

**ЯДЕРНАЯ, РАДИАЦИОННАЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**
NUCLEAR, RADIATION AND
ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 621.039 : 323.28 : 539.4
DOI 10.26583/gns-2022-04-01
EDN BGSRL

**БИОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РОСТОВСКОЙ АЭС
КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО
И ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

© 2022 Горская Ольга Ивановна

АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск, Ростовская обл., Россия
gorskaya-oi@vdpnpp.rosenergoatom.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3377-4654>

Аннотация. Системы технического и циркуляционного водоснабжения атомных станций используют воду природных или технических водных объектов для обеспечения водоснабжения атомных станций. Отдельные элементы и оборудование технической воды, называются системой технического водоснабжения. В системах технического и циркуляционного водоснабжения биологические обрастания представляют собой совокупность микроорганизмов, водорослей, моллюсков, губок, мшанок и других биологических организмов, поселившихся и развивающихся на теплообменной поверхности аппаратов, в трубопроводах и на конструкциях охладителей оборотной воды. Эти обрастания образуются вследствие заноса микроорганизмов и расселительных форм организмов-обрастателей с водой из источника. С целью предупреждения и ликвидации биологических помех на оборудовании систем технического и циркуляционного водоснабжения атомных станций в АО «Концерн Росэнергоатом» принята производственная программа, направленная на проведение регулярного биолого-химического мониторинга систем водоснабжения атомных станций.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, водоем-охладитель, система циркуляционного и технического водоснабжения, биолого-химический мониторинг, Цимлянское водохранилище, приплотинный участок, градирня, продувка, биологические обрастания, биоплёнка, организмы-обрастатели, дрейссена.

Для цитирования: Горская О.И. Биолого-химический мониторинг Ростовской АЭС как эффективный инструмент предупреждения биологических помех в системах циркуляционного и технического водоснабжения // Глобальная ядерная безопасность. – 2022. – № 4(45). – С. 6–14 <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-04-01>.

Поступила в редакцию 19.09.2022
После доработки 21.11.2022
Принята к печати 29.11.2022

Системы технического и циркуляционного водоснабжения атомных станций используют воду природных или технических водных объектов для обеспечения водоснабжения систем и оборудования атомных станций ответственных и неответственных потребителей.

Система технического водоснабжения АЭС предназначена для отвода тепла от основных и вспомогательных агрегатов в окружающую среду. Отдельные элементы и оборудование технической воды, рассматриваемые как единое целое, называются системой технического водоснабжения [1].

Ответственные потребители – это системы и оборудование атомной станции, допускающие перерыв водоснабжения на время от десятков секунд до нескольких минут с последующим обязательным восстановлением поступления воды. Неответственные потребители – это системы и оборудование атомной станции, перерыв в водоснабжении которых без развития аварийной ситуации может составлять более длительный промежуток времени, например, от нескольких минут до нескольких часов с последующим обязательным восстановлением поступления воды.

Контур охлаждающей циркуляционной воды включает в себя конденсаторы паровых турбин, маслоохладители и воздухоохладители турбинных агрегатов. К системам технической воды ответственных потребителей относятся теплообменники бассейнов выдержки и перегрузки, теплообменники расхолаживания реакторной установки, теплообменники охлаждения продувочной воды реакторной установки, теплообменники автономных контуров охлаждения главных циркуляционных насосов и ряд другого технологического оборудования. К системам технической воды неответственных потребителей относятся подшипники насосов, теплообменники вентиляционных систем и теплообменники доохлаждения продувочной воды парогенераторов.

Кроме этого, на атомных станциях водоснабжение подается в системы подпитки I и II контуров, тепловой сети, санитарно-бытового и хозяйственно-бытового водоснабжения.

