
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 621.311.25:556.55

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОЕМОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ВОД НА АЭС

Н.В. Бейнер, П.С. Бейнер

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Выявлены различия между понятиями «водоем-охладитель», «пруд-охладитель» и «водохранилище-охладитель». Обобщена классификация водоемов-охладителей АЭС, а также охарактеризованы схемы организации движения циркуляционных вод.

Введение

Воздействие объектов ядерной энергетики, как и электростанций других типов, на окружающую среду имеет много аспектов. Один из них связан с необходимостью использования большого количества воды для охлаждения конденсаторов. Для покрытия нужд АЭС в большинстве случаев организуются специальные водоемы, в качестве которых используют либо в той или иной степени видоизмененные естественные водоемы, либо искусственно созданные водохранилища различного типа. В эти же водоемы, как правило, осуществляется и сброс подогретых вод из систем охлаждения. После того как температура этих вод понизится, они могут быть повторно использованы в системе технического водоснабжения электростанции (оборотная система) или, поступив в открытые водные системы, могут быть переданы другим водопользователям (прямоточная система). В обоих случаях необходимым условием является достижение оптимальной температуры сбросных вод перед их дальнейшим использованием, регламентированное технико-эксплуатационными и природоохранными нормативами [1].

Для летнего периода необходимо выполнение мероприятий по интенсификации охлаждения циркуляционного водоснабжения, так как существующие конструкции турбоустановок ограничивают возможность их длительной работы при температуре циркуляционной воды выше 33 °С. Последнее оказывает отрицательное влияние на КПД турбин и на тепловую экономичность блоков в целом. Специальные водоемы, приспособленные для охлаждения сбросных вод АЭС, получили название «водоемы-охладители».[2]

В научной литературе и технической документации встречаются понятия «водоем-охладитель», «пруд-охладитель» и «водохранилище-охладитель», однако нет четких определений данных терминов. К тому же нигде не указаны явные отличия между ними. В данной работе была предпринята попытка систематизировать вышеуказанные понятия, а также обобщить классификацию водоемов, предназначенных для охлаждения циркуляционных вод на АЭС.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью работы является сравнительный анализ понятий открытых водных объектов, предназначенных для охлаждения циркуляционных вод.

Цель исследования определяет задачи:

1. Систематизировать понятия «водоем-охладитель», «пруд-охладитель» и «водохранилище-охладитель».
2. Обобщить классификацию водоемов-охладителей.

Общие сведения о водоемах-охладителях

Водоем-охладитель – естественное или искусственное углубление в земной поверхности, заполненное бессточной или слабо проточной водой, предназначенной для охлаждения нагретой циркуляционной воды в системах оборотного водоснабжения АЭС или других промышленных предприятий. Под *циркуляционной* водой понимается вода, охлаждаемая в водоеме-охладителе и используемая для конденсации пара в конденсаторах турбин [3]. Водоемы-охладители искусственного происхождения и объемом до 1 млн м³ принято называть *прудами-охладителями*, свыше 1 млн м³ – *водохранилищами-охладителями*.

Водоемы-охладители могут обеспечить в течение большей части года (особенно в зимний период) более низкую температуру воды, чем другие охладители (например, брызгальный бассейн или градирни). Наличие водоема-охладителя исключает необходимость подачи воды на значительную высоту (как, например, в градирнях), что сокращает расход электроэнергии на привод циркуляционных насосов. Недостаток – сравнительно низкая удельная теплоотдача с его поверхности, требующая создания значительной площади зеркала водоема [4].

Таким образом, охлаждение циркуляционной воды в водоемах применяется преимущественно при возможности использования для этой цели естественных прудов или водохранилищ общего назначения. Если их нет, следует проверить технико-экономическую целесообразность создания специальных водоемов-охладителей на водотоках или наливных водохранилищах, питаемых из внешних источников.

Классификация водоемов-охладителей

Эффективность охлаждения воды в водоеме-охладителе, а следовательно и его гидротермический режим, напрямую зависит от схемы организации движения потока, которая должна обеспечивать наиболее низкие температуры охлажденной воды при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах [5].

