

УДК 574:504.05

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОЯЩЕЙСЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ РЕКИ НЕМАН

Е.В. Лунева

Филиал открытого акционерного общества «Концерн Росэнергоатом» «Дирекция строящейся Балтийской атомной станции»,
Россия, 238717, Калининградская обл., Неманский район,
пос. Маломожайское, ул. Центральная, 1 "а", Luneva-ev@btaes.ru

Выполнен анализ систем технического водоснабжения действующих АЭС России и строящейся Балтийской АЭС. В период сооружения энергоблоков № 1 и 2 Балтийской АЭС проведена оценка принятых проектных решений и выполняемых мероприятий по минимизации негативного воздействия на водные экосистемы от эксплуатации. Доказано, что внедренные мероприятия и проводимая работа в этом направлении достаточно эффективны.

системы водоснабжения атомных станций: оборотная и прямоточная система технического водоснабжения; водоем-охладитель, градирни, термальное загрязнение; сброс, тепловой барьер

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития человечества атомная энергетика является одним из перспективных направлений для многих отраслей экономики. Существующие альтернативные источники электрической энергии, использующие солнечную энергию, ветер, гидроресурсы, тепло геотермальных источников, энергию ветра и приливов, могут покрыть лишь незначительную потребность в энергии, а многие технологически сложны и климатически не применимы в отдельных регионах страны. Положительное же значение атомных электростанций (АЭС) в энергобалансе очевидно. Теплоэнергетические станции (ТЭС), сжигающие органические виды топлива, оказывают влияние на все сферы окружающей среды (воздух, воду, землю, флору, фауну). В значительной степени с дымовыми газами ТЭС в воздушный бассейн выбрасываются твердые и газообразные загрязнители, крайне негативно влияющие на качество окружающей среды и здоровье человека. Гидроэлектростанции для своей работы требуют создание крупных водохранилищ, под которыми затапливаются большие площади плодородных земель по берегам рек. Вода в них застаивается и теряет свое качество, что, в свою очередь, обостряет проблемы водоснабжения, рыбного хозяйства и индустрии досуга. Атомные станции вносят заметный вклад в борьбу с глобальным потеплением, предотвращая выброс в атмосферу углекислого газа. Это позволяет снизить парниковый эффект, ведущий к глобальному изменению климата. В случае безаварийной работы атомные электростанции не производят практически никакого загрязнения окружающей среды, кроме теплового.

Экологическое воздействие от эксплуатации АЭС многообразно и зависит от ряда немаловажных факторов. Одним из видов такого воздействия является

сброс теплых вод в водоемы-охладители. Термальное загрязнение является серьезной экологической проблемой, пагубно влияющей на все компоненты экосистем водных объектов. Поэтому цель настоящей статьи – анализ систем технического водоснабжения, применяемых на атомных станциях России, для решения вопросов по минимизации негативного воздействия на водные экосистемы от эксплуатации Балтийской АЭС.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЭС В РОССИИ

С момента пуска первой в мире атомной электростанции прошло более 58 лет. Первая в мире атомная электростанция с реактором АМ-1 (Атом мирный) мощностью 5 МВт дала промышленный ток 27 июня 1954 г. и открыла дорогу использованию атомной энергии в мирных целях, успешно проработав почти 48 лет. 29 апреля 2002 г. реактор АЭС в Обнинске был навсегда заглушен.

Согласно Федеральной целевой программе "Развитие атомного энергопромышленного комплекса России» к 2025 г. доля электроэнергии, выработанной на атомных электростанциях страны, должна увеличиться с 16 до 25%. Будет построено 26 новых энергоблоков.

На сегодняшний день в нашей стране эксплуатируются 10 атомных станций [1]:

в общей сложности 32 энергоблока, в том числе:

- 16 реакторов с водой под давлением: 10 ВВЭР-1000 и 6 - ВВЭР- 440;
- 15 канальных кипящих реакторов: 11 РБМК-1000 и 4 ЭГП-6;
- 1 реактор на быстрых нейтронах БН-600.

Сравнительная характеристика АЭС России представлена в таблице.