В системах технического и циркуляционного водоснабжения биологические обрастания представляют собой совокупность микроорганизмов, водорослей, моллюсков, губок, мшанок и других биологических организмов, поселившихся и развивающихся на теплообменной поверхности аппаратов, в трубопроводах и на конструкциях охладителей оборотной воды [2]. Эти обрастания образуются вследствие заноса микроорганизмов и расселительных форм организмов-обрастателей с водой из источника и наличия благоприятных условий для их размножения в системе оборотного водоснабжения – комфортная температура воды в диапазоне 15-40°C, присутствие в воде питательных веществ, необходимых для роста и развития организмов-обрастателей, наличие удобных субстратов для заселения.

Появление в трубах и на стенках теплообменных аппаратов биологических обрастаний снижает напор воды, в результате чего насосы не в состоянии подавать нужное для охлаждения количество воды. Большое значение имеет обрастание на различных теплообменных поверхностях, в частности в системах водоснабжения тепловых и атомных электростанций. Так, вследствие образования на трубках конденсаторов электростанции слоя обрастания всего 0,1 мм теплоотдача снижается с 3700 до 900 ккал/(м²·ч·°C), т.е. более чем в 4 раза [3].

Ухудшение условий теплопередачи и уменьшение расходов охлаждающей воды приводят к снижению эффекта охлаждения, нарушению технологических режимов работы теплообменных аппаратов и, в конечном итоге, к значительным производственным и экономическим потерям.

Качественный и количественный состав и интенсивность биологических обрастаний зависят от физических и химических свойств воды, а также от условий ее использования. Основными формами биологических обрастаний являются зооглейные и нитчатые бактерии, водоросли различных групп, инфузории и другие простейшие, мшанки, губки, моллюски.

Бактерии всегда появляются первыми в составе обрастаний закрытых теплообменных аппаратов, в трубопроводах, на градирнях, в брызгальных бассейнах, а также на оросительных холодильниках. Самыми первыми появляются так называемые зооглейные бактерии, образующие более или менее крупные студенистые скопления клеток, окруженных слизистой капсулой. Весьма часто в водопроводных трубах

поселяются нитчатые железобактерии, которые значительно уменьшают пропускную способность труб, вплоть до их полного закупоривания.

Бактерии, первыми заселяющими поверхность трубопроводов, теплообменников и другого оборудования формируют биопленку.

Биоплёнка – это конгломерат микроорганизмов, расположенных на какой-либо поверхности, клетки которых прикреплены друг к другу. Обычно клетки погружены в выделяемое ими внеклеточное полимерное вещество (внеклеточный матрикс) – слизь. Развитие биоплёнки, а иногда и саму биоплёнку также называют биообрастанием. Термин «биоплёнка» определяется по-разному, но в целом можно сказать, что биоплёнка – обладающее пространственной и метаболической структурой сообщество (колония) микроорганизмов, расположенных на поверхности раздела сред и погружённых во внеклеточный полимерный матрикс. Обычно биоплёнки образуются в контакте с жидкостями при наличии необходимых для роста веществ.

Сформировавшиеся биопленки формируют субстрат, к которому прикрепляются велигеры двустворчатых моллюсков, статобласты мшанок, геммулы губок, споры водорослей. С этого момента развивается второй этап формирования биологического обрастания – развитие колониальных форм организмов-обрастателей, которые вызывают нарушение теплообменной и охлаждающей способности оборудования, нарушение водотока вплоть до полной закупорки просветов трубопроводов.

Частным распространенным видом биопомех является биодеструкция. Наиболее агрессивные биодеструкторы материалов – микроорганизмы, грибы, микроводоросли, которые входят в состав сформировавшегося биообрастания как его отдельных компонент, либо формируют самостоятельную разновидность биообрастания – биопленки. Жизнедеятельностью нежелательных микроорганизмов-биодеструкторов обусловлено более 40 % регистрируемых биоповреждений, их агрессивные метаболиты – одна из основных причин биокоррозии.

Биопомехи, возникающие в водоеме-охладителе, могут привести к отклонениям его характеристик от проектных. Так, скопление на дне водоема биогенных отложений в виде раковин моллюсков, остатков высших водных растений приводит к уменьшению глубины водоема, созданию предпосылок массового поступления в системы водоснабжения влекомых биогенных наносов [4].

