МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И НАКИПЕОБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

РД 34.37.307-87

СПО
СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И НАКИПЕОБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

РД 34.37.307-87

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО "СОЮЗТЕХЭНЕРГО"
Москва 1989

Р А З Р А Б О Т А Н О Предприятием "Южтехэнерго" Производственного объединения по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И В.Н.КОЗИН, Н.Т.НАТАЛЮК, Б.А.ШИМАНСКИЙ (Южтехэнерго), с участием Р.Н.ЭЛЕНБОГЕНОЙ (АзНИИ водных проблем)

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 18.09.87 г.

Заместитель начальника А.П.БЕРСЕНЕВ

© СПО Союзтехэнерго, 1989.

УДК 628.I

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И НАКИПЕОБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

РД 34.37.307-87

Срок действия установлен
с 0I.0I.89 г.
до 0I.0I.94 г.

Настоящие Методические указания предназначены для энергопредприятий, наладочных и проектных организаций Минэнерго СССР, научно-исследовательских институтов, занимающихся прогнозированием химического состава и накипеобразующих свойств охлаждающей воды, наладкой и эксплуатацией систем технического водоснабжения электростанций.

С введением в действие настоящих Методических указаний отменяется "Методика составления гидрохимических прогнозов с учетом накипеобразующих свойств охлаждающей воды тепловых электростанций (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, I975).

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

I.I. Прогнозирование химического состава охлаждающей воды необходимо при проектировании и эксплуатации оборотных систем технического водоснабжения, предназначенных для водоснабжения различных производств, требующих определенного качества воды.

I.2. Большинство мощных тепловых электростанций работает с оборотными системами водоснабжения, использующими в качестве охладителей водохранилища, градирни и брызгальные бассейны. В таких системах в результате многократного повторного использования охлаждающей воды происходит ускоренный (по сравнению с естественными условиями) рост общей минерализации и жесткости воды, который вызывает ухудшение ее качества. От химического качества охлаждающей воды зависит чистота поверхностей охлаждения и эко-

номичность работы паротурбинных установок. Поэтому очень важно на стадии проектирования электростанции знать предварительные данные о качестве охлаждающей воды, которые можно определить путем прогнозирования солевой концентрации.

I.3. Загрязнение внутренних поверхностей конденсаторов турбин минеральными отложениями карбонатного характера происходит в результате распада содержащихся в воде нестабильных бикарбонатов кальция. Поэтому при прогнозировании качества охлаждающей воды электростанции необходимо особое внимание уделять определению кальциевой карбонатной жесткости и предельно допустимого ее значения. Составленный при проектировании электростанции прогноз должен служить основанием для предусмотрения в проекте (в случае выявления накипеобразующих свойств охлаждающей воды) рационального водообмена или других мероприятий по борьбе с накипью в конденсаторах турбин.

I.4. По данным Методическим указаниям прогноз качества воды может составляться как для проектируемых, так и для находящихся в эксплуатации охладителей оборотных систем водоснабжения.

2. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ

2.I. Основными факторами, влияющими на формирование химического состава воды природных источников, являются: климатические, почвенно-ботанические, гидрогеологические, гидрологические, морфометрические и водохозяйственные. Химический состав воды водохранилищ-охладителей электростанций формируется также под влиянием всех перечисленных факторов. Однако при использовании воды водохранилищ для охлаждения отработавшего пара тепловых электростанций на формирование химического состава ее влияет еще дополнительное испарение с водной поверхности, зависящее от тепловой нагрузки на водохранилище и зачастую значительно превышающее естественное. Сравнение минерализации воды ряда водохранилищ до использования их в качестве охладителей электростанций и после показало, что дополнительное испарение приводит к повышению минерализации воды на 4-I2%.

2.2. Наряду с увеличением общего солесодержания воды охладителя при испарении происходит и качественное изменение химического состава ее. Так, в результате нестабильности бикарбонатов кальция (которые при нарушении гидрокарбонатного равновесия разлагаются и образуют осадок $CaCO_3$) с увеличением минерализации рост сульфатов и хлоридов опережает рост бикарбонатов, что приводит к изменению соотношения между ионами.

2.3. Для поддержания в воде в растворенном состоянии солей $Ca(HCO_3)_2$ необходимы определенные количественные соотношения между CO_2 и HCO_3^-, меняющиеся в зависимости от содержания угольной кислоты, т.е. CO_2 и H_2CO_3 . Эти соотношения определяются константой равновесия.

По закону действия масс соотношение между содержанием H_2CO_3 и HCO_3^- характеризуется константой диссоциации первой ступени, равной при температуре около 25°С $4{,}3 \cdot 10^{-7}$. Следовательно, для поддержания в растворе определенного количества HCO_3^- требуется равновесное ему количество CO_2 . При количестве CO_2 меньше равновесного ускорится обратная реакция и содержание HCO_3^- в воде уменьшится. В растворе появятся ионы CO_3^{2-} , которые будут реагировать с ионами кальция, образуя трудно растворимый $CaCO_3$, выделяющийся в виде осадка.

2.4. Процесс выпадения карбонатов имеет большое значение при формировании химического состава природных вод и определяет такое важное свойство охлаждающей воды, как способность к образованию накипи на поверхностях охлаждения при прохождении воды через теплообменные аппараты.

2.5. Интенсивность образования накипи на поверхностях охлаждения зависит от количественного превышения в воде бикарбонатов кальция над предельно допустимым значением, характерным для определенного химического состава воды.

2.6. Нередко вода природного источника до использования ее в системе охлаждения электростанции не обладает склонностью к накипеобразованию. Однако многократное повторное использование ее в системе охлаждения может привести к образованию накипи в теплообменном оборудовании.

2.7. Существующий метод прогнозирования качества воды в водохранилищах-охладителях по водно-солевому балансу предполагает,

что при испарении с водной поверхности происходит только концентрирование солей в воде. Возможные изменения солевого состава в результате осаждения труднорастворимых солей и формирования пересыщенных растворов при этом не учитываются.

2.8. Наблюдения за формированием и изменением химического состава воды ряда водохранилищ-охладителей электростанций показали, что наибольшие расхождения отмечаются между фактическими и прогнозируемыми значениями карбонатной жесткости воды.

2.9. Содержания ионов кальция и гидрокарбонатов изменяются пропорционально кратности изменения объема воды в водохранилище за расчетный период только в том случае, если она недонасыщена карбонатом кальция. При определенных для каждого химического типа вод значениях насыщенности, называемых критическими, начинается осаждение карбоната кальция и взаимосвязь между изменением содержания кальция и гидрокарбонат-ионов и кратностью изменения объема воды приобретает сложный характер и зависит от их соотношения в природной воде.

Несмотря на осаждение карбоната кальция содержание гидрокарбонат-иона независимо от кратности изменения объема не опускается ниже 2,8-2,9 мг-экв/л в результате поступления в воду углекислоты из атмосферы.

2.10. В процессе испарения воды в водохранилищах происходит не только выпадение карбоната кальция в осадок, но и образование комплексных соединений кальция и магния с карбонат-ионом, которое повышает растворимость солей и обусловливает пересыщенность воды карбонатом кальция. Образование комплексов имеет особое значение в стабилизации растворов, пересыщенных карбонатом кальция, обусловливая нахождение его в состоянии пересыщения. Это обстоятельство выдвигает данную характеристику в ряд основных химических показателей при оценке качества воды водоемов и методики составления прогнозов его изменения под влиянием испарения.

2.11. Степень насыщенности вод карбонатом кальция возрастает до определенных для каждого класса вод значений.

Для определения степени насыщенности природных вод карбонатом кальция предлагаются номограммы, построенные с учетом комплексообразования между ионами (приложение I, рис.I-3).

2.12. Содержание ионов натрия, калия, магния, хлора, суль-

фата изменяется прямо пропорционально кратности изменения объема воды в водохранилище независимо от химического состава вод.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА

Основными данными для составления прогноза химического состава воды в проектируемых и эксплуатируемых водохранилищах являются:

3.1. Гидрологический очерк источников питания водохранилища, характеризующий сток и его режим за характерные годы (многоводный, средний по водности год и маловодный) и внутригодовое распределение стока по сезонам в среднесезонных расходах и объемах.

3.2. Водохозяйственные расчеты, определяющие размеры и основные эксплуатационные характеристики режима водохранилища, к которым относятся:

отдача водохранилища;

порядок водоиспользования;

объем водохранилища - полезный, "мертвый" и общий;

кривые площадей, объемов и глубин водохранилища;

посезонные или помесячные данные потерь воды из водохранилища: естественное и дополнительное испарение, фильтрация, водопотребление, сток;

начало и план наполнения водохранилища (выбор водоносности реки для момента наполнения, определение возможности водозабора при этом и т.п.) с составлением водного баланса: приток - расход - потери.