Таблица. Сравнительная характеристика АЭС России [1, 3 -12]

Table. Comparative characteristic of NUCLEAR POWER PLANTS of Russia [1, 3 -12]

№ п/п	Название АЭС	Год постройки	Тип реакторной установки (РУ)	Мощность каждой РУ	Система водоснабжения [2]	Водоем - источник / водоем - приемник	Лимит на водозабор, тыс. м ³ /год
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Белоярская	1-й блок – 1964 2-й блок – 1967 3-й блок – 1980	АМБ-100 АМБ-200 БН-600	100 МВт 200 МВт 600 МВт	На консервации Оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем руслового типа	Белоярское водохранилище	446,00
2	Нововоронежская	1-й блок – 1964 2-й блок – 1969	ВВЭР-210 ВВЭР-365	210 МВт 365 МВт	На консервации		180,00

		3 3 -й блок – 1971 4-й блок – 1972 5-й блок – 1980	4 ВВЭР-440 ВВЭР-440 ВВЭР-1000	5 440 МВт 440 МВт 1000 МВт	6 Оборотная система техничес- кого водо- снабжения с исполь- зованием для охлаж- дения градирен Оборотная система техничес- кого водо- снабжения с водое- мом-охла- дителем наливного типа	7 Р. Дон	Продолжен
3	Ленин- градская	1-й блок – 1973 2-й блок – 1975 3-й блок – 1979 4-й блок – 1980	РБМК- 1000	1000 МВт	Прямоточ- ная систе- ма техни- ческого во- доснабже- ния на по- верхност- ном водое- ме-охлади- теле	Копорская губа Финского залива	5288085,00
4	Коль- ская	1-й блок – 1973 2-й блок – 1974 3-й блок – 1981 4 -й блок – 1984	ВВЭР-440	440 МВт	Прямоточ- ная систе- ма техни- ческого во- доснабже- ния на по- верхност- ном водое- ме-охлади- теле	Оз. Июкостров- ская Имандра / Оз. Бабинская Имандра	2100000,00
5	Били- бинская	1-й – 4-й блоки – 1974 -1976	ЭГП-6	12 МВт	Оборотная система техничес- кого водо- снабжения охлажде- ния с испо- льзованием для охлаж- дения градирен	Проточное водохрани- лище на ручье Б. Пон- неурген	2335,00

Продолжение табл.
Continued of the tabl.

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Курская	1-й блок – 1976 2-й блок – 1979 3-й блок – 1983 4-й блок – 1985	РБМК- 1000	1000 МВт	Оборотная система техничес- кого водо- снабжения с водое- мом-охла- дителем наливного типа	Р. Сейм	95000,00
7	Смолен- ская	1-й блок – 1982 2-й блок – 1985 3-й блок – 1990	РБМК- 1000	1000 МВт	Оборотная система техничес- кого водо- снабжения с водое- мом-охла- дителем отсечного типа	Р. Десна	4093095,00
8	Кали- нинская	1-й блок – 1984 2-й блок – 1986 3-й блок – 2004 4-й блок – 2011	ВВЭР-1000	1000 МВт	Оборотная система техничес- кого водо- снабжения с водое- мом-охла- дителем озерного типа Оборотная система техничес- кого водо- снабжения охлажде- ния с испо- льзованием для охлаж- дения градирен	Оз. Удомля / Оз. Удом- ля и Песьво	4362164,00
9	Балаков- ская	1-й блок – 1985 2-й блок – 1987 3-й блок – 1988 4-й блок – 1993	ВВЭР-1000	1000 МВт	Оборотная система техничес- кого водо- снабжения с водое- мом-охла- дителем отсечного типа	Саратов- ское водо- хранилище / Р. Бере- зовка (в зо- не подпора)	

Окончание табл.
End of the tabl.

1	2	3	4	5	6	7	8
10	Ростовская	1-й блок – 2001 2-й блок – 2010	ВВЭР-1000	1000 МВт	Оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем отсечного типа	Цимлянское водохранилище	65088,00
11	Строящаяся Балтийская	1-й блок – 2016 2-й блок – 2018	ВВЭР-1200	1200 МВт	Оборотная система технического водоснабжения с использованием для охлаждения градирен	Р. Неман	Максимальные проектные данные 24108 м ³ /сут

Расположение АЭС на карте России представлено на рисунке.

