

# РЕАБИЛИТАЦИЯ экосистемы **ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ** КУРСКОЙ АЭС ПОСЛЕ МАССОВОЙ **ГИБЕЛИ ТИЛЯПИИ**

На примере самоочищения водоема-охладителя Курской АЭС после массовой гибели тилляпии в 2009 г. показан эколого-мелиоративный эффект системы технического водоснабжения АЭС. Проведены измерения перманганатной окисляемости проб воды из разных точек водоема и сопоставлены с показателями за предыдущие годы.



## Введение

**В**одоемы-охладители АЭС и ТЭС представляют собой отдельную категорию водных объектов [1, 2]. Эти водоемы имеют ряд специфических черт, не встречающихся ни в природных водоемах, ни в искусственных водоемах других типов. Так, ни в каких других водоемах не существует замкнутого кругового течения, делающего оборот всего за несколько суток. Помимо прочего, специфика структуры водных масс водоемов-охладителей обуславливает принципиально иной характер распределения загрязнителей, не встречающийся в других водных объектах [3]. Игнорирование этой особенности водоемов-охладителей при интерпретации полученных результатов может привести к принципиально неверным выводам.

Важность исследования процессов загрязнения водоемов-охладителей обуслов-

**К.С. Коткин\***,  
к.б.н., младший научный сотрудник,  
ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»

ливается несколькими причинами. С одной стороны, они постоянно испытывают разнообразные антропогенные воздействия, с другой, практически всегда являются водоемами многоцелевого пользования. Наконец, актуальность создания методологии анализа загрязнения водоемов-охладителей, дающей более адекватную оценку реально существующей ситуации, крайне необходима для разработки мероприятий, обеспечивающих безопасность работы АЭС.

В 2003-2004 гг. в водоем-охладитель Курской АЭС проникла мозамбикская тилляпия (*Sarotherodon mossambicus*). Благоприятные условия для нереста и нагула позволили тилляпии стать массовым видом всего за несколько лет. Зимой 2009 г. в результате охлаждения вод большая часть тилляпии погибла. Вследствие массовой гибели рыбы произошел выброс большого количества органического вещества в водоем [4].

В настоящей работе приведены результаты перманганатной окисляемости (ПО) проб воды, взятых в различных частях во-

\*Адрес для корреспонденции: olf4@yandex.ru

доема-охладителя в год массовой гибели тилапии и за несколько предыдущих лет. Сопоставление значений ПО проб воды из водоема-охладителя после гибели тилапии с показателями за предыдущие годы позволяет оценить масштабы органического загрязнения и динамику процессов самоочищения водоема-охладителя.

## Материал и методы исследования

Пробы отбирались в марте, июле, сентябре и декабре 2006, 2007, 2008 и 2009 гг. в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» [5]. Пробы отбирались в емкости из стекла. Анализ производился не позднее, чем через 24 ч после отбора проб. Хранение проб происходило при температуре при 2-5 °С.

Схема отбора проб была разработана в соответствии с унифицированной методикой исследования экологического состояния водоемов-охладителей [6]. В ее основе лежит учет особенностей структуры и динамики водных масс водоемов-охладителей.

По своей гидрологической структуре водоем-охладитель — это водоем особого типа, отличающийся от всех типов естественных водоемов. В любом водоеме-охладителе существует несколько водных масс и условия, формирующиеся в занятых ими участках акватории, могут существенно различаться. Во-первых, это водная масса циркуляционного течения, формирующаяся из вод, прошедших через систему технического водоснабжения АЭС и трансформированных в ней. Границы этой водной массы, как правило, далеко выходят за пределы подогреваемой зоны. Причем некоторые аспекты воздействия работы электростанции (например, постоянное течение воды) могут проявляться и на значительном удалении от сброса АЭС, вплоть до района ее водозабора.

Во-вторых, практически во всех водоемах-охладителях существуют участки, воды которых не вовлекаются в систему охлаждения электростанции. Как правило, они располагаются по периферии водоема-охладителя.

Станции отбора проб располагались таким образом, чтобы проследить качество воды в циркуляционном течении и в периферической водной массе (рис. 1).