3.3. Химическая характеристика вод поверхностного и подземного стока, участвующих в питании водохранилища, а также атмосферных осадков. Отбор проб и выполнение химического анализа воды источников заполнения и подпитки водохранилища следует производить в течение ряда лет один раз в месяц в меженный период и подекадно в паводковый период. При подборе данных химического анализа необходимо учитывать изменения качества воды источников, которые произошли в недавнем прошлом или могут произойти в ближайшем будущем вследствие появления новых стоков или других при-

чин. Химический анализ воды должен включать обязательное определение всех главнейших растворенных в воде ионов, органических веществ (окисляемость воды) и pH.

3.4. Примерная количественная оценка выщелачивания солей из верхнего слоя почвы и грунта ложа водохранилища, которую можно получить из анализов водных вытяжек, выражая запасы водорастворимых солей на площадь I $м^2$ слоя толщиной в I м.

3.5. Водохозяйственные и другие данные по существующим в бассейне водохранилищам.

3.6. Технические требования к воде.

Эти данные должны явиться основанием для составления прогноза общей минерализации, жесткости и каждого в отдельности иона химического состава воды водохранилища.

4. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО СОСТАВА ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ

4.I. Прогноз солевой концентрации воды водохранилищ осуществляется с помощью балансового уравнения.

4.2. Солевой баланс водохранилища должен включать:

поступление солей со стоками и атмосферными осадками;

отдачу солей при сбросе воды в нижний бьеф, фильтрации через тело плотины, берега, чашу, безвозвратном водопотреблении и др.;

внутриводоемные процессы - освоение чаши водохранилища, выпадение солей из раствора, минерализация органических веществ, развитие растительных и животных организмов.

4.3. При составлении прогноза качества воды в водохранилищах-охладителях используются водохозяйственные расчеты, выполненные на основании конкретных гидрологических данных.

4.4. Объем воды к началу расчетного периода принимается при существующем водохранилище-охладителе фактическим, при проектируемом - соответствующим нормальному проектному уровню (НПУ). При последующем расчете за начальный объем принимается конечный предыдущего расчетного периода.

4.5. Учитывается весь объем естественного притока воды в водохранилище.

4.6. Учитываются все потери воды из водохранилища для каждого

расчетного периода: на испарение (естественное и дополнительное), фильтрацию, водопотребление, сток, сброс.

4.7. Баланс воды в водохранилище-охладителе регулируется при недостаточности естественного притока для поддержания заданного уровня - принудительной подпиткой, при избытке - сбросом.

4.8. Объем воды в водохранилище к концу расчетного периода W_2 определяется по формуле. млн.м^3

$$W_2 = W_1 + W_{пр} + W_{под} - W_в - W_ф - W_и - W_{ст} - W_{сб} \quad , \qquad (I)$$

где W_1 - объем воды водохранилища к началу расчетного периода, млн.м^3;

$W_{пр}$ - объём естественного притока с учётом осадков, выпадающих на площадь водохранилища, млн.м.^{3};

$W_{под}$ - объём воды, поступающей из источника для пополнения безвозвратных потерь водохранилища (подпитка), млн.м^3;

$W_в, W_ф, W_и, W_{ст}, W_{сб}$ - объём воды соответственно на водопотребление, фильтрацию, испарение, сток (санитарный попуск) и принудительный сброс из водохранилища за расчетный период. млн.м^3.

4.9. Данные химических анализов воды для всех источников, поступающих в водохранилище-охладитель в виде поверхностного или грунтового стоков, принимаются для расчета среднемесячными или среднесезонными усредненных многолетних наблюдений.

4.10. Данные химического состава атмосферных осадков используются литературные, если нет данных изысканий для проектируемого водохранилища.

4.11. Концентрация ионов Na^+, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-} к началу расчетного периода C_I (мг-экв/л или мг/л) принимается: при существующем водохранилище-охладителе - фактической, при проектируемом - соответствующей концентрации прогнозируемого иона того источника, водой которого должно заполняться водохранилище с учетом возможного выщелачивания легкорастворимых солей из почвы ложа водохранилища, подлежащего затоплению. Для последующего расчетного периода за начальную концентрацию прогнозируемого иона принимается конечная предыдущего.

4.12. Концентрация ионов Na^+, Mg^{2+}, Cl^- и SO_4^{2-} к концу

расчетного периода C_2 (мг-экв/л или мг/л) определяется по формуле водно-солевого баланса

$$C_2 W_2 = C_1 W_1 + C_{пр} W_{пр} + C_{под} W_{под} - \frac{C_1 + C_2}{2} (W_в + W_ф + W_{ст} + W_{сб}), \quad (2)$$

откуда

$$C_2 = \frac{2(C_1 W_1 + C_{пр} W_{пр} + C_{под} W_{под}) - C_1 (W_в + W_ф + W_{ст} + W_{сб})}{2W_2 + W_в + W_ф + W_{ст} + W_{сб}}, \quad (3)$$

где $C_{пр}$ – концентрация иона в воде естественного притока с учетом атмосферных осадков, мг-экв/л (мг/л);

$C_{под}$ – концентрация иона подпиточной воды, мг-экв/л (мг/л).

4.I3. При составлении прогноза качества воды проточного водохранилища для расчетных паводковых периодов с большим естественным притоком, превышающим объем воды в водохранилище, члены $C_{под}$, $W_{под}$ из формулы (3) исключаются, так как дополнительная подпитка из внешнего источника не требуется. Концентрация отдельного прогнозируемого иона воды стока ($C_{1,ст}$) принимается равной средневзвешенному значению концентрации соответственного иона притока и начальной концентрации этого иона в воде водохранилища

$$C_{1,ст} = \frac{C_1 W_1 + C_{пр} W_{пр}}{W_1 + W_{пр}}. \quad (4)$$

Формула для определения концентрации отдельного иона в конце расчетного периода в этом случае имеет следующий вид:

$$C_2 = \frac{W_1 C_1 + W_{пр} C_{пр} - \left(\frac{W_1 C_1 + W_{пр} C_{пр}}{W_1 + W_{пр}}\right)(W_в + W_ф + W_{ст} + W_{сб})}{W_2 + W_в + W_ф + W_{ст} + W_{сб}}. \quad (5)$$

4.I4. Изменение концентрации кальция в воде водохранилища определяется на основании его поведения при испарении воды, т.е. с учетом степени насыщенности воды карбонатом кальция.

4.I5. При оценке количественных изменений кальция могут иметь место три случая.

Первый случай: $K_V \leqslant K_{V,кр}$,

где K_V – кратность изменения объема воды в водохранилище за прогнозируемый период (месяц, сезон, год),

$$K_V = \frac{W_1 + W_{подт} + W_{пр}}{W_2 + W_в + W_ф + W_{ст} + W_{сб}}; \qquad (6)$$

$K_{V,кр}$ – кратность изменения объема воды в водохранилище, отвечающая критическому значению насыщенности воды карбонатом кальция $S_{CaCO_3,кр}$ (когда начинается выпадение в осадок карбоната кальция) и равная кратности изменения содержания кальция в критической точке ($K_{Ca,кр}$), может быть определена по формуле

$$K_{V,кр} = K_{Ca,кр} = \sqrt{\frac{S_{CaCO_3,кр}}{S_{CaCO_3,нач}} \cdot 10^{pH_{нач} - pH_{кр}}}, \qquad (7)$$

где $S_{CaCO_3,нач}$ – степень насыщенности исходной воды карбонатом кальция (определяется по номограммам рис.I-3 в зависимости от температуры воды);

$pH_{нач}$ – начальное значение pH исходной (подпиточной) воды;

$pH_{кр}$ – значение pH воды водохранилища в критической точке.

Значения $S_{CaCO_3,кр}$ и $pH_{кр}$ для вод различного химического состава и другие параметры, необходимые для расчета кратности изменения содержания кальция при испарении воды, приведены в табл.I.

Таблица I

Химический класс воды	$S_{CaCO_3,кр}$	$pH_{кр}$	$S_{CaCO_3,пр}$	$pH_{пр}$	a	b	δ
I. Сульфатный кальциевый	2,0	8,I	3,2	8,4	0,55	-	0,32
2. Гидрокарбонатный кальциевый	2,2	8,3	4,6	8,6	0,49	-0,34	-
3. Хлоридно-гидрокарбонатный натриевый	3,4	8,4	4,2	8,6	0,25	-0,II	-
4. Хлоридный натриевый	3,0	8,4	3,4	8,5	0,55	-	0,I4
5. Сульфатный натриевый	3,5	8,4	6,8	8,8	0,2I	-0,I6	-

В этом случае концентрация кальция в конце каждого расчетного периода (C_{Ca_2}) рассчитывается по формулам (3) или (5).