Охлаждение нагретой воды происходит с поверхности водохранилища, участвующей в циркуляции потока на его пути от места сброса до водозаборных сооружений; за счет процессов тепло- и массообмена, а также за счет поступления поверхностных и грунтовых вод. Циркуляционный поток не охватывает всю площадь водохранилища. Его конфигурация и площадь зависят от формы и глубины водоема, взаимного расположения водовыпускных и водозаборных сооружений, наличия сооружений, изменяющих его величину. Охлаждающая способность водоема-охладителя зависит от следующих показателей: площади, в границах которой происходит движение потока от водовыпуска к водозабору, именуемое транзитным потоком; числа и площади водоворотов, то есть таких зон водохранилища, в которых имеет место кругообразное движе-

ние жидкости, обусловленное конфигурацией водоема и формой транзитного потока; тепловой нагрузки, то есть количества теплоты, поступающей в охладитель с теплой водой; метеорологических условий: скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха, величины солнечной радиации и естественной температуры воды в водохранилище (под естественной температурой подразумевается температура воды, которая устанавливается в неподогретом водоеме под действием метеорологических и климатических факторов в районе его расположения). Водоемы-охладители атомных электростанций, используемые для систем технического водоснабжения, классифицируются по ряду факторов, систематизированных в таблице.

Т а б л и ц а

Классификация водоемов-охладителей

№ п/п	Признак классификации	Характеристика водоема-охладителя
1	Форма водоема-охладителя (определяется отношением средней ширины водоема W к длине L)	– вытянутые узкие ($W/L < 0,2$); – вытянутые широкие ($0,2 < W/L < 0,5$); – округлой формы ($0,5 < W/L < 1,0$)
2	Схема циркуляции в водоеме-охладителе	– транзитная (без учета стратификации в водоеме); – круговая (без учета стратификации в водоеме); – объемная (с учетом стратификации в водоеме)
3	Глубина водоема-охладителя	– мелководные (глубина до 5 м); – средние (глубина от 5 до 10 м); – глубоководные (глубина свыше 10 м)
4	Организация движения потока по акватории	– с продольным направлением потока; – с продольным направлением потока в одной части водоема и застойной зоной в другой; – с круговым направлением потока; – с поперечным направлением потока; – с многослойным распределением потока
5	Условие забора циркуляционной воды	– с поверхностным водозабором; – с глубинным водозабором
6	Типы организации водоемов-охладителей	– речные; – озерные; – наливные
7	Площадь водоема-охладителя	– небольшие – площадь не более 5 км ² ; – средние – площадь от 5 до 10 км ² ; – большие – с площадью более 10 км ²
8	Назначение водоема	– используемые только для целей охлаждения воды; – используемые комплексно
9	Подпитка водоема-охладителя	– проточные
10	Нагрузка на водоем	– непроточные – нагруженные – ненагруженные.

По расположению и условиям питания водохранилища-охладители разделяются на следующие группы:

- регулирующие водохранилища на водотоках, используемые не только для охлаждения циркуляционной воды, но и для сезонного или многолетнего регулирования стока;
- водохранилища-охладители на водотоках без регулирования стока, сооружаемые лишь для создания поверхности, достаточной для охлаждения циркуляционной воды;
- водохранилища-охладители на естественных озерах и прудах;
- наливные водохранилища, сооружаемые вне водотока, с подпиткой из ближайших рек [6].

По назначению водоемы-охладители подразделяются на два типа: водоемы-охладители, используемые только для целей охлаждения воды; водоемы-охладители, используемые комплексно, в целях орошения, рыборазведения, транспортирования, отдыха и др.

Существуют различия по размерам площадей водоемов-охладителей: небольшие – площадь не более 5 км², средние – 5...10 км² и большие с площадью более 10 км².

