

УДК 556. 114

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАНАЛА
ЕРТИС – КАРАГАНДА**Сообщение 5. Накипеобразующие свойства воды.

Доктор геогр. наук С.М. Романова

Приведен анализ литературных данных и материалы собственных многолетних исследований по изучению накипеобразующих свойств воды канала им. К. Сатпаева, используемой для подпитки водоемов-охладителей Экибастузских ГРЭС.

Нормальная работа ГРЭС обеспечивается при условии достаточного охлаждения турбогенераторов. В настоящее время применяется в основном водное охлаждение по прямоточной, оборотной и смешанной схемам с использованием различных водоемов (водохранилищ, озер, лиманов). Сброс нагретых циркуляционных вод в водоемы-охладители существенно изменяет их тепловой баланс и термический режим по сравнению с естественными водоемами. Рост температуры воды в водоеме-охладителе (ВО) влечет за собой изменение скорости протекания различных процессов, наступают существенные сдвиги в режимах. Так, повышение температуры воды сказывается на изменении ее химического состава, приводящее к таким нежелательным процессам, как евтрофирование, накипеобразование и др. Как у нас, так и за рубежом имеется еще мало данных для решения важных вопросов. Например, как влияет сброс горячей воды на накипеобразующие свойства охлаждающей воды, какие основные критерии и требования выбрать для характеристики качества охлаждающей воды и ряд других вопросов. А изыскание методов предотвращения и удаления отложений в системах охлаждения технического водоснабжения вообще является предметом самостоятельного исследования и до сих пор находится на стадии разработки. Вода канала Ертис – Караганда используется для подпитки водохранилищ-охладителей Экибастузских ГРЭС и поддержания нормального уровня водоемов.

В данном сообщении изложены материалы многолетних полевых и лабораторных исследований, проведенных автором по оценке накипеобразующих свойств воды канала им. К. Сатпаева (КЕК). Результаты, приведенные в настоящем сообщении, являются первой попыткой подытожить

и обобщить имеющиеся по затронутым вопросам материалы и этим в какой-то мере внести вклад в решение проблемы «теплового загрязнения» водоемов РК, а также целенаправить дальнейшие исследования.

Основными требованиями, предъявляемыми к качеству охлаждающей воды, являются: температура, способная обеспечивать нормальное охлаждение теплообменной аппаратуры; отсутствие в системе охлаждения отложений минерального и биологического характера, а также коррозии металлического оборудования.

Основной причиной образования накипи и минеральных отложений является, прежде всего, карбонатные соли кальция и магния [5, 8]. Но не всегда гидрокарбонатные соли разлагаются при нагревании воды в теплообменниках. Распад происходит только при превышении предельно-допустимой величины данного состава охлаждающей воды. Поэтому критерием для оценки накипеобразующих свойств воды служат следующие величины: *жесткость* (общая, карбонатная, некарбонатная, предельно-допустимая) [5]; *стабильность* воды на выпадение карбоната кальция или его растворения вследствие наличия в воде агрессивного диоксида углерода [3, 4, 9]. Кроме названных величин для оценки свойств накипеобразования воды ВО, приходится изучать и состояние *карбонатно-кальциевого равновесия*. Известно, что бикарбонаты вместе с карбонатными ионами, ионами кальция, растворенным диоксидом углерода являются основными компонентами карбонатной системы. С карбонатной системой непосредственно связаны ионы водорода и косвенно весь комплекс растворенных веществ.

Процессы *накипеобразования*. Попадая в систему технического водоснабжения, природная вода под действием специфических для систем факторов изменяет свой физико-химический и биологический состав, что может привести к образованию накипи в конденсаторах турбин.

Одной из проблем является качество охлаждающей воды. Так, из-за повышенной жесткости охлаждающей воды на внутренних поверхностях трубок конденсаторов многих электростанций образуются минеральные отложения; бактериальная флора в охлаждающей воде приводит к образованию органических отложений в теплообменных аппаратах. Это приводит в конечном итоге к перерасходу топлива, а в ряде случаев к ограничению мощности турбин. Развитие в водохранилищах-охладителях высшей и низшей водной растительности в активной зоне приводит к ухудшению охлаждающей способности водохранилища. Не менее важной проблемой является сброс в открытые водоемы и водотоки теплой воды, что вызывает изменение их гидрохимического и гидробиологического режимов.