Критические значения концентрации кальция $C_{Ca,кр}$(мг-экв/л), после которых начинается выпадение в осадок $CaCO_3$, определяются по формуле

$$C_{Ca,кр} = K_{V,кр}\, C_{Ca,нач}\ , \qquad (8)$$

где $C_{Ca,нач}$ – начальная концентрация иона кальция для расчетного периода в исходной воде (подпитке), мг-экв/л.

Если расчетом в конце периода определилась концентрация кальция $C_{Ca_2} > C_{Ca,кр}$, то в формуле (3) или (5) для последующего периода за начальную принимается концентрация, равная $C_{Ca,кр}$.

Второй случай:

$$K_{V,кр} < K_V \leq K_{V,пр}\ ,$$

где $K_{V,пр}$ – кратность изменения объема, отвечающая предельному значению насыщенности воды карбонатом кальция $\left(K_{V,пр} = \frac{\delta K_{Ca}}{a} + K_{V,кр}\right)$.

В этом случае кратность изменения концентрации кальция ($K_{Ca,V}$) определяется по формуле

$$K_{Ca,V} = K_{Ca,кр} + \Delta K_{Ca,кр} \; ; \qquad (9)$$

$$\Delta K_{Ca,кр} = a\left(K_V - K_{V,кр}\right), \qquad (I0)$$

где a – экспериментально установленный для различного класса вод коэффициент, приведенный в табл.I.

Расчетная концентрация кальция при условии насыщения воды карбонатом кальция $C_{Ca,V}$ (мг-экв/л) в этом случае определяется по формуле

$$C_{Ca,V} = K_{Ca,V}\, C_{Ca,нач} \; . \qquad (II)$$

Третий случай:

$$K_V > K_{V,пр} \; .$$

В этом случае

$$K_{Ca,V} = K_{Ca,пр} + \Delta K_{Ca,пр} = K_{Ca,кр} + \delta K_{Ca} + \Delta K_{Ca,пр} \; . \qquad (I2)$$

Значение $\Delta K_{Ca,пр}$ при концентрации $Ca^{2+} < HCO_3^-$ находится по формуле

$$\Delta K_{Ca,пр} = b\left(K_V - K_{V,пр}\right), \qquad (I3)$$

а при концентрации $Ca^{2+} > HCO_3^-$ по формуле

$$\Delta K_{Ca,пр} = b'\left(K_V - K_{V,пр}\right). \qquad (I4)$$

Значения коэффициентов b и b' для различных химических классов вод приведены в табл.I.

Значение δK_{Ca} находится по формуле

$$\delta K_{Ca} = \sqrt{\frac{S_{CaCO_3,пр}}{S_{CaCO_3,кр}} \cdot 10^{pH_{кр} - pH_{пр}}} \; , \qquad (I5)$$

где $S_{CaCO_3.пр}$ – предельное значение насыщенности воды карбонатом кальция;

$pH_{пр}$ – предельные значения pH воды при предельной насыщенности воды карбонатом кальция.

Принятые значения $pH_{пр}$ и $S_{CaCO_3,пр}$ для разных классов вод приведены в табл.I.

По найденному значению $K_{Ca,V}$ определяем расчетную концентрацию кальция при условии насыщения воды карбонатом кальция по формуле (II).

4.I6. Если концентрация кальция в исходной воде меньше концентрации гидрокарбонатов в миллиграмм-эквивалентах на литр ($C_{Ca} < C_{HCO_3}$), то найденная для каждого расчетного периода концентрация кальция при условии насыщения воды $CaCO_3$ принимается стабильной.

4.I7. Для учета возможного распада нестабильного гидрокарбоната кальция производится расчет концентрации ионов кальция и гидрокарбоната в миллиграмм-эквивалентах на литр по формулам (3) или (5).

4.I7.I. За начальную концентрацию кальция для первого расчетного периода (C_{Ca_1}) принимается фактическая концентрация кальция в водохранилище (если оно существует) или в источнике подпитки, если прогноз составляется для проектируемого водохранилища.

4.I7.2. За начальную концентрацию кальция для последующего расчетного периода в формулы (3) или (5) подставляется значение концентрации кальция, найденной при условии насыщенности воды карбонатом кальция по формулам (8) или (II) для предыдущего периода.

4.I8. Разница в концентрации кальция, найденного по формулам (3) или (5) и при условии насыщенности воды карбонатом кальция по формулам (8) или (II), показывает количество способного к распаду гидрокарбоната кальция ($\Delta_{расп}$) в данный расчетный период.

$$\Delta_{расп} = C_{Ca_2} - C_{Ca,V} \text{ (или } C_{Ca,кр}, \text{ если } C_{CaV} < C_{Ca,кр}). \quad (I6)$$

4.I9. Определение концентрации гидрокарбонатных ионов производится так же, как и кальция, по формулам (3) или (5) с учетом возможного распада гидрокарбоната и выпадения в осадок карбоната кальция, т.е. в каждом расчетном периоде из полученного значения гидрокарбонатных ионов вычитается количество способного к распаду гидрокарбоната кальция, найденного по концентрации кальция.

4.I9.I. За начальную концентрацию HCO_3^- ($C_{HCO_3,1}$) для первого расчетного периода принимается фактическая его концентрация в этот период в водохранилище (если оно существует) или в источнике подпитки, водой которого будет заполняться водохранилище.

4.I9.2. За начальную концентрацию HCO_3^- для каждого последующего расчетного периода принимается концентрация гидрокарбоната, определенная для конца предыдущего периода за вычетом $\Delta_{расп}$.

4.20. Если $C_{Ca} > C_{HCO_3}$, то сначала для каждого расчетного периода по формулам (3) или (5) определяется концентрация гидрокарбонат-ионов. Затем определяется количество способного к распаду гидрокарбоната кальция по разности концентрации гидрокарбонат-ионов, определенной в конце расчетного периода, и кальция стабильного в этот расчетный период

$$\Delta_{расп} = C_{HCO_3,2} - C_{Ca,V} \ (\text{или } C_{Ca,кр}, \text{если } C_{Ca,V} < C_{Ca,кр}). \quad (I7)$$

4.20.I. Если $\Delta_{расп}$ положительная величина, то концентрация иона HCO_3^- в конце расчетного периода ($C_{HCO_3,2}$), а следовательно, и в начале последующего будет равна расчетной за вычетом $\Delta_{расп}$.

4.20.2. Концентрация кальция в конце расчетного периода ($C_{Ca,2}$) в этом случае будет равна найденной по формулам (3) или (5) за вычетом $\Delta_{расп}$.

4.2I. Общая минерализация воды в водохранилище (М) в миллиграммах на литр определяется по сумме ионов для каждого расчетного периода

$$M = C_{Na} + C_{Mg} + C'_{Ca} + C_{Cl} + C_{SO_4} + C'_{HCO_3}, \quad (I8)$$

где C'_{Ca} и C'_{HCO_3} – концентрации ионов Ca^{2+} и HCO_3^-, скорректированные в конце расчетного периода по величине распада гидрокарбоната кальция, мг/л.

4.22. Общая жесткость воды определяется суммой ионов кальция и магния. Карбонатная жесткость равна количеству гидрокарбонат-ионов в том случае, если это количество меньше общей жесткости воды. Если количество гидрокарбонат-ионов больше общей жесткости, то карбонатная жесткость равна общей жесткости. Постоянная жесткость находится по разности общей и карбонатной жесткости.

4.23. При прогнозировании гидрохимического режима водохранилища-охладителя на стадии проектирования электростанции целесообразно расчет вести с учетом нарастания мощности строящейся электростанции согласно графику очередности ввода новых блоков и изменяющегося при этом водного баланса водохранилища-охладителя.

Расчет состава воды при прогнозировании выполняется до установления солевого равновесия в водохранилище-охладителе. Расчеты ведутся по месячным или сезонным интервалам времени.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАКИПЕОБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА-ОХЛАДИТЕЛЯ ПО ПРОГНОЗНЫМ ДАННЫМ

5.I. Оценка склонности охлаждающей воды к накипеобразованию проводится путем сравнения прогнозируемой концентрации гидрокарбоната кальция по формулам (3) или (5) со стабильной, определенной при условии насыщенности воды карбонатом кальция по формулам (8) или (II).

5.2. Превышение прогнозируемого по водно-солевому балансу гидрокарбоната кальция над стабильным указывает на накипеобразующую способность охлаждающей воды.