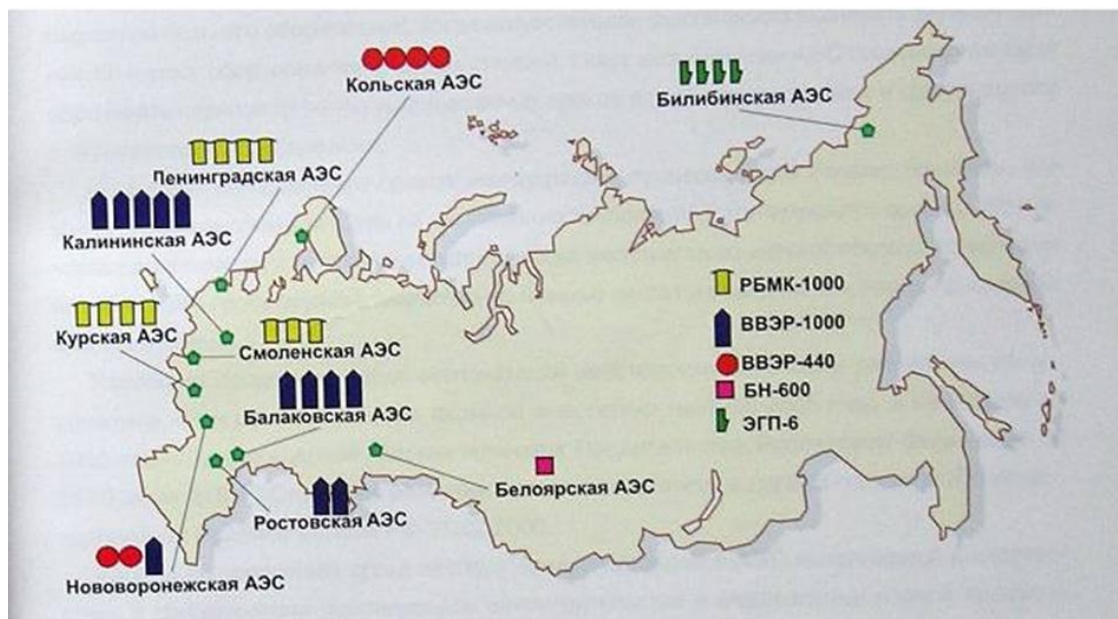


Рис. Расположение АЭС на карте России [1]

Fig. The location of NUCLEAR POWER PLANTS on the map of Russia [1]

Одно из первостепенных значений для нормальной работы АЭС имеет техническое водоснабжение, которое определяет надежность и экономичность ее работы. Сравнительный анализ систем технического водоснабжения на

действующих станциях показывает, что в зависимости от выбора типа ядерной установки, наличию на прилегающей территории водных ресурсов и их состоянии происходит выбор схемы технического водоснабжения для АЭС. На сегодняшний день в соответствии с законодательством проектирование проточных систем технического водоснабжения не допускается. Данная схема применялась для энергоблоков № 1 и 2 Нововоронежской АЭС, которые в настоящее время законсервированы. На Ленинградской АЭС и Кольской АЭС такие системы все же используются. Это объясняется тем, что в момент проектирования данных объектов действовали иные требования нормативных документов, которые впоследствии были изменены и дополнены [2].

Хотелось бы отметить, что такое водоотведение имеет ряд существенных недостатков: однократное использование воды, отсутствие водоподпорных сооружений, отсутствие механизма добавления в систему подпиточной воды. Системы такого типа всегда являются открытыми. Все перечисленное несет в себе дополнительную нагрузку на биоресурсы водоемов-охладителей [13]. Несмотря на то, что вода, участвующая в технологическом цикле, непосредственно с действующим оборудованием не соприкасается, в нее могут поступать загрязняющие вещества, которые в дальнейшем при сбросе сточных вод могут попасть в природный водоем, что несет определенные риски для окружающей среды и населения регионов расположения атомных станций.

Инженерно-техническое решение, позволяющее устранить проблему термального загрязнения и свести к минимуму негативные последствия на окружающую среду, заключается в использовании башенных испарительных градирен. Температурные и атмосферные различия, созданные нагретой водой внутри градирен, вызывают приток воздуха, который всасывается снизу, проходит между планками и перегородками и выходит через верхнее отверстие башни. Вода скапливается в бассейне под днищем башни и вновь возвращается в конденсатор. Незначительная ее часть теряется при испарении [14, 15].

Как видно из таблицы, оборотные системы технического охлаждения с градирен используются на следующих АЭС: энергоблоки № 3, 4 Калининской АЭС, энергоблоки № 3, 4 Нововоронежской АЭС и Билибинская АЭС.