Станция отбора проб № 1 — участок сброса подогретых вод из системы технического водоснабжения (СТВ) действующей

**Ключевые слова:** водоем-охладитель, перманганатная окисляемость, самоочищение

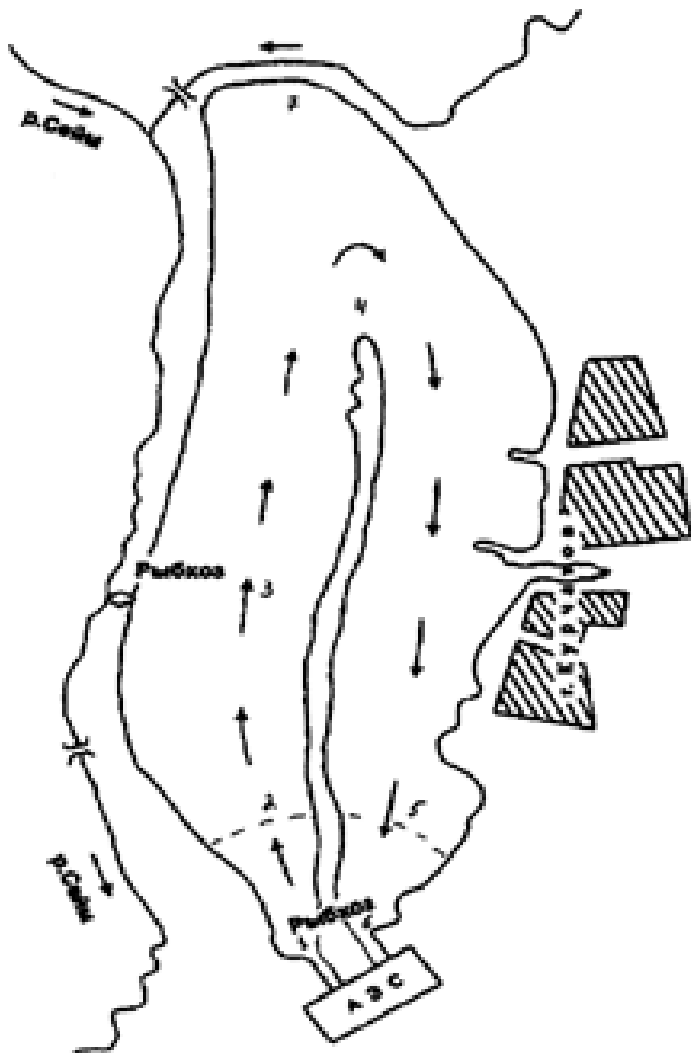
щей очереди АЭС. Особенности данного участка являются: максимальный уровень подогрева вод, постоянное очень быстро течение (часто 1 м/с и более), присутствие в воде значительного количества планктонных организмов, травмированных при прохождении через СТВ. В этой точке воздействие работы АЭС на гидрохимический режим водоема-охладителя проявляется наиболее сильно. Отбор проб проводился непосредственно из водосброса.

Станция отбора проб № 2 — район струеразделительной дамбы. Этот участок акватории входит в зону сильного подогрева, скорость течения, как правило, составляет несколько метров в минуту. Довольно часто здесь отмечаются скопления рыб, вероятно поедающих травмированных зоопланктеров. Большую часть года над водой образуется туман, вследствие чего освещенность более низкая, чем в других частях акватории. Погруженная растительность и макробентос представлены лишь отдельными экземплярами. Отбор проб проводился с катера.

Станция отбора проб № 3 — участок циркуляционного течения напротив рыбхоза, входит в зону интенсивного подогрева. В летний период температура воды здесь иногда достигает экстремальных значений (более 30 °С). Скорость циркуляционного течения на станции № 3 существенно ниже, чем на станции № 2, и в значительной мере зависит от гидрометеорологических условий. На этом участке существуют места с глубинами более 10 м, в придонных слоях которых формируются специфические условия и временами отмечается образование скоплений зоопланктона. Отбор проб проводился с катера.

Станция отбора проб № 4 — район поворота циркуляционного течения у дальнего конца струенаправляющей дамбы. Данный участок можно рассматривать как условную границу зон сильного и слабого подогрева вод. Повышение температуры в летний период не достигает критических значений, поэтому ассоциации погруженной растительности здесь развиваются в полной мере. Отбор проб проводился с катера.

Станция отбора проб № 5 — район рыбозаградительной дамбы. Этот участок относится к зоне слабого подогрева, в летний период температура здесь близка к естественному уровню. Однако зимой ледовый покров образуется лишь в сильные морозы. Иногда на станции № 5, по сравнению с участками станций № 2-4, отмечается изме-



**Рис. 1.** Схема отбора проб. Цифрами показаны номера станций, стрелками — направление циркуляционного течения.

нение ряда гидрохимических показателей, указывающих на повышение уровня загрязненности вод. Последнее связано с поступлением стоков с территории г. Курчатова и попаданием их в воды циркуляционного течения. Отбор проб проводился с катера.

Станция отбора проб № 6 — водозаборный (подводящий) канал. Скорость циркуляционного течения на этом участке значительно возрастает. В предшествующие годы здесь иногда отмечалось некоторое повышение уровня загрязненности вод, связанное с поступлением загрязнений с близлежащей территории. Отбор проб проводился с берега.