Биопомехи в системах подведения и отведения циркуляционной охлаждающей воды, устройствах дополнительного охлаждения (подводящий, отводящий каналы, брызгальные бассейны, градирни) наиболее опасны, так как они сказываются непосредственно на работе блочной насосной станции и систем водоснабжения. Биопомехи вызываются личинками дрейссены, которые с током воды могут распространяться по техническим водоводам и формировать обрастание. Поселение в канале одних организмов, вызывающих биопомехи, может создавать условия для поселения других. Так, поселение дрейссены на твердом бетонном субстрате создает условия для произрастания укореняющихся высших водных растений.

Для перифитона (биологических обрастателей) качество субстрата очень важно, но, как отмечено многими исследователями, заселяются практически все субстраты, попадающие в воду. В этом состоит сложность борьбы с обрастанием. Однако состав и обилие организмов перифитона на разных субстратах может значительно различаться даже в одном водоеме и при сходных прочих условиях.

Проблема формирования биологических обрастаний в системах технического и циркуляционного водоснабжения остро стоит для атомной энергетики всего мира.

Общий мировой ущерб от биопомех составляет более 50 млрд. долларов США в год. Только в США ежегодные затраты на ликвидацию биологических обрастаний чужеродным понто-каспийским двустворчатым моллюском *Dreissena polymorpha* и *Dreissena bugensis* (в судоходстве, питьевом водоснабжении, электроэнергетике) составляет более 3,1 млрд. долларов [5].

Биологические помехи регистрируются и на российских атомных станциях. Видовой спектр организмов обрастателей варьирует в зависимости от климатических особенностей региона размещения конкретной атомной станции, особенностей ее системы технического водоснабжения, характеристик источника водоснабжения и других показателей, однако биологические помехи той или иной степени интенсивности регистрируются на всех атомных станциях.

С целью предупреждения и ликвидации биологических помех на оборудовании систем технического и циркуляционного водоснабжения атомных станций в АО «Концерн Росэнергоатом» принята производственная программа, направленная на проведение регулярного биолого-химического мониторинга систем водоснабжения атомных станций [6, 7].

Биолого-химический мониторинг – это одно из направлений экологического мониторинга, которое реализуется через постоянно действующую систему долговременных регулярных наблюдений в пространстве (сеть наблюдений) и во времени (режим наблюдений), направленную на получение информации о состоянии (пространственном распределении, временной динамике, количественным показателям) ключевых биологических объектов (сообществ, группировок живых организмов, популяций отдельных видов), протекании биологических процессов (продукции и деструкции органического вещества) а также информации об основных параметрах окружающей среды (гидрофизических и гидрохимических), характеризующих условия существования ключевых биологических объектов и формирующихся, в том числе под влиянием внешних факторов – естественных и антропогенных [8].

Полученная в ходе проведения биолого-химического мониторинга информация позволяет оценивать степень развития рисков формирования биологических обрастаний и биологических помех на оборудовании систем водоснабжения, проводить оценку этих рисков, своевременно разрабатывать и выполнять планы мероприятий по управлению рисками. Таким образом можно предупредить отказы и остановки оборудования, повысить надежность систем водоснабжения, снизить эксплуатационные расходы.

На Ростовской атомной станции биолого-химического мониторинг выполняется на регулярной основе, начиная с 2015 года. Биолого-химический мониторинг осуществляется на сети наблюдений, охватывающей открытую часть системы технического водоснабжения (акваторию водоема-охладителя Ростовской АЭС и части акватории водоема подпитки – Приплотинного плеса Цимлянского водохранилища, внешних гидротехнических сооружений – выпускных и подводящих каналах, вблизи отсыпок дамб, на элементах оборудования водозаборных сооружений, а также башенных испарительных градирен) и закрытую часть системы технического водоснабжения Ростовской АЭС.