Температура воды – основной фактор, определяющий изменение всех химических и биологических процессов в водоемах. При повышении температуры растворимость диоксида углерода в воде снижается. Дефицит CO_2 в охлаждающей воде вызывает повышение значений pH и образование карбоната кальция, что приводит к загрязнению минеральными веществами поверхностей, омываемых охлаждающей водой, и особенно поверхностей нагрева. Использование воды плохого качества и дальнейшее его ухудшение при повышении температуры обуславливают образование минеральных отложений на трубках конденсаторов турбин. Наиболее выраженными накипеобразующими свойствами обладают сильно минерализованные воды, поэтому процессы накипеобразования изучались, прежде всего на примере морской воды. Накипеобразование обуславливается содержанием в воде накипеобразующих ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- и протекает в том случае, если произведение активных концентраций ионов накипеобразователей становится большим, чем произведение растворимости того или иного соединения. Тогда рассол становится пересыщенным по отношению к этим соединениям. Это относится в первую очередь к соединениям CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaSO_4 , у которых с ростом температуры коэффициент растворимости уменьшается. В пересыщенном состоянии вода может находиться некоторое время, если отсутствуют центры кристаллизации. Такими центрами являются зародыши кристаллов накипи на стенках теплопередающей поверхности, частицы взвеси продуктов коррозии, микрокристаллы накипи, образовавшиеся в толще воды в результате местных изменений концентрации и т.п.

Если центры кристаллизации возникают на твердой поверхности, происходит, так называемое, первичное накипеобразование. Если они образуются в самом рассоле, идет процесс выделения шлама, способного удаляться продувкой. Наблюдается также явление оседания и схватывания шламовых частиц на поверхности нагрева, приводящее к образованию «вторичной» накипи. Количество образующейся накипи, ее состав, структура и свойства зависят от концентрации солей в кипящем рассоле, от температуры рассола, а также от величины теплового потока (или температурного напора). При температуре ниже $80\text{ }^\circ\text{C}$ из раствора в виде накипи или шлама выделяется CaCO_3 . Рост температуры выше $80\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к образованию накипи, составной частью которой является $\text{Mg}(\text{OH})_2$, иногда присутствует $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При температуре выше $100\text{...}105\text{ }^\circ\text{C}$ увеличивается содержание CaSO_4 в составе компонентов накипи.

В каждом конкретном случае на практике приходится решать вопрос, как предотвратить накипеобразование в конденсаторах турбин или бороться с ним, если отложения уже образовались. На примере водоемов-охладителей видно разнообразие методов предотвращения и борьбы с этим неблагоприятным явлением.

Вода КЕК, питающего водоемы-охладители ЭГРЭС, по существующей шкале жесткости может быть отнесена к мягкой [7], т.к. значения ее общей жесткости не превышают 3,20 ммоль/л экв. весной 1993 г., а в остальные сезоны года колеблются в пределах 1,30...2,35 ммоль/л экв. Полученные нами данные по общей жесткости согласуются с данными Н.А. Амиргалиева [1, 2]. Так, за период 1969...1978 гг. и 1979...1987 гг. жесткость воды КЕК (у Экибастузского водохранилища) составляет в среднем, соответственно, 2,17 и 1,76 ммоль/л экв.

Величина карбонатной жесткости постоянно превышает значения некарбонатной жесткости и составляет в большинстве случаев 69...90 % от величины общей жесткости (за исключением летнего периода 1986 г., когда этот процент составил 45). Из 49 изученных сезонов в 11 случаях величина карбонатной жесткости приближалась или составляла 100 %.

Предельно-допустимая величина карбонатной жесткости воды канала значительно выше (в среднем в 2,4 раза) фактической карбонатной жесткости. В связи с вышеизложенным вода канала являлась бы идеальной природной водой для охлаждения конденсаторов турбин ГРЭС.

Расчет показателя стабильности (S_v) [6] в различные сезоны 1985, 1986, 1989 и 1993 гг. показал, что эта величина постоянно меньше единицы (0,77...0,85). Это свидетельствует о том, что вода канала ненасыщенна карбонатом кальция, коррозионная вследствие наличия в ней агрессивного диоксида углерода и способна к дополнительному растворению в ней карбоната кальция. Следует отметить, что показатель стабильности воды канала в летнее время больше (0,85), чем в остальные сезоны года, т.е. в это время вода близка к стабильности.