5.3. Количественная оценка прогнозируемой интенсивности накипеобразования проводится по количеству гидрокарбоната кальция, способного выпадать в виде карбоната кальция, определенного по разности гидрокарбоната кальция, прогнозируемого по водно-солевому балансу и стабильного при условии насыщения воды

карбонатом кальция согласно формулам (I6) и (I7). Чем большее количество карбоната кальция, могущего выпасть в осадок за расчетный период (месяц, сезон, год), тем интенсивнее будет накипеобразование на поверхностях охлаждения.

5.4. Толщину накипи на поверхностях охлаждения прогнозировать чрезвычайно трудно, так как она зависит от ряда факторов: состояния поверхности трубок конденсаторов, скорости движения воды по трубкам, турбулентности потока, температурного режима работы конденсаторов, физико-химических и биологических качеств охлаждающей воды, изменяющихся под влиянием эколого-биологических особенностей водохранилища-охладителя и др.

5.5. Для ориентировочного определения толщины накипи на поверхностях охлаждения можно на основании данных эксплуатации ряда водохранилищ-охладителей электростанций принять, что при I,0-I,5 мг-экв/л способного к распаду гидрокарбоната кальция толщина накипи в трубках конденсаторов составит примерно 0,3-0,5 мм/год.

5.6. Для предотвращения загрязнения конденсаторов минеральными отложениями необходимо предусматривать следующие мероприятия:

рациональный водообмен, основанный на расчетных данных сброса воды из водохранилища в определенный период и пополнения его водой источника подпитки;

обработка воды серной кислотой при замкнутых водохранилищах-охладителях;

комбинированный способ - максимально возможное снижение карбонатной жесткости путем водообмена и дальнейшее уменьшение бикарбонатов до предельного значения обработкой воды серной кислотой.

Приемлемый метод предотвращения образования карбонатных отложений в конденсаторах турбин в каждом конкретном случае должен быть основан на технико-экономическом расчете.

5.7. При предполагаемом незначительном образовании накипи и экономической нецелесообразности предотвращения ее образования следует предусматривать в проекте установку для периодической очистки конденсаторов турбин от накипи.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДООБМЕНА В ВОДОХРАНИЛИЩЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ И СОСТАВЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА С ЕГО УЧЕТОМ

6.I. Если при прогнозировании качества воды водохранилища-охладителя будут определены ее накипеобразующие свойства, то необходимо в первую очередь рассмотреть возможность предотвращения или снижения интенсивности накипеобразования в конденсаторах турбин путем проведения рационального водообмена в водохранилище-охладителе.

6.2. Способ рационального водообмена в целях предотвращения накипеобразования в конденсаторах турбин можно использовать для замкнутых водохранилищ-охладителей наливного типа, для малопроточных или почти непроточных при условии, что восполнение потерь (на испарение, фильтрацию, водопотребление и т.п.) и сброс воды могут производиться из источника (обычно реки), имеющего кальциевую карбонатную жесткость на протяжении года или только в паводковый период значительно ниже, чем в водохранилище.

6.3. Значение кальциевой карбонатной жесткости определяется следующим образом. Если концентрация кальция в воде водохранилища или источника подпитки больше концентрации гидрокарбонат-иона, то кальциевая карбонатная жесткость равна концентрации гидрокарбонат-иона. Если концентрация кальция в воде меньше концентрации гидрокарбоната, то кальциевая карбонатная жесткость определяется концентрацией кальция.

6.4. Сброс воды из водохранилища $W_{сб}$ (млн.м^3) и пополнение его водой источника подпитки ($W_{под}$) определяются с момента наступления превышения значения гидрокарбоната кальция, найденного по водно-солевому балансу над значением, найденным при условии насыщения воды карбонатом кальция. Значения $W_{сб}$ и $W_{под}$ при этом определяются по формулам:

$$(W_1 - W_{сб})Ж_{Ca_1} + W_{пр}Ж_{Ca,пр} + W_{под}Ж_{Ca,под} - (W_б + W_ф + W_{ст})(Ж_{Ca_1} + Ж_{Ca_2})0{,}5 = W_2 Ж_{Ca_2}\ ; \qquad (I9)$$

$$W_{под} = W_2 - W_1 + W_{сб} + W_{ф} + W_{в} + W_{ст} + W_{и} - W_{пр}, \qquad (20)$$

откуда

$$W_{сб} = W_1 - \frac{W_2(Ж_{Ca_2} - Ж_{Ca,под}) - W_{пр}(Ж_{Ca,пр} - Ж_{Ca,под}) + (W_{в} + W_{ф} + W_{ст}) \times}{Ж_{Ca_1} - Ж_{Ca,под}}$$
$$\times \frac{(Ж_{Ca_1} + Ж_{Ca_2})\,0{,}5 - (W_{в} + W_{ф} + W_{ст} + W_{и})\,Ж_{Ca,под}}{Ж_{Ca_1} - Ж_{Ca,под}}, \qquad (21)$$

где $Ж_{Ca_1}$ – кальциевая карбонатная жесткость в воде водохранилища перед сбросом, мг-экв/л;

$Ж_{Ca,пр}$ – кальциевая карбонатная жесткость воды притока, мг-экв/л;

$Ж_{Ca,под}$ – кальциевая карбонатная жесткость подпиточной воды, мг-экв/л;

$Ж_{Ca_2}$ – задаваемое значение кальциевой карбонатной жесткости в расчетный период, равное стабильной, рассчитанной по формулам (8) и (II), мг-экв/л.

6.5. Расход сброса и подпитки определяются для каждого расчетного периода в том случае, если кальциевая карбонатная жесткость подпиточной воды на протяжении всего года ниже, чем в водохранилище. Если вода источника подпитки имеет кальциевую карбонатную жесткость ниже, чем в водохранилище, только в паводковый период, то расход сброса определяется расчетным путем для каждого предпаводкового периода с учетом пополнения водохранилища в паводок таким количеством воды, которое бы обеспечило устойчиво сохраняющуюся при условии насыщения воды карбонатом кальциевую карбонатную жесткость на протяжении всего меженного периода.

6.6. В зависимости от значения кальциевой карбонатной жесткости воды водохранилища-охладителя и источника подпитки расход сброса воды может оказаться довольно большой. Осуществление такого сброса может привести к понижению уровня воды в водохранилище ниже минимальной отметки, что недопустимо по условиям работы циркуляционных насосов. В таких случаях следует произвести

максимально возможный сброс воды из водохранилища, оставив в нем объем, соответствующий уровню минимальной отметки (УМО). В результате такого сброса и пополнения водохранилища маломинерализованной водой до НПУ может произойти значительное снижение кальциевой карбонатной жесткости охлаждающей воды и интенсивность накипеобразования в конденсаторах турбин будет снижена. Расход сброса в данном случае определяется разностью между объемом воды в водохранилище перед сбросом и объемом воды при УМО. Расход подпитки водохранилища будет равен разности объемов воды при НПУ и УМО.

6.7. Определенные таким образом расходы сброса и подпитки водохранилища должны служить основанием для расчета производительности насосной станции и пропускной способности подводящего канала подпитки и продувочного канала водохранилища (в случае, если водохранилище замкнутое), которые могут обеспечить осуществление сброса и подпитки в срок, ограниченный наилучшим качеством подпиточной воды.

6.8. Если водохранилище сооружено на реке (проточное), то при определении сброса необходимо учитывать пропускную способность реки в нижнем бьефе. В том случае, когда расход сброса окажется большим, чем пропускная способность реки, необходимо ограничить его пропускной способностью реки. Расход подпитки в таких случаях определяется по водному балансу.

6.9. При проведении изыскательных работ может оказаться, что вода выбранного источника заполнения водохранилища и в дальнейшем пополняющего его потери во все сезоны года обладает накипеобразующим свойством, в связи с чем предотвратить загрязнение конденсаторов турбин накипью путем водообмена в водохранилище не представляется возможным. В таких случаях необходимо использовать другой, менее минерализованный источник подпитки, если он имеется, или предусмотреть другие мероприятия по борьбе с накипью в конденсаторах турбин.

6.10. Концентрация отдельных ионов воды в водохранилище к концу расчетного периода с учетом найденных для данного расчетного периода значений $W_{сб}$ и $W_{под}$ определяется по формуле

$$C_2 = \frac{2\left[C_1(W_1 - W_{сб}) + C_{пр}W_{пр} + C_{под}W_{под}\right] - C_1(W_ф + W_в + W_с)}{2W_2 + W_ф + W_в + W_{ст}} \quad (22)$$

7. ПРОГНОЗ КАРБОНАТНОЙ ЖЕСТКОСТИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ГРАДИРНЯМИ И БРЫЗГАЛЬНЫМИ БАССЕЙНАМИ

При проектировании электростанций с оборотными системами водоснабжения, где в качестве охладителей используются градирни и брызгальные бассейны, следует также установить качество циркуляционной воды с тем, чтобы на стадии проектирования предусмотреть мероприятия по предотвращению накипеобразования в конденсаторах турбин. С этой целью необходимо прогнозировать карбонатную жесткость в системе охлаждения.