Станция отбора проб № 7 — прибрежная зона в наиболее удаленном от АЭС участке акватории. Воды циркуляционного течения распространяются сюда только во

время ветровых нагонов. В остальное время в прибрежной зоне станции № 7 образуется автохтонная водная масса, часто отличающаяся по своим гидрохимическим и гидробиологическим параметрам от водной массы циркуляционного течения. Это обуславливает специфический гидролого-гидрохимический режим в данной части акватории, для которого характерны резкие изменения температуры и ряда гидрохимических показателей. Отбор проб проводился с берега.

ПО измерялась в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.4.154-99 [7].

Окисляемость — это показатель, отражающий общее количество содержащихся в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями (бихроматом или перманганатом). Показатель ПО характеризует содержание в воде легкоокисляемой фракции органического вещества.

Метод основан на окислении веществ, присутствующих в пробе воды, известным количеством перманганата калия в сернокислой среде при кипячении в течение 10 мин. Не вошедший в реакцию перманганат калия восстанавливают щавелевой кислотой, избыток которой оттитровывают раствором перманганата калия.

ПО является мерой загрязнения воды органическими и окисляемыми неорганическими веществами. Она в основном предназначена для оценки качества водопроводной и природных вод, включая поверхностные воды. Более загрязненные воды можно анализировать после очистки и предварительного разбавления.

## Результаты и их обсуждение

**Р**езультаты анализа проб, отобранных в марте 2006, 2007, 2008 и 2009 гг. представлены на *рис. 1*.

На всех станциях отбора проб в 2009 г. наблюдается заметное повышение значений ПО по сравнению со значениями предыдущих лет. Повышение количества легкоокисляемой органики связано с массовой гибелью тилипии и последующим ее разложением.

Следующий отбор проб проводился в июле 2009 г. Результаты анализа этих проб в сравнении с результатами предыдущих лет представлены на *рис. 2*.

В июле 2009 г. показатели ПО на всех станциях отбора проб пришли в соответствие со среднегодовыми значениями для этого времени года.

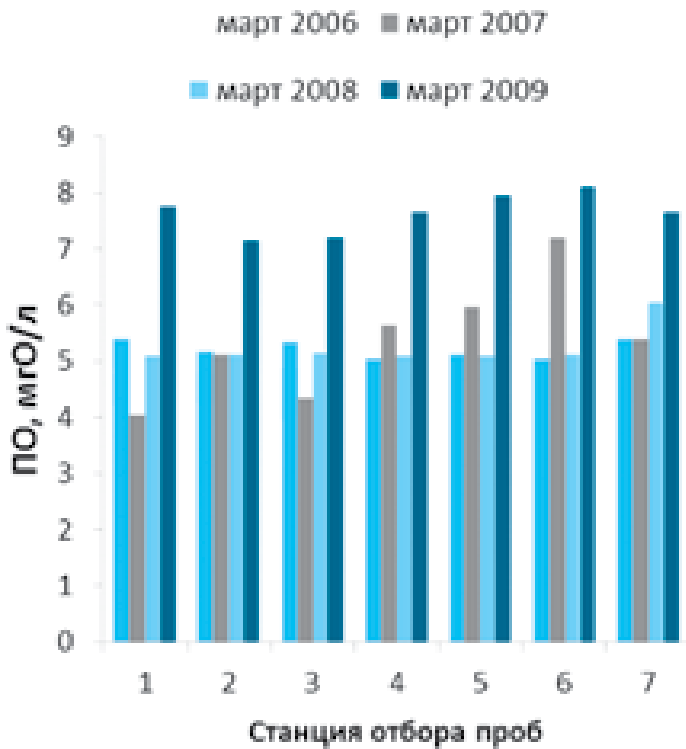


Рис. 1. Перманганатная окисляемость проб воды, отобранных в марте.