Наблюдения биолого-химического мониторинга осуществляются в трех основных режимах:

- регулярном, с периодичностью от нескольких дней до одного раза в квартал в зависимости от жизненного цикла организмов-мишеней и технологического цикла Ростовской АЭС на базовых станциях сети наблюдений;
- ежегодном, в течение вегетационного периода, с периодичностью один-три раза в год (в зависимости от показателя) на сети наблюдений, охватывающей наиболее важные участки открытой части системы технического водоснабжения;
- инвентаризационном, с периодичностью 1 раз в 3 года на всех участках системы технического водоснабжения на расширенной сети наблюдений.

Кроме этого, наблюдения вне режима осуществляются на осушенных и вскрытых участках оборудования внутренней части систем технического водоснабжения и

гидротехнических сооружениях в соответствии с графиком плановых мероприятий и неплановыми осушкой и вскрытиями оборудования.

На Ростовской АЭС разработаны индивидуальная программа биолого-химического мониторинга и индивидуальная дорожная карта в случаях проведения биомелиорационных (рыбохозяйственных) и биоремедиационных (альголизация) мероприятий, испытаний новых методов защиты оборудования СТВ от биопомех, обнаружения новых типов биопомех

В соответствии с МТ 1.1.4.02.999.1774-2020 [8] на Ростовской АЭС проводятся непрерывные наблюдения за динамикой расселительных стадий обрастателей и других нежелательных организмов как основы планирования защитных мероприятий, специализированные наблюдения за обрастанием на внешних гидротехнических сооружениях, наблюдения на внутренних участках систем технического водоснабжения (технический мониторинг). Кроме этого, специалисты Ростовской АЭС и привлеченные специалисты специализированных подрядной организации проводят работы по оптимизации использования биоцидных обработок, тестированию в производственных условиях различных средств и методов борьбы с биологическими обрастаниями.

В процесс мониторинга наличия биологических обрастаний и биологических помех включены специалисты цехов-владельцев оборудования, которые имеют возможность в ежедневном режиме контролировать технологические параметры работы, оборудования, отмечать все изменения и отклонения в работе оборудования, связанные с развитием биопомех. При выполнении работ на вскрытом оборудовании специалисты цехов имеют возможность непосредственно выявлять наличие биологических обрастаний.

При обнаружении организмов-обрастателей на внутреннем оборудовании системы технического водоснабжения и башенных испарительных градирен в период осмотров и ремонтов эксплуатационным персоналом производится их фотофиксация, отбор и консервация проб для последующей передачи на идентификацию, оформление карт информационного опроса персоналом цехов-владельцев оборудования.

Одним из результатов наблюдений в рамках технического мониторинга является выявление вторичных очагов расселения нежелательных организмов, источников формируемого ими обломочного материала (биогенных наносов), оценка распределения и количественного развития обрастания в зависимости от наиболее важных параметров среды, использование результатов для создания и верификации карт (атласа) биопомех с целью выявления причин и прогноза возможного аномального развития нежелательных биологических организмов в системе технического водоснабжения.

Одновременно осуществляется контроль физико-химических параметров циркуляционной и технической воды, воды водоема-охладителя и водоема подпитки – Цимлянского водохранилища с целью установления условий, способствующих или препятствующих росту популяций организмов-биообрастателей, их расселению и колонизации новых участков оборудования и трубопроводов, гидротехнических сооружений.

За время проведения биолого-химического мониторинга на Ростовской АЭС были определены: состав сообществ организмов-биообрастателей, перечень оборудования и гидротехнических сооружений, подверженных биологическим обрастаниям, составлены карты распространения биопомех, установлены долговременные тренды развития сообществ организмов-биообрастателей в зависимости от складывающихся гидрологических, гидрофизических и гидрохимических условий в открытой и закрытой частях систем технического и циркуляционного водоснабжения.

Непрерывно проводимый анализ рынка современных противообрастательных технологий, противообрастательных покрытий, биоцидных препаратов позволил

протестировать и внедрить в производственный процесс новые эффективные средства и методы предупреждения биологических обрастаний, биологической коррозии.