Такие системы технического водоснабжения с использованием градирен зарекомендовали себя как более «чистые». Они успешно применяются не только в России, но и в других странах мира. С точки зрения воздействия на окружающую среду и человека такие системы можно считать экологически и экономически оправданными, так как они характеризуются многократным использованием охлаждающей воды с ее промежуточным охлаждением, а отведение нагретой воды в водоем-охладитель происходит внутри охлаждающей системы [13, 14].

ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА БАЛТИЙСКОЙ АЭС

Площадка строительства Балтийской АЭС находится в Неманском районе Калининградской области, на удалении 13 км к юго-востоку от г. Неман, 10 км к югу от р. Неман. Расстояния до государственных границ ближайших стран составляют: с Литовской республикой – 10 км; с республикой Польшей – 67 км. В основу концепции Балтийской АЭС положены технические решения проекта ЛАЭС-2 с реакторной установкой ВВЭР-1200, проект которой, в свою очередь,

базируется на решениях референтной Тяньваньской АЭС в Китае (энергоблоки ВВЭР-1000 повышенной безопасности и улучшенных технико-экономических характеристик) [14].

Площадка сооружения Балтийской АЭС расположена на водоразделе р. Инструч и Шешупе. Минимальный среднемесячный сток их по своим расходам меньше или близок к расходам отводимых вод. Единственным водотоком, в который можно обеспечить водоотведение, является р. Неман. В результате проведения проектно-изыскательских работ в качестве источника водоснабжения также выбрана р. Неман, водность которой позволяет обеспечить техническое водоснабжение АЭС в меженные периоды без регулирования стока [15]. Наибольший расход водоотведения для одного энергоблока Балтийской АЭС составит около 0,4 % от стока р. Неман. Результаты проведенных расчетов, а также гидродинамического моделирования показывают, что в непосредственной близости от сброса температура может увеличиваться в зимний период на 0,32 °С; в летний меженный период приращение температуры составит 0,89 °С, что соизмеримо с суточными колебаниями температуры речной воды.

В процессе нормальной эксплуатации Балтийской АЭС неизбежно будет оказываться воздействие на биотическую часть экосистем р. Неман, Шешупе, а также Куршский залив (водоемы высшей рыбохозяйственной категории). На этапе предварительных исследований могут быть выделены следующие факторы негативного влияния:

1. Гибель некоторого количества молоди рыб в результате забора воды для охлаждения конденсаторов турбин Балтийской АЭС.
2. Гибель части молоди в период миграции в зоне, непосредственно прилегающей в водовыпуску.
3. Затруднение нерестовой миграции холодноводных рыб через температурный барьер (в месте сброса в части поперечного сечения реки) [16].

В целях рационального использования водных ресурсов на Балтийской АЭС принимаются следующие технические решения:

1. Обратная система техводоснабжения с градирнями позволяет значительно сократить объемы сбрасываемой теплой воды (за счет выпаривания в градирне) и соответственно минимизировать влияние на экосистему р. Неман.
2. Водозаборные сооружения Балтийской АЭС оснащены рыбозащитными устройствами с суммарным эффектом ~ 80 %.
3. Возврат (сброс) технической воды в р. Неман предполагается осуществлять через рассеивающий выпуск вместо изначально заложенного в проект сосредоточенного выпуска. Соответствие Балтийской АЭС требованиям законодательства по охране окружающей среды в части влияния сбросов технической воды в р. Неман подтверждено расчетами разбавления для рассеивающего выпуска [14, 15].

Активное принятие и реализация мероприятий по снижению негативного воздействия на экосистему р. Неман позволяют говорить о минимизации ущерба водным биоресурсам от сброса химических веществ и тепла в период эксплуатации атомной станции. Одними из ключевых мероприятий являются:

1. Ведение комплексного экологического мониторинга р. Неман с оценкой состояния всех компонентов ее экосистемы [16, 17].

2. Выполнение работ по мониторингу нерестового хода корюшки в р. Неман в зоне термального воздействия [18].

3. Выполнение моделирования разбавления сточных вод Балтийской АЭС, которое показало, что рассеивающий сброс обеспечивает эффективное смешение природных (речных) и технических вод уже вблизи водовыпуска, снижая потенциальные (негативные) последствия теплового барьера (по сравнению с сосредоточенным водовыпуском) [15, 17].