7.1. Для составления прогноза карбонатной жесткости воды необходимы следующие данные:

поосезонный химический состав источника, водой которого будет заполняться оборотная система и в дальнейшем пополняться безвозвратные потери ее;

расход циркуляционной воды;

потери воды на испарение, разбрызгивание и продувку для различных периодов года.

7.2. Максимальное значение карбонатной жесткости для соответствующего расчетного периода определяется из формулы солевого баланса.

$$Ж_к \frac{p_1+p_2+p_3}{100} W_ц = Ж_{макс} \frac{p_2+p_3}{100} W_ц \quad , \qquad (23)$$

откуда

$$Ж_{макс} = Ж_к \frac{p_1+p_2+p_3}{p_2+p_3} \quad , \qquad (24)$$

где $Ж_к$ – карбонатная жесткость добавочной воды, мг-экв/л;

$Ж_{макс}$ – максимальное значение карбонатной жесткости в системе, мг-экв/л;

p_1, p_2, p_3 – потери охлаждающей воды соответственно на испарение, разбрызгивание и продувку, % от $W_ц$;

$W_ц$ – часовой расход охлаждающей воды, $м^3/ч$.

7.3. Отношение $\frac{p_1+p_2+p_3}{p_2+p_3}$ характеризует степень упаривания воды в системе охлаждения (φ). На действующих электростан-

циях она с достаточной точностью определяется из соотношения концентрации хлор-ионов в циркуляционной ($C\ell^-_{ц.в}$) и добавочной ($C\ell^-_{д.в}$) воде

$$\varphi = \frac{C\ell^-_{ц.в}}{C\ell^-_{д.в}} . \qquad (25)$$

На стадии проектирования ТЭС степень упаривания ориентировочно устанавливается по данным потерь воды.

Потери воды на испарение определяются по формуле

$$P_1 = K\Delta t , \qquad (26)$$

где K - коэффициент, зависящий от температуры воздуха;

Δt - перепад температур охлаждающей воды, °С.

Значения K для брызгальных бассейнов и градирен приведены ниже:

Температура воздуха, °С	0	10	20	30	40
Коэффициент K	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16

Потери воды на разбрызгивание (P_2) зависят от конструкции охладителя и скорости ветра. Данные потерь для различных водоохлаждающих устройств согласно СНиП 2.04.02.84 (М.: Стройиздат, 1985) приведены в табл.2.

Таблица 2

Тип охладителя	Потери воды из системы в результате разбрызгивания и уноса ветром, % расхода охлаждающей воды
Брызгальные бассейны производительностью, м³/ч:	
до 500	2,0-3,0
более 500	1,5-2,0
Башенные градирни	0,5-1,0
Вентиляторные градирни	0,2-0,5
Башенные градирни с каплеулавливающим устройством	0,01-0,05

Потери воды с продувкой (P_3) - задаются. Изменением продувки можно регулировать степень упаривания воды в системе.

7.4. На основании данных химического состава добавочной воды предельно допустимая карбонатная жесткость ($Ж_{пр}$) в миллиграмм-эквивалентах на литр в системе охлаждения ориентировочно определяется по формуле

$$2{,}8Ж_{пр} = 8 + \frac{0к}{3} - \frac{t-40}{5{,}5 - \frac{0к}{7}} - \frac{2{,}8Ж_{нк}}{6 - \frac{0к}{7} - \left(\frac{t-40}{10}\right)^3}, \qquad (27)$$

где $0к$ - перманганатная окисляемость воды, мг O_2/л;

$Ж_{нк}$ - некарбонатная жесткость воды, мг-экв/л;

t - максимальная температура воды в системе (при $t < 40^{\circ}C$, в формулу следует подставить $t = 40^{\circ}C$).

7.5. При превышении значения карбонатной жесткости, найденной по формуле (24), над предельно допустимым необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению накипеобразования в конденсаторах турбин, которыми могут быть:

продувка системы водоснабжения при небольшой карбонатной жесткости воды;

фосфатирование охлаждающей воды (минеральными и органическими фосфатами);

подкисление серной кислотой;

комбинированная обработка (подкисление и фосфатирование);

известкование и др.

Пример расчета прогноза гидрохимического режима водохранилища-охладителя приведен в приложении 2 (рекомендуемом).

Приложение I
Обязательное

НОМОГРАММЫ

Номограммы для определения степени насыщенности исходной воды карбонатом кальция при температурах 15, 20, 25°С, составленные с учетом комплексообразования между ионами, приведены на рис.1-3. Для пользования номограммой вначале необходимо аналитически определенные концентрации ионов HCO_3^- и Ca^{2+} перевес-

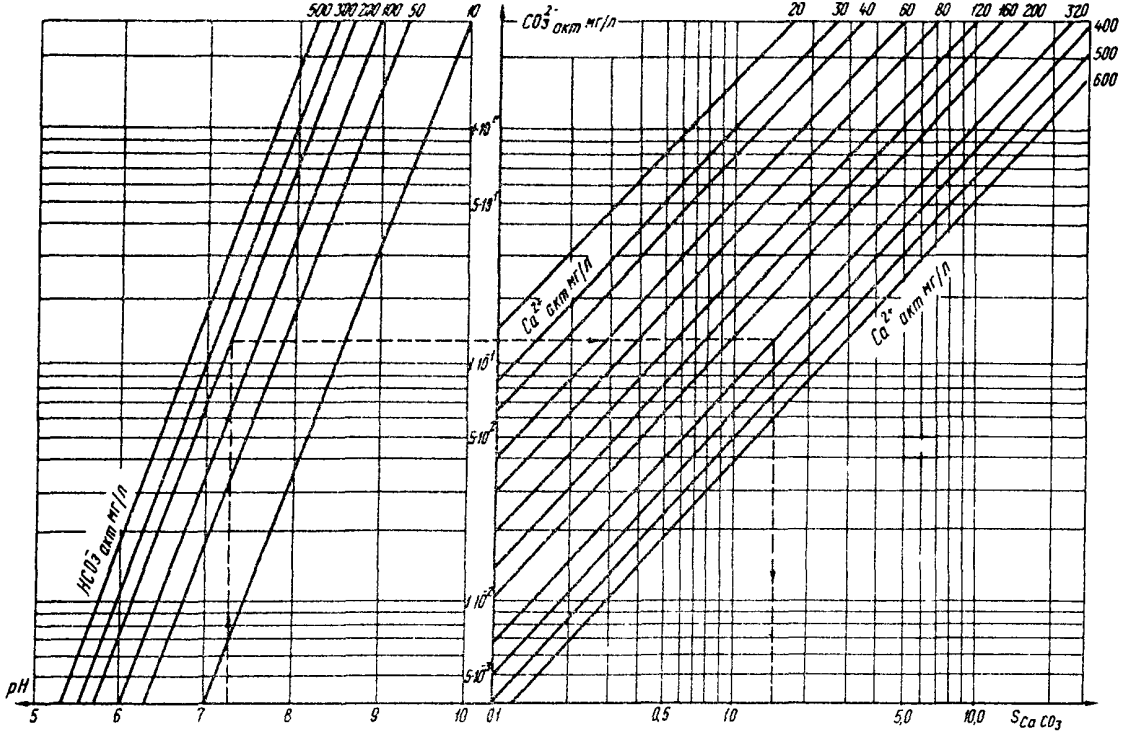


Рис.I. Номограмма для определения степени насыщенности природных вод карбонатом кальция(S_{CaCO_3}) при температуре I5°C