Выполненный нами расчет основных компонентов карбонатно-кальциевого равновесия воды канала позволил выявить следующее. Содержание ионов Ca^{2+} колеблется в пределах 18,0...34,1, HCO_3^- – 57,9...212,9 мг/дм³, причем минимальные концентрации наблюдаются в весенний и летний периоды, а максимальные – в зимнюю межень. Концентрация равновесной CO_2 ниже (0,70...5,03 мг/дм³) свободной (1,18...16,66 мг/дм³), поэтому вода канала содержит агрессивную CO_2

(0,3...14,5 мг/дм³). Согласно существующим нормам, такое количество агрессивного CO₂ не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе. Кроме того, в связи с относительно низкой для речных вод концентрацией ионов HCO₃⁻ (< 120 мг/дм³), такая вода обладает т.н. «выщелачивающей агрессивностью», поскольку способна растворять находящейся в бетоне карбонат кальция и вымывать из тела бетона несвязанную известь – гидроксид кальция.

Вода КЕК не насыщена карбонатом кальция. Величина пересыщения воды карбонатом кальция (S/S_t) постоянно меньше единицы. Лишь в первый год исследования (1978 г.), в воде канала отмечалось некоторое превышение концентраций равновесной CO₂ над свободной, вода была насыщена и пересыщена CaCO₃, величина пересыщения не на много превышала единицу (1,2...1,5).

Поскольку заполнение и подпитка водохранилища ЭГРЭС-2 осуществляется водой КЕК по Шидертинскому каналу, представляет интерес исследовать состояние равновесия его воды на примере 1989 г. Вода канала весной и начале лета ненасыщена карбонатом кальция (S/S_t = 0,11...0,96), содержание свободной CO₂ превышает равновесную ее концентрацию на 0,2...6,4 мг/дм³. К концу летнего периода и осенью вода становится пересыщенной относительно карбоната кальция в 2,0...2,5 раза против нормального в основном из-за увеличения значений pH, содержания Ca²⁺ и CO₃⁻ ионов, чему способствует также увеличение концентрации равновесной и свободной CO₂.

Таким образом, исходная вода из канала, без антропогенного фактора (нагрева) была мягкой и не склонной к образованию накипи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш-Караганда. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 199 с.
2. Амиргалиев Н.А. Искусственные водные объекты Северного и Центрального Казахстана (гидрохимия и качество воды). – Алматы: НИЦ «Бастау», 1998. – 191 с.
3. ГОСТ 3313-46. Инструкция по определению стабильности воды. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1985. – 18 с.
4. Казиев К., Пан Л. Карбонатно-кальциевое равновесие охлаждающей воды тепловых электростанций // Вопросы водного хозяйства. – Фрунзе: Илим, 1973. – Вып. 27. – С. 79-86.

5. Кошелева С.И. Карбонатное равновесие в водоемах-охладителях тепловых электростанций // В кн.: Предотвращение минеральных и органических отложений на поверхностях теплообменных аппаратов-охладителей систем технического водоснабжения. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – С. 63 - 75.
6. Крушель Г.Е. Образование и предотвращение отложений в системах водяного охлаждения. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 202 с.
7. Материалы наблюдений за загрязнением поверхностных вод Казахской ССР, 1980...1987 гг. – Гидрохимический бюллетень. – Алма-ата, 1981 – 1988.
8. Наталюк Н.Т., Лазаренко Ю.И. Гидрохимическая характеристика охлаждающей воды ГЭС и мероприятия по предотвращению накипеобразования в конденсаторах турбин // В кн.: Гидротермические и химико-гидробиологические исследования охладителей циркуляционной воды тепловых электростанций. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 250-261.
9. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 351 с.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы

ЕРТИС ҚАРАҒАНДА КАНАЛЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ СИПАТТАМАСЫ

5-ші хабарлама. Судың қақ тузу қасиеттері Екібастұз ГРЭС-нің суытқыш - су қоймаларын қамтамасыз ету үшін қолданылатын.

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

К. Сатпаев атындағы канал суының қақ тузу қасиетін зерттеудің әдеби шолулары мен өзіндік зерттеу жұмыстарының материалдары белгіленген.