Результаты биолого-химического мониторинга на Ростовской АЭС показывают, что в структуре биопомех на оборудовании внутренней части системы технического водоснабжения вносят двустворчатые моллюски *Dreissena polymorpha* и *Dreissena bugensis*. Свой вклад в структуру биопомех также вносят пресноводные мшанки. На конструктивных элементах башенных испарительных градирен формирование биопомех связано преимущественно с развитием зеленых нитчатых водорослей нескольких видов и двустворчатого моллюска – дрейссены. В условиях внутренней части системы технического водоснабжения АЭС и гидротехнических сооружений Ростовской складываются благоприятные условия для развития популяций зеленых нитчатых водорослей, двустворчатых моллюсков двух видов рода двустворчатых моллюсков *Dreissena*, мшанок *Plumatella emarginata*, *Plumatella fungosa* [9].

Специалисты-биологи на протяжении последних лет не регистрировали негативной динамики, связанной с расширением спектра видов организмов-биообрастателей, критическим ростом численности их популяций в пределах внутренней части системы технического водоснабжения Ростовской АЭС, сукцессионными процессами в сообществах гидробионтов и прежде всего, организмов – биообрастателей во внешней части системы технического водоснабжения (водоем-охладитель Ростовской АЭС). Вместе с тем вероятность появления новых чужеродных видов, способных вызывать биологические обрастания остается высокой в связи с тем, что открытая часть системы технического водоснабжения Ростовской АЭС не является изолированной системой, а водоем подпитки – Цимлянское водохранилище является транзитным хабом для перевозки различных грузов водным транспортом. В этих условиях всегда существует возможность попадания в экосистему новых чужеродных видов, прикрепившихся к речным и морским судам.

Специалистами отмечается [9-11], что спектр оборудования внутренней части СТВ, на котором регистрируются биопомехи, за последние годы существенных изменений не претерпел, а интенсивность биопомех варьирует в зависимости от сезонных особенностей протекания вегетационного периода.

Технические меры, предпринимаемые специалистами Ростовской АЭС для предупреждения развития биопомех на оборудовании СТВ, трубопроводах циркуляционного и технического водоснабжения (механическая очистка оборудования, гидромеханическая очистка, шарикоочистка, хлорирование, использование ингибитора коррозии Оптион 713, использование фильтров «Taprogge», спецокраска оборудования, трубопроводов, гуммирование внутреннего просвета оборудования демонстрируют высокую степень эффективности.

В целом, прогнозные данные по развитию биопомех на оборудовании внутренней части системы технического водоснабжения Ростовской АЭС, гидротехнических сооружений, а также касающиеся динамики популяций организмов-обрастателей в водоеме-охладителе позволяют констатировать, что в настоящий момент риск развития биопомех носит умеренный характер, а популяции организмов обрастателей в водоеме-охладителе в 2022 г. не претерпят выраженных изменений.

В случае необходимости принятия оперативных и долгосрочных мер борьбы с биологическими обрастаниями сформированы базы данных о перспективных и эффективных методах борьбы с биообрастаниями, оценена экономическая эффективность их применения, сформированы краткосрочные и долгосрочные планы по предупреждению биопомех.

В качестве рекомендательных мер, направленных на предупреждение биопомех на Ростовской АЭС специалистами специализированной подрядной организации предложено принимать оперативные меры по механической очистке оборудования, проведения интенсивных разовых биоцидных обработок оборудования, использования

ряда перспективных биоцидных препаратов – например, диоксида хлора, применения современных эффективных биоцидсодержащих лакокрасочных материалы, а также не содержащих биоцидные вещества полимерных покрытий. Также, применительно к технологическому оборудованию Ростовской АЭС рекомендовано использование самоочищающихся механических фильтров.

Рассматривается возможность продолжения тестирования в производственных условиях современных противообрастательных технологий, основанных на физических принципах борьбы с организмами-обрастателями.

Отмечается высокая эффективность проведения альголизации водоема-охладителя Ростовской АЭС и Приплотинного плеса Цимлянского водохранилища. Ежегодная альголизация позволяет предупреждать развитие сине-зеленых водорослей, взрывообразный рост популяции которых в водоемах Ростовской области может служить причиной механической закупорки трубопроводов, сороудерживающих сетов, а также являться причиной заморов рыбы и резкого ухудшения гидрохимического режима водоемов.