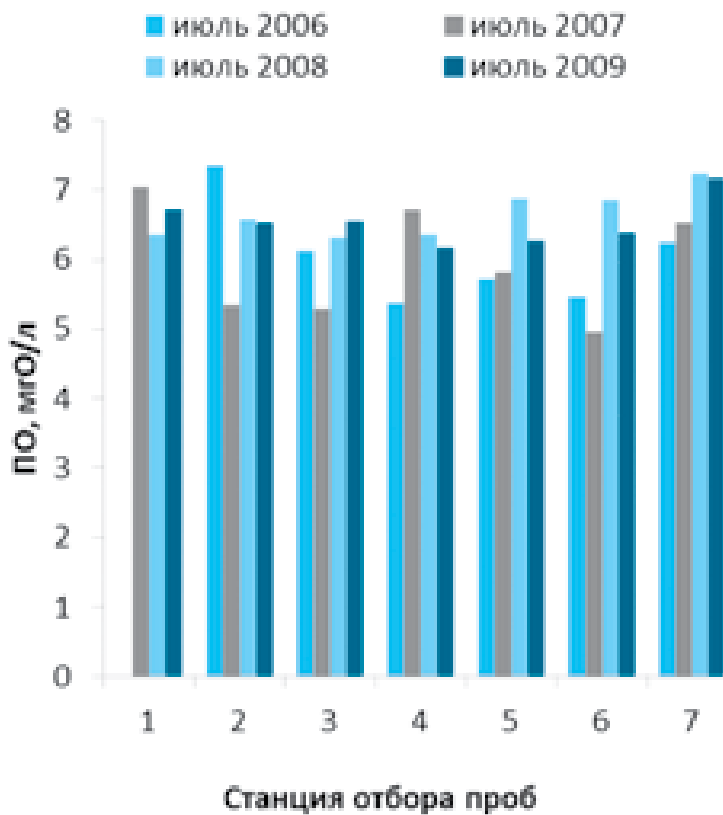


Рис. 2. Перманганатная окисляемость проб воды, отобранных в июле.

Показатели ПО, полученные при анализе проб воды, взятых в сентябре и декабре 2009 г., подтвердили полное приведение величины ПО к среднегодовым значениям.

Связано это с тем, что работа СТВ АЭС, благодаря интенсивной аэрации и перемешиванию вод, интенсифицирует процессы самоочищения. В результате, несмотря на поступление в водоем большого количества автохтонного органического вещества (результат массовой гибели тилапии), общий уровень его содержания в водах циркуляционного течения достаточно быстро приходит к нормальным показателям.

## Заключение

Без работы системы водоснабжения качество вод Курчатовского водохранилища было бы существенно ниже, а после массовой гибели тилапии ухудшилось бы до критических значений. Известно, что для улучшения экологического состояния сильно загрязненных водоемов в настоящее время сооружаются специальные циркуляционные системы, интенсифицирующие процессы самоочищения вод путем их интенсивного перемешивания и аэрации [8]. С этой точки зрения СТВ АЭС можно с полным основанием рассматривать как гигантскую циркуляционную систему, работа которой значительно улучшает качество водной среды. При этом, в отличие от циркуляционных устройств, разрабатываемых для экологической реабилитации загрязненных водоемов, кондиционирующий эффект в данном случае значительно повышается за счет подогрева вод. Следует отметить, что явление интенсификации процессов самоочищения и улучшения качества водной среды ранее уже описывалось в районах сброса подогретых вод ряда ТЭС [9].

## Литература

1. Суздалева А.Л. Изменение гидрологической структуры водоемов и сукцессия биоценозов при их превращении в водоемы-охладители атомной (тепловой) электростанции / А.Л. Суздалева, В.Н. Безносков // Инженерная экология. 2000. № 2. С. 47-55.
2. Суздалева А.Л. Структура и экологическое состояние природно-техногенных систем водоемов-охладителей АЭС. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: МГУ, 2002. 53 с.

3. Суздалева А.Л. Особенности загрязнения водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций. // Природообустройство и экол. проблемы водн. хоз-ва и мелиорации. М.: МГУП, 1999. С. 61-62.
4. Коткин К.С. Эколого-мелиоративный эффект работы систем технического водоснабжения на примере реабилитации экосистемы после массовой гибели тилапии на водоеме-охладителе Курской АЭС / К.С. Коткин, Д.В. Фомин // Мат. междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы естественных наук». Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2010. С. 167-171.
5. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2008. 28 с.
6. Суздалева А.Л. Унифицированная методика исследования экологического состояния водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций // Региональная экология. 2000. № 1-2. С. 58-61.
7. ПНД Ф 14.1:2:4.154-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения из-

мерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. М.: Аналитический центр контроля качества воды, ЗАО «РОСА», 1999. (издание 2004 г.)

8. Волшаник В.В. Инженерные пути решения проблемы улучшения экологического состояния прудов и малых рек / В.В. Волшаник, А.Г. Пешнин, В.Б. Родионов, А.Н. Юрченко, Н.Н. Амирова, И.В. Доркина // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. Вып. 12. М.: Изд-во ОАО «НИИЭС», 2003. С. 367-377.

9. Кошелева С.И. Формирование гидрохимического режима водоемов-охладителей // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / Отв. ред. М. Ф. Поливанная; АН УССР, Ин-т Гидробиологии, Киев: Наукова думка, 1991. С. 24-49.



K.S. Kotkin

## SELF-REGENERATION OF ECOSYSTEM OF KURSK NPP COOLING RESERVOIR AFTER MASS TILAPIA MORTALITY

An ecological meliorative effect of technical water supply was shown by the example of the Kursk NPP cooling reservoir self-purification after the mass tilapia mortality in 2009. A permanganate index of water samples from different parts of the reservoir was measured and compared with values obtained for prior years.

**Key words:** cooling reservoir, permanganate index, self-purification