По глубинам водоемы-охладители подразделяются на мелководные с глубиной до 5 м, средние 5...10 м и глубоководные свыше 10 м. Известно, что вода имеет максимальную плотность при температуре 4 °С, а при нагревании ее плотность уменьшается. Передача тепла в водную толщу за счет молекулярной диффузии и теплопроводности весьма слаба. Поэтому при прогреве верхних слоев воды возникает *температурная стратификация*: температура воды на поверхности оказывается выше, чем в глубинных слоях, и эта разница достигает иногда 10 °С и более. При выпуске теплой воды на поверхность водохранилища может возникнуть устойчивая разница температур воды в верхних и нижних слоях и произойти расслоение потоков, имеющих различную плотность. В этом случае возникают верхнее теплое и глубинное холодное течения, которые могут быть разнонаправленными. Такие течения называются плотностными. В мелких водоемах отсутствует температурная стратификация, за исключением зон, непосредственно примыкающих к водовыпускным сооружениям; около этих сооружений возникают плотностные течения вследствие инжектирующего воздействия выходящих нагретых струй. Для глубоких водоемов-охладителей характерна устойчивая температурная стратификация потока в теплое время года; целесообразно использование глубинного забора воды. При средних глубинах температурное расслоение воды не столь устойчиво и может исчезать в периоды продолжительных и сильных ветров.

Водоемы могут быть проточными и непроточными. В первом случае они имеют постоянный приток и сток воды, во втором – пополнение водой осуществляется либо в паводок, либо путем подкачки из других водоемов.

Если отвод теплоты, полученной от предприятия, происходит со всей поверхности водоема, то такой водоем считается нагруженным, в противном случае – ненагруженным.

Таким образом, водоемы-охладители, используемые в системах оборотного водоснабжения АЭС, можно классифицировать по ряду признаков. При проектировании водоемов-охладителей необходимо учитывать весь спектр факторов, возникающих в их экосистеме при тепловых нагрузках.

Выводы

1. В научной и технической литературе отсутствует четкое отличие между понятиями «водоем-охладитель», «пруд-охладитель» и «водохранилище-охладитель». Чаще всего под водоемом-охладителем подразумевается естественное или искусственное углубление в земной поверхности, заполненное бессточной или слабо проточной водой,

предназначенной для охлаждения нагретой циркуляционной воды в системах оборотного водоснабжения АЭС или других промышленных предприятий. Водоемы-охладители искусственного происхождения и объемом до 1 млн м³ принято называть прудами-охладителями, свыше 1 млн м³ – водохранилищами-охладителями.

2. Классификация водоемов-охладителей АЭС производится по их форме, глубине, площади, организации движения потока по акватории, условию забора циркуляционной воды, назначению, нагрузке, которые влияют на охлаждающую способность водоемов и, соответственно, на их гидротермический режим.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВОДОЙМИЩ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ВОД НА АЕС

Н.В. Бейнер, П.С. Бейнер

Виявлені відмінності між поняттями «водоймище-охолоджувач», «ставок-охолоджувач» і «водосховище-охолоджувач». Узагальнена класифікація водоймищ-охолоджувачів АЕС, а також охарактеризовані схеми організації руху циркуляційних вод.

BASINS CLASSIFICATION INTENDED for the NPP' CIRCULATING WATER COOLING

N. Beyner, P. Beyner

The differences between «cooling basin», «cooling reservoir» and «cooling storage pond» have been revealed. The NPP' cooling basins classification was generalized NPP; the circulation water movement organization scheme was described.

Список использованных источников

1. Суздалева А.Л. Структура и экологическое состояние природно-техногенных систем водоемов-охладителей АЭС: дис. ... канд. техн. наук: 03.00.16: защищена 05.26.02: утв. 10.01.03. / Суздалева Антонина Львовна. – М., 2002. – 515 с. – 47:05-5/37-6.
2. Протасов А.А. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / А.А. Протасов [и др.]. – К.: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. – 234 с.
3. Соколов А.С. Методические указания по технологическим расчетам водоемов / А.С. Соколов, И.И. Макаров, В.И. Кравец, З.Р. Филиппова. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2004. – 54 с.
4. Большая советская энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1969 – 1978.
5. Антонова Л.Н. Назначение и особенности условий работы водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций / Л.Н. Антонова [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: УГАЖТ, 2012. – Вып. 2/10 (56) – С. 56 – 63.
6. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.

Надійшла до редакції 25.01.2013 р.
Після доопрацювання 19.02.2013 р.