Кроме того, констатируется положительный эффект реализации стратегии биологической мелиорации водоема-охладителя Ростовской АЭС и Цимлянского водохранилища, который проявляется в успешном регулировании развития популяций высшей водной растительности, организмов-обрастателей непосредственно в водоемах, гармонизации ихтиоценоза водных объектов [7, 12].

Специалисты отмечают, что на Ростовской АЭС функционирует эффективная система борьбы с биопомехами, позволяющая минимизировать возможность развития нештатных ситуаций на оборудовании системы технического и циркуляционного водоснабжения, экономические потери

В целом, оценивая целесообразность и эффективность биолого-химического мониторинга, проводимого на Ростовской АЭС, можно говорить, что он действенным инструментом предупреждения биологических помех в системах циркуляционного и технического водоснабжения. Благодаря регулярному проведению биолого-химического мониторинга осуществляется сбор информации о состоянии экосистем водоемов-охладителей, пространственном распределении, состоянии и динамике популяций видов-источников возникновения и развития биопомех в системах технического и циркуляционного водоснабжения атомной станции.

Получаемые в ходе проведения биолого-химического мониторинга данные в комплексе с информационными данными, позволяют иметь полную картину текущего состояния природных объектов в районе размещения Ростовской атомной станции, оценивать степень экологического воздействия атомной станции на окружающую среду, а также регулировать степень воздействия окружающей среды на безопасную эксплуатацию атомной станции.

Полученные результаты мониторинга (информация) дают возможность выбора и планирования применения мер предупреждения и контроля развития организмов-обрастателей на оборудовании СТВ, локализации и контроля их поселений на оборудовании системы технического водоснабжения Ростовской АЭС, в водоеме-охладителе и водоеме-подпитки для обеспечения бесперебойной и безопасной работы технологического оборудования [9, 10].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Водопользование на атомных станциях. Классификация охлаждающих систем водоснабжения. Стандарт организации. СТО 1.1.1.02.006.0689-2019. – АО «Концерн Росэнергоатом», 2019. – 48 с.
2. *Макрушин, А.В.* Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения / Макрушин А.В. – Ленинград : АН СССР, 1974. – 53 с.

3. *Лудянский, М.Л.* Методы борьбы с биологическими обрастаниями в системе водоснабжения металлургического предприятия / М.Л. Лудянский, А.П. Выскребец // Промышленная энергетика. – 1981. – № 11. – С. 123-129.
4. *Морозовская, И.А.* Зооперифитон и обрастание в водоемах-охладителях атомных и тепловых электростанций / И.А. Морозовская, А.А. Протасов // Ядерная энергетика та доккілля. – 2013. – № 2. – С. 55-58. – URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/jaed_2013_2_11.
5. *Орлова, М.И.* Биообрастание, морские и континентальные воды: теория, практика, перспективы региональных междисциплинарных исследований / М.И. Орлова, В.А. Родионов // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 121-136.
6. *Методические рекомендации* по применению методов борьбы с биопомехами. МР 1.1.4.04.1542-2019. – Москва. – 239 с.
7. *Предупреждение развития* биологического обрастания на оборудовании систем технического водоснабжения и в водоеме-охладителе Ростовской АЭС с учетом расширения Ростовской АЭС до мощности 4000МВт. Долгосрочная программа. ГТП-09/13/241/9/199731-Д-СП. – 141 с.
8. *Ведение биолого-химического мониторинга* систем циркуляционного и технического водоснабжения атомных станций. Методика. МТ 1.1.4.02.999.1774-2020. – Москва. – 71 с.
9. *Отчет о результатах биолого-химического мониторинга* СТВ Ростовской АЭС. ГТП-2021 – 06/13/1136/9/137042-Д – 03 – СП. – ООО НПО «Гидротехпроект», 2021.
10. *Отчет о результатах биолого-химического мониторинга* СТВ Ростовской АЭС. ГТП-2020. – 06/13/180/9/111324-Д – 03 – СП. – ООО НПО «Гидротехпроект», 2020. – 313 с.
11. *Отчет о результатах биолого-химического мониторинга* СТВ Ростовской АЭС. ГТП-2019 – 08/57/54/9/75522-Д – 03 – СП. – ООО НПО «Гидротехпроект», 2019. – 313 с.
12. *Ростовская АЭС.* Обоснование мер по сохранению биоресурсов и среды их обитания при осуществлении хозяйственной деятельности по эксплуатации энергоблока № 4 в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104% от номинальной с вентиляторными градирнями. – Отчет. – ООО НПО «Гидротехпроект». – СП. – 2022. – 596 с.

