арабскими цифрами. По тексту статьи даются ссылки на номер в квадратных скобках: [1]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилия, инициалы автора (авторов), полное название монографии, место издания, издательство, год издания; для периодических изданий — фамилии, инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номер, страницы.

8. После списка литературы необходимо указать сведения об авторе (авторах): должность, ученую степень, звание, e-mail (если нет — контактный телефон).

9. Рукописи авторам не возвращаются.

10. Плата за публикации не взимается.

**Благодарим за соблюдение наших правил и рекомендаций.**