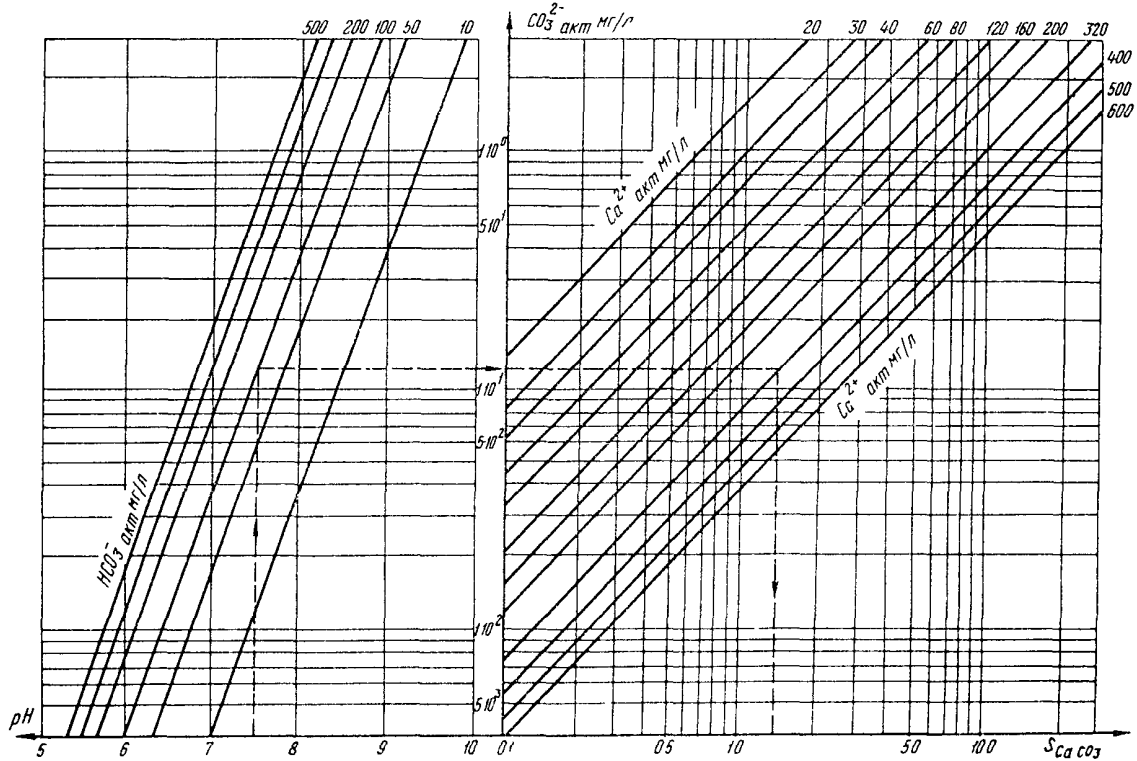


Рис.2. Номограмма для определения степени насыщенности природных вод карбонатом кальция (S_{CaCO_3}) при температуре 20°С

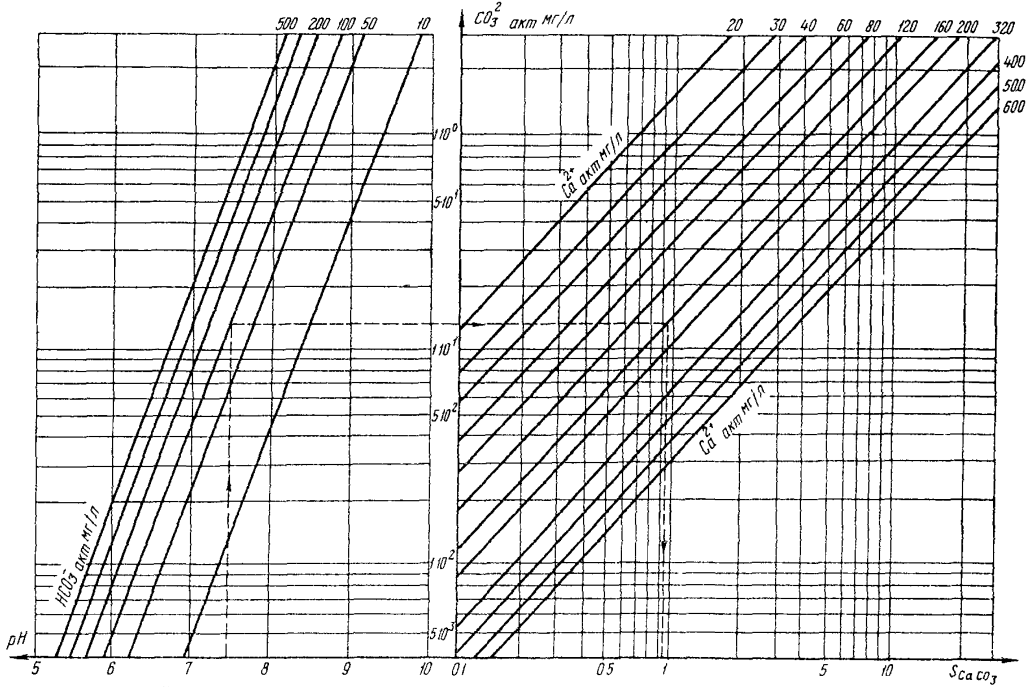


Рис.3. Номограмма для определения степени насыщенности природных вод карбонатом кальция (S_{CaCO_3}) при температуре 25°С

ти в активные концентрации, умножив на коэффициент активности f, найденный по графической зависимости от ионной силы раствора или сухого остатка воды в миллиграммах на литр по рис.4. Далее

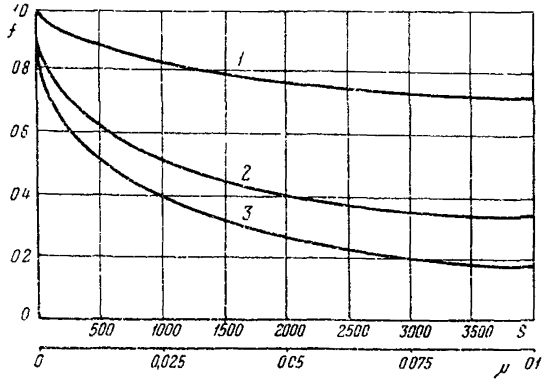


Рис.4. Зависимость коэффициента активности (f) от ионной силы раствора (μ) или сухого остатка (S) при температуре 30°С:

I – для одновалентных ионов; 2 – для двухвалентных ионов; 3 – средний коэффициент активности для уравнения равновесия бикарбонатов

от оси абсцисс по значению pH исходной воды проводится прямая вверх до пересечения с кривой активной концентрации $HCO_{3\,акт}^{-}$, затем параллельно оси абсцисс проводится прямая до пересечения с кривой активной концентрации $Ca^{2+}_{акт}$. От точки пересечения с $Ca^{2+}_{акт}$ проводится прямая вниз и определяется значение $S_{CaCO_3,нач}$.

Приложение 2
Рекомендуемое

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРОГНОЗА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩА-ОХЛАДИТЕЛЯ

Расчет приведен для электростанции с замкнутым водохранилищем-охладителем, имеющим незначительный приток (15 млн.м^3 в год) из впадающей в него реки, которая в засушливые годы пересыхает. Основной сток реки приходится на весну. Подпитка водохранилища производится из другой реки во все сезоны года, кроме зимы, когда минерализация и жесткость воды в реке повышенные.

Исходные данные водного баланса и химического состава воды притока и подпитки приведены в табл.3.

Результаты расчета прогноза по приведенным исходным данным приведены в табл.4.

Таблица 3

Показатель	Сезон			
	Весна	Лето	Осень	Зима
W_1 млн.м^3	73,50	88,00	88,00	88,00
W_2 млн.м^3	88,00	88,00	88,00	73,50
$W_{пр}$ млн.м^3	13,79	1,45	1,07	3,26
$W_{под}$ млн.м^3	15,73	27,80	12,09	-
$W_{ф}$ млн.м^3	0,33	0,33	0,33	0,33
$W_{б}$ млн.м^3	6,56	17,05	6,32	0,83
$W_{и}$ млн.м^3	7,60	11,87	6,51	2,60
$W_{сб}$ млн.м^3	-	-	-	14,00

Окончание таблицы 3

Показатель	Сезон			
	Весна	Лето	Осень	Зима
$C_{Ca,1}$ мг-экв/л	4,00	–	–	–
$C_{Mg,1}$ мг-экв/л	4,90	–	–	–
$C_{Na,1}$ мг-экв/л	7,30	–	–	–
$C_{HCO_3,1}$ мг-экв/л	3,00	–	–	–
$C_{Cl,1}$ мг-экв/л	4,50	–	–	–
$C_{SO_4,1}$ мг-экв/л	8,70	–	–	–
$pH_{нач}$	8,10	8,10	7,90	7,80
$S_{CaCO_3,нач}$	0,870	1,10	0,67	0,75
$C_{Ca,нач}$ мг-экв/л	3,30	3,20	3,40	4,60
$C_{Ca,пр}$ мг-экв/л	5,60	4,40	4,30	5,20
$C_{Mg,пр}$ мг-экв/л	6,70	6,50	7,70	8,80
$C_{Na,пр}$ мг-экв/л	7,40	6,90	6,50	3,50
$C_{SO_4,пр}$ мг-экв/л	6,90	6,90	5,20	5,60
$C_{Cl,пр}$ мг-экв/л	7,20	5,80	7,80	7,40
$C_{HCO_3,пр}$ мг-экв/л	5,60	5,10	5,50	4,50
$C_{Ca,под}$ мг-экв/л	3,30	3,20	3,40	4,60
$C_{Mg,под}$ мг-экв/л	2,00	2,00	2,30	3,50
$C_{Na,под}$ мг-экв/л	1,80	2,10	3,20	4,20
$C_{SO_4,под}$ мг-экв/л	2,30	2,60	3,20	3,90
$C_{Cl,под}$ мг-экв/л	1,90	2,00	2,40	3,90
$C_{HCO_3,под}$ мг-экв/л	2,90	2,70	3,30	4,50