Проведение научно-исследовательских работ до ввода в эксплуатацию энергоблоков Балтийской АЭС позволит уточнить естественные (современные) характеристики водоема-охладителя, спрогнозировать влияние сбросов станции на его состояние и еще более эффективно решить вопрос минимизации негативного воздействия в этом направлении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С момента пуска первого в мире энергоблока до сегодняшних дней идет непрерывный процесс улучшения проектных и технологических характеристик АЭС. Подход к проблеме технического водоснабжения рассматривается все глубже. В новых проектах по сооружению АЭС принимаются новые решения для предотвращения негативных последствий на окружающую среду. Подтверждением этого является переход от прямоточных систем технического к системам оборотного водоснабжения.

В проекте Балтийской АЭС выбрана одна из наилучших схем технического водоснабжения – открытая охлаждающая оборотная система. Внедрены принципиально новые технические решения по уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и водные экосистемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Информация с официального сайта ОАО «Концерн Росэнергоатом». <http://www.rosenergoatom.ru/>
2. ФГУП концерна "Росэнергоатом". СТО 1.1.1.02.006.0689-2006. Водопользование на атомных станциях. Классификация охлаждающих систем водоснабжения. – М., 2006. – 8 с.
3. Балаковская атомная станция: отчет по экологической безопасности за 2010 год. – М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011. – 40 с.
4. Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция»: отчет по экологической безопасности Белоярской АЭС за 2011 год.– Заречный, 2012. – 32 с.
5. Билибинская атомная станция: отчет по экологической безопасности за 2010 год. – М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011. – 36 с.
6. Информация с официального сайта ОАО «Концерн Росэнергоатом». <http://www.knpp.rosenergoatom.ru/wps/wcm/connect/rosenergoatom/knpp/ecology/projects/>

7. Отчет по экологической безопасности Филиала ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» за 2010 год.– М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011.– 28 с.
8. Курская атомная станция: отчет по экологической безопасности за 2010 год. – М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011. – 40 с.
9. Информация с официального сайта ОАО «Концерн Росэнергоатом». <http://www.lennpp.rosenergoatom.ru/wps/wcm/connect/rosenergoatom/lennpp/ecology/>
10. Нововоронежская атомная станция: отчет по экологической безопасности за 2010 год. – М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011.– 36 с.
11. Ростовская атомная станция: отчет по экологической безопасности за 2010 год. – М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011. – 36 с.
12. Отчет по экологической безопасности Филиала ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Смоленская атомная станция» за 2010 год. – М.: Изд-во АНО «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2011. – 36 с.
13. МИХМ. Энергетическое производство с замкнутым водооборотным циклом. – 1991. – М., – 79 с.
14. ОАО «СПбАЭП». Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Гл. 2. Характеристика района и площадки АС. Кн. 3. ВТ10.В.110.1.02&&&.03.&&&.000.НЕ.0001. – 2010. – С. 223 с.
15. ОАО «СПбАЭП». Охрана окружающей среды. Оценка воздействия на окружающую среду сооружения энергоблока № 2 Балтийской АЭС. Т. 1. Кн. 2. ВТ10.В.110.2.&&&&.0102&.077.GZ.0001. – 2012. – С. 411 с.
16. Израэль, Ю.А. Проблемы всестороннего анализа окружающей среды и принципы комплексного мониторинга / Ю.А. Израэль.– Ленинград, 1988. – 318 с.
17. Формирование качества воды водоема-охладителя / С.В. Леонов [и др.] // Водные ресурсы. – Т. 27.– № 4. – 2000. – 484 с.
18. Предварительная оценка ущерба водным биоресурсам при нормальной эксплуатации Балтийской АЭС: отчет. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011.– 151 с.

ANALYSIS OF WATER SUPPLY PLANTS IN CONNECTION WITH ASSESSING THE IMPACT OF RULE-BALTIJKOJ NUCLEAR POWER PLANT ON AQUATIC BIORESOURCES OF THE NEMAN RIVER

E.V. Luneva

The article is about analysis of technical water supply system of nuclear power stations of Russia and its impact on the environment. The analysis showed that for Baltic NPP construction is one of the best schemes of technical water supply-open cooling system with cooling towers the flipside of wet type. The use of such water will reduce the thermal effect on pond-cooler (Neman River) and minimize the impact on the environment.

the reverse and direct flow water supply system, cooling pond, cooling towers, thermal pollution, water discharge, thermal barrier