REFERENCES

- [1] Vodopol'zovanie na atomnyh stanciyah. Klassifikaciya ohlazhdayushchih sistem vodosnabzheniya. Standart organizacii. STO 1.1.1.02.006.0689-2019 [Water Management in Nuclear Power Plants. Classification of Cooling Water Supply Systems. Standard of the Organization. STO 1.1.1.02.006.0689-2019], JSC Concern Rosenergoatom, 2019, 48 p. (in Russian).
- [2] Makrushin, A.V. Bibliograficheskij ukazatel' po teme «Biologicheskij analiz kachestva vod» s prilozheniem spiska organizmov-indikatorov zagryazneniya [Bibliography on "Biological Analysis of Water Quality" with Annexed List of Indicator Organisms], Leningrad: AN SSSR [Leningrad: USSR Academy of Sciences], 1974, 53 p. (in Russian).
- [3] Ludyanskiy, M.L. Metody bor'by s biologicheskimi obrastaniyami v sisteme vodosnabzheniya metallurgicheskogo predpriyatiya [Methods to Control Biological Fouling in the Water Supply System of Metallurgical Plant], Promyshlennaya energetika [Industrial power], 1981, no. 11, p. 123-129 (in Russian).
- [4] Morozovskaya, I.A. Zooperifiton i obrastanie v vodoemah-ohladitelyah atomnyh i teplovyh elektrostancij [Zooperyphyton and Fouling in Cooling Ponds of Nuclear and Thermal Power Plants], Ядерная энергетика та доккілля, 2013, no. 2, pp. 55-58, http://nbuv.gov.ua/UJRN/jaed_2013_2_11 (in Russian).
- [5] Orlova, M.I. Bioobrastanie, morskoe i kontinental'nye vody: teoriya, praktika, perspektivy regional'nyh mezhdisciplinarnykh issledovaniy [Biofouling, Marine and Continental Waters: Theory, Practice, Perspectives for Regional Interdisciplinary Research], Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika [Fundamental and Applied Hydrophysics], 2020, vol. 13, no. 4, pp. 121-136 (in Russian).
- [6] Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu metodov bor'by s biopomekhami. MR 1.1.4.04.1542-2019 [Methodological Recommendations on the Application of Biosolids Control Techniques. MR 1.1.4.04.1542-2019]. Moscow, 239 p. (in Russian).
- [7] Preduprezhdenie razvitiya biologicheskogo obrastaniya na oborudovanii sistem tekhnicheskogo vodosnabzheniya i v vodoeme-ohladitele Rostovskoj AES s uchetom rasshireniya Rostovskoj AES do moshchnosti 4000MVt. Dolgosrochnaya programma. GTP-09/13/241/9/199731-D-SP [Prevention of Biological Fouling Development on the Equipment of Technical Water Supply Systems and in the Cooling Pond of Rostov NPP Taking into Account Expansion of Rostov NPP up to 4000 MW Capacity. Long Term Programme. GTP -09/13/241/9/199731 – D-SP], 141 p. (in Russian).