Таблица 4

Показатель	Способ вычисления	Вычисление	Условия	Результат			
				Сезон	I-й год	2-й год	Год солевого равновесия
I. K_V	Формула (6)	$\frac{73,5+15,73+13,79}{88+0,33+6,56} = 1,09$		Весна	I,09	I,09	I,09
		$\frac{88,0+27,8+1,45}{88+0,33+17,05} = 1,11$		Лето	I,II	I,II	I,II
		$\frac{88+12,09+1,07}{88+0,33+6,32} = 1,07$		Осень	I,07	I,07	I,07
		$\frac{88+3,26}{73,5+0,33+0,83+14,0} = 1,03$		Зима	I,03	I,03	I,03
2. $K_{V,кр}$	Формула (7)	$\sqrt{\frac{2,2}{0,87} \cdot 10^{8,1-8,3}} = 1,26$	$K_{V,кр} > K_V$	Весна	I,26	I,26	I,26
		$\sqrt{\frac{2,2}{1,1} \cdot 10^{8,1-8,3}} = 1,13$	$K_{V,кр} > K_V$	Лето	I,I3	I,I3	I,I3
		$\sqrt{\frac{2,2}{0,67} \cdot 10^{7,9-8,3}} = 1,14$	$K_{V,кр} > K_V$	Осень	I,I4	I,I4	I,I4

		$\sqrt{\frac{2,2}{0,75} \cdot 10^{7,8-8,3}} = 0,96$	$K_{V,кр} < K_V$	Зима	0,96	0,96	0,96
3. $\Delta K_{Ca,кр}$	Формула (10)	0,49 (1,03–0,96)		Зима	0,03	0,03	0,03
4. $K_{Ca,V}$	Формула (9)	0,96+0,03		Зима	0,99	–	–
5. $C_{Ca,кр}$	Формула (8)	1,26·3,3		Весна	4,2	–	–
		1,13·3,2		Лето	3,6	–	–
		1,14·3,4		Осень	3,8	–	–
$C_{Ca,V}$	Формула (11)	0,99·4,6		Зима	4,6	–	–
6. C_{2,HCO_3}	Формула (3)	$\frac{2(73,5\cdot3,0+13,79\cdot5,6+15,73\cdot2,9)-3,0(6,56+0,33)}{2\cdot88+6,56+0,33} = 3,6$	$C_{2,HCO_3} < C_{Ca,кр}$ $(3,6 < 4,2)$ $\Delta_{расп} = 0$	Весна	3,6	–	–
		$\frac{2(88\cdot3,6+1,45\cdot5,1+27,8\times\times2,7)-3,6(17,05+0,33)}{2\cdot88+17,05+0,33} = 3,8$	$C_{2,HCO_3} > C_{Ca,кр}$ $(3,8 > 3,6)$ $\Delta_{расп} = 0,2$ $C'_{2,HCO_3} = 3,6$	Лето	3,6	–	–
		$\frac{2(88\cdot3,6+1,07\cdot5,5+12,09\times\times3,3)-3,6(6,32+0,33)}{2\cdot88+6,32+0,33} = 3,8$	$C_{2,HCO_3} = C_{Ca,кр}$ $(3,8 = 3,8)$ $\Delta_{расп} = 0$	Осень	3,8	–	–
		$\frac{2(88\cdot3,8+3,26\cdot4,5)-3,8\times\times(0,83+0,33+14,0)}{2\cdot73,5+0,83+0,33+14,0} = 3,9$	$C_{2,HCO_3} < C_{Ca,кр}$ $(3,9 < 4,6)$ $\Delta_{расп} = 0$	Зима	3,9	–	–

Продолжение таблицы 4

Показатель	Способ вычисления	Вычисление	Условия	Результат			
				Сезон	1-й год	2-й год	Год солевого равновесия
		$\frac{2(73,5\cdot3,9+13,79\cdot5,6+15,73\cdot2,9)-3,9(6,56+0,33)}{2\cdot88+6,56+0,33}=4,3$	$C_{2,HCO_3}>C_{Ca,кр}$ $(4,3>4,2)$ $\Delta_{расп}=0,1$ $C'_{2,HCO_3}=4,2$	Весна	–	4,2	4,2
		$\frac{2(88\cdot4,2+1,45\cdot5,1+27,8\cdot2,7)-4,2(17,05+0,33)}{2\cdot88+17,05+0,33}=4,3$	$C_{2,HCO_3}>C_{Ca,кр}$ $(4,3>3,6)$ $\Delta_{расп}=0,7$ $C'_{2,HCO_3}=3,6$	Лето Осень Зима	– – –	3,6 3,8 3,9	3,6 3,8 3,9
7. $C_{2,Ca}$	Формула (3)	$\frac{2(73,5\cdot4,0+13,79\cdot5,6+15,73\cdot3,3)-4,0(6,56+0,33)}{2\cdot88+6,56+0,33}=4,5$	$C_{1,Ca}=4,0$ $\Delta_{расп}=0$ $C'_{2,Ca}=4,5$	Весна	4,5	–	–
		$\frac{2(88\cdot4,5+1,45\cdot4,4+27,8\cdot3,2)-4,5(17,05+0,33)}{2\cdot88+17,05+0,33}=4,6$	$C_{1,Ca}=4,5$ $\Delta_{расп}=0,2$ $C'_{2,Ca}=4,6-0,2=4,4$	Лето	4,4	–	–
		$\frac{2(88\cdot4,4+1,07\cdot4,3+12,09\cdot3,4)-4,4(6,32+0,33)}{2\cdot88+6,32+0,33}=4,6$	$C_{1,Ca}=4,4$ $\Delta_{расп}=0$ $C'_{2,Ca}=4,6$	Осень	4,6	–	–

		$\frac{2(88\cdot4,6+3,26\cdot5,2)-4,6(0,83+0,33+14,0)}{2\cdot88+0,83+0,33+14,0}=4,8$	$C_{1,Ca}=4,6$ $\Delta_{расп}=0$ $C'_{2,Ca}=4,8$	Зима	4,8	–	–
		$\frac{2(73,5\cdot4,8+13,79\cdot5,6+15,73\cdot3,3)-4,8(6,56+0,33)}{2\cdot88+6,56+0,33}=5,1$	$C_{1,Ca}=4,8$ $\Delta_{расп}=0,1$ $C'_{2,Ca}=5,1-0,1=5,0$	Весна	–	5,0	5,0
		$\frac{2(88\cdot5,0+1,45\cdot4,4+27,8\times3,2)-5,0(17,05+0,33)}{2\cdot88+17,05+0,33}=5,1$	$C_{1,Ca}=5,0$ $\Delta_{расп}=0,7$ $C'_{2,Ca}=5,1-0,7=4,4$	Лето	–	4,4	4,4
				Осень	–	4,6	4,6
				Зима	–	4,8	4,8
8. $C_{2,Mg}$	Формула (3)	$\frac{2(73,5\cdot4,9+13,79\cdot6,7+15,73\cdot2,0)-4,9(6,56+0,33)}{2\cdot88+6,56+0,33}=5,1$		Весна	5,1	5,4	5,7
		$\frac{2(88\cdot5,1+1,45\cdot6,5+27,8\times2,0)-5,1(17,05+0,33)}{2\cdot88+17,05+0,33}=4,9$		Лето	4,9	5,1	5,3
		$\frac{2(88\cdot4,9+1,07\cdot7,7+12,09\cdot2,3)-4,9(6,32+0,33)}{2\cdot88+6,32+0,33}=5,0$		Осень	5,0	5,1	5,3