- [8] Vedenie biologo-himicheskogo monitoringa sistem cirkulyacionnogo i tekhnicheskogo vodosnabzheniya atomnyh stancij. Metodika. MT 1.1.4.02.999.1774-2020 [Maintaining Biological and Chemical Monitoring of the Circulating and Technical Water Supply Systems of Nuclear Power Plants. Methodology. MT 1.1.4.02.999.1774-2020]. Moscow, 71 p. (in Russian).
- [9] Otchet o rezul'tatah biologo-himicheskogo monitoringa STV Rostovskoj AES. GTP – 2021 – 06/13/1136/9/137042-D – 03 – SP [Report on the Results of Biological and Chemical Monitoring of the Rostov NPP STS. GTR – 2021 – 06/13/1136/9/137042-D – 03 – SP], OOO NPO «Gidrotekhproekt» [Research and Production Association "Gidrotekhproekt" Ltd], 2021 (in Russian).
- [10] Otchet o rezul'tatah biologo-himicheskogo monitoringa STV Rostovskoj AES. GTP-2020. – 06/13/180/9/111324-D – 03 – SP [Report on the Results of Biological and Chemical Monitoring of the Rostov NPP STS. GTP-2020. – 06/13/180/9/111324-D – 03 – SP], OOO NPO «Gidrotekhproekt» [Research and Production Association "Gidrotekhproekt" Ltd], 2020, 313 p. (in Russian).
- [11] Otchet o rezul'tatah biologo-himicheskogo monitoringa STV Rostovskoj AES. GTP – 2019 – 08/57/54/9/75522-D – 03 – SP [Report on the Results of Biological and Chemical Monitoring of the Rostov NPP STS. GTR – 2019 – 08/57/54/9/75522-D – 03 – SP], OOO NPO «Gidrotekhproekt» [Research and Production Association "Gidrotekhproekt" Ltd], 2019, 313 p. (in Russian).
- [12] Rostovskaya AES. Obosnovanie mer po sohraneniyu bioresursov i sredy ih obitaniya pri osushchestvlenii hozyajstvennoj deyatel'nosti po ekspluatatsii energobloka № 4 V 18-mesyachnom toplivnom cikle na moshchnosti reaktornoj ustanovki 104% ot nominal'noj s ventilyatornymi gradirnyami [Rostov NPP. Justification of Measures on Preservation of Bioresources and their Habitats during Economic Activity on Operation of Power Unit No.4 In 18-month Fuel Cycle at Capacity of Reactor Unit 104% of Nominal Capacity with Fan Cooling Towers], Report, OOO NPO «Gidrotekhproekt». St. Petersburg, 2022, 596 p. (in Russian).

Biological and Chemical Monitoring of Rostov NPP as Effective Tool to Prevent Biological Disturbances in the Circulation and Technical Water Supply Systems

Olga I. Gorskaya

*АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск, Россия
gorskaya-oi@vdpnp.rosenergoatom.ru; ORCID iD: 0000-0003-3377-4654*

Received by the editorial office on 09/19/2022

After completion on 11/21/2022

Accepted for publication on 11/29/2022

Abstract. The technical and circulating water supply systems of nuclear power plants use water from natural or technical water bodies to provide the water supply to the nuclear power plants. Individual elements and equipment of technical water, are called technical water supply systems. In technical and circulating water supply systems, biological fouling is a collection of microorganisms, algae, molluscs, sponges, bryozoans and other biological organisms that have settled and developed on the heat exchange surfaces of units, in pipelines and on the structures of circulating water coolers. This fouling is caused by the introduction of micro-organisms and dispersal forms of fouling organisms with water from the source. In order to prevent and eliminate biological fouling on the equipment of technical and circulating water supply systems of nuclear plants, Rosenergoatom Concern JSC has adopted a production programme aimed at regular biological and chemical monitoring of water supply systems of nuclear plants.

Keywords: Rostov NPP, cooling pond, circulating and technical water supply system, biological and chemical monitoring, Tsimlyansk Reservoir, near dam section, cooling tower, blowdown, biological fouling, biofilm, fouling organisms, zebra mussel.

For citation: Gorskaya O.I. Biological and Chemical Monitoring of Rostov NPP as Effective Tool to Prevent Biological Disturbances in the Circulation and Technical Water Supply Systems // Global Nuclear Safety. 2022. Vol. 4(45). P. 6-14. <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-04-01>.