Продолжение таблицы 4

Показатель	Способ вычисления	Вычисление	Условия	Результат			
				Сезон	I-й год	2-й год	Год солевого равновесия
		$\frac{2(88\cdot5,0+3,26\cdot8,8)-5,0\times(0,83+0,33+14,0)}{2\cdot88+0,83+0,33+14,0}=5,3$		Зима	5,3	5,4	5,6
9. $C_{2,Na}$	Формула (3)	$\frac{2(73,5\cdot7,3+13,79\cdot7,4++15,73\cdot1,8)-7,3(6,56++0,33)}{2\cdot88+6,56+0,33}=7,0$		Весна	7,0	6,5	5,7
		$\frac{2(88\cdot7,0+1,45\cdot6,9+27,8\times\times2,1)-7,0(17,05+0,33)}{2\cdot88+17,05+0,33}=6,4$		Лето	6,4	6,0	5,4
		$\frac{2(88\cdot6,4+1,07\cdot6,5+12,09\times\times3,2)-6,4(6,32+0,33)}{2\cdot88+6,32+0,33}=6,5$		Осень	6,5	6,1	5,5
		$\frac{2(88\cdot6,5+3,26\cdot8,5)-6,5\times(0,83+0,33+14,0)}{2\cdot88+0,83+0,33+14,0}=6,6$		Зима	6,6	6,2	5,6

10. C_{2,SO_4}	Формула (3)	$\frac{2(73,5 \cdot 8,7+13,79 \cdot 6,9+15,73\ 2,3)-8,7(6,56+0,33)}{2 \cdot 88+6,56+0,33} = 8,1$		Весна	8,1	7,3	6,1
		$\frac{2(88 \cdot 8,1+1,45 \cdot 6,9+27,8 \times 2,6)-8,1(17,05+0,33)}{2 \cdot 88+17,05+0,33} = 7,5$		Лето	7,5	6,8	5,9
		$\frac{2(88 \cdot 7,5+1,07 \cdot 5,2+12,09 \times 3,2)-7,5(6,32+0,33)}{2 \cdot 88+6,32+0,33} = 7,4$		Осень	7,4	6,8	5,9
		$\frac{2(88 \cdot 7,4+3,26 \cdot 5,6)-7,4(0,83+0,33+14,0)}{2 \cdot 88+0,83+0,33+14,0} = 7,6$		Зима	7,6	7,0	6,1
11. $C_{2,Cl}$	Формула (3)	$\frac{2(73,5 \cdot 4,5+13,79 \cdot 7,2+15,73 \cdot 1,9)-4,5(6,56+0,33)}{2 \cdot 88+6,56+0,33} = 4,8$		Весна	4,8	5,2	5,7
		$\frac{2(88 \cdot 4,7+1,45 \cdot 5,8+27,8 \times 2,0)-4,7(17,05+0,33)}{2 \cdot 88+17,05+0,33} = 4,6$		Лето	4,6	4,9	5,3
		$\frac{2(88 \cdot 4,6+1,07 \cdot 7,8+12,09 \times 2,4)-4,6(6,32+0,33)}{2 \cdot 88+6,32+0,33} = 4,7$		Осень	4,7	5,0	5,4

Продолжение таблицы 4

Показатель	Способ вычисления	Вычисление	Условия	Результат			
				Сезон	I-й год	2-й год	Год солевого равновесия
		$\frac{2(88\cdot4,7+3,25\cdot7,4)-4,7\times(0,83+0,33+14,0)}{2\cdot88+0,83+0,33+14,0}=5,0$		Зима	5,0	5,2	5,6
I2. M	Формула (I8)	I6I,0+62,0+90,2+I70,4+ +388,8+2I9,6 = I092	$C_{HCO_3}=61\,C'_{2,HCO_3}$ по п.6; $C_{Ca}=20,04\,C'_{2,Ca}$ по п.7; $C_{Mg}=12,16\,C_{2,Mg}$ по п.8; $C_{Na}=23\,C_{2,Na}$ по п.9; $C_{SO_4}=48\,C_{2,SO_4}$ по п.10; $C_{Cl}=35,5\cdot C_{2,Cl}$ по п.11	Весна	I092	II06	I05I
		I47,0+59,6+92,2+I63,3+ +360,0+2I9,6 = I042		Лето	I042	I008	968
		I49,5+60,8+92,2+I66,8+ +355,2+23I,8 = I056		Осень	I056	I030	990
		I5I,8+64,4+96,2+I77,5+ +364,0+237,9 = I092		Зима	I092	I063	I023
I3. $W_{сб}$	Формула (2I)	$73,5-\frac{88(4,2-2,9)-13,79\times(5,6-2,9)+6,98(4,8+4,2)\cdot0,5-14,49\cdot2,9}{4,8-2,9}=38,7$	I-й год $\Delta_{расп}=0$, 2-й год $\Delta_{расп}=0,1$	Весна	–	38,7	38,7

		$88-\frac{88(3,6-2,7)-1,45(4,4-2,7)+17,38(3,6+3,6)\times 0,5-(17,38+11,87)\cdot 2,7}{3,6-2,7}=21,0$	1-й год $\Delta_{расп}=0,2$, 2-й год $\Delta_{расп}=0,7$	Лето	21,0	44,4	44,4
		$88-\frac{88(3,6-2,7)-1,45(4,4-2,7)+17,38(4,2+3,6)0,5-(17,38+11,87)\cdot 2,7}{4,2-2,7}=44,4$	$\Delta_{расп}=0$	Осень	-	-	-
			$\Delta_{расп}=0$	Зима	-	-	-
14. $C_{сг}$	Формула (22)	$\frac{2(4,5\cdot 73,5+7,2\cdot 13,79+1,9\times 15,73)-4,5(0,33+6,56)}{2\cdot 88+0,33+6,56}=4,8$	1-й год $W_{сб}=0$	Весна	4,8	-	-
		$\frac{2\cdot[(88-21)\cdot 4,8+1,45\cdot 5,8+2,0-48,8]-4,8(0,33+17,05)}{2\cdot 88+17,38}=4,0$	$W_{сб}=21,0$	Лето	4,0	-	-
		$\frac{2(88\cdot 4,0+1,07\cdot 7,8+12,09\times 2,4)-4,0(0,33+6,32)}{2\cdot 88+6,65}=4,1$	$W_{сб}=0$	Осень	4,1	-	-

Окончание таблицы 4

Показатель	Способ вычисления	Вычисление	Условия	Результат			
				Сезон	I-й год	2-й год	Год солевого равновесия
		$\frac{2(88\cdot4,1+3,26\cdot7,4+0)-4,1(0,33+0,83+14,0)}{2\cdot73,5+15,16}=4,4$	$W_{сб}=0$	Зима	4,4	–	–
		$\frac{2[(73,5-38,7)\cdot4,4+13,9\cdot7,2+54,43\cdot1,9]-4,4(0,33+6,56)}{2\cdot88+6,86}=3,7$	2-й год $W_{сб}=38,7$	Весна	–	3,7	–
		$\frac{2[(88-44,4)\cdot3,7+1,45\cdot5,8+72,2\cdot2,0]-3,7(0,33+17,05)}{2\cdot88+17,38}=2,9$	$W_{сб}=44,4$	Лето	–	2,9	–
		$\frac{2[(88\cdot2,9+1,07\cdot7,8+12,09\cdot2,4)]-2,9\cdot6,65}{2\cdot88+6,65}=3,1$	$W_{сб}=0$	Осень	–	3,1	–
		$\frac{2[(88\cdot3,1+3,26\cdot7,4+0)]-3,1\cdot15,16}{2\cdot73,5+15,16}=3,4$		Зима	–	3,4	–

Примечание. Таким же образом выполняется расчет концентрации ионов SO_4^{2-}, Na^+, Mg^{2+} до наступления солевого равновесия.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общая часть 3

2. Особенности формирования химического состава воды водохранилищ-охладителей..... 4

3. Исходные данные для составления гидрохимического прогноза 7

4. Методика прогнозирования солевого состава воды водохранилищ-охладителей 8

5. Определение накипеобразующих свойств воды водохранилища-охладителя по прогнозным данным I6

6. Определение рационального водообмена в водохранилище-охладителе и составление гидрохимического прогноза с его учетом I8

7. Прогноз карбонатной жесткости охлаждающей воды в системах водоснабжения с градирнями и брызгальными бассейнами 2I

П р и л о ж е н и е I. Номограммы 23

П р и л о ж е н и е 2. Пример расчета прогноза гидрохимического режима водохранилища-охладителя 28

Ответственный редактор Т.П.Леонова
Литературный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор В.Д.Алексеева

Подписано к печати 24.04.89 Формат 60х84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л.2,32 Уч.-изд.л. 2,2 Тираж 1100 экз.
Заказ № 316/89 Издат. № 88743

Производственная служба передового опыта эксплуатации
энергопредприятий Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

gost.e-ecolog.ru