

УДК 628.161

В.М. Моисеев,**Е.В. Пашкова, магистрант,****М.С. Филатова, студент 3 курса,****А.В. Львов, доцент, канд. хим. наук***Севастопольский национальный технический университет,**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, Украина**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ ВОДЫ**

Рассматриваются вопросы подготовки воды при эксплуатации плавательных бассейнов. Предложена схема водоподготовки, позволяющая устранить недостатки штатной схемы, повысить качество воды и получить экономический эффект.

Ключевые слова: водоподготовка, сухой остаток, хлориды, прозрачность, фильтр, бассейн.

В настоящее время популярен такой вид отдыха, как посещение бассейна и аквапарка. Однако плавательные бассейны являются зоной повышенной эпидемической опасности; этим объектам стали уделять повышенные требования, прежде всего, Минздрав и другие учреждения. Ряд документов [1-2], имеющих юридическую силу и в настоящее время, являются руководящими для данного вида деятельности. Несоблюдение технологических требований эксплуатации плавательных бассейнов может привести к риску возникновения заболеваний человека в результате поражения слизистой оболочки органов дыхания, возникновения конъюнктивитов, аллергии, кожных и грибковых заболеваний [3].

Таким образом, вопросы эпидемической безопасности, зависящей от качества воды в плавательных бассейнах, остаются актуальными. Продолжаются поиски более экономически выгодных и усовершенствованных схем водоподготовки, позволяющих получить воду, соответствующую санитарным и техническим требованиям.

В данной статье рассматриваются некоторые вопросы по улучшению подготовки воды при эксплуатации плавательных бассейнов. Основными целями исследований являлись: снижение содержание хлоридов до значения, которое, согласно действующим нормативным документам, в процессе эксплуатации бассейна не должно превышать 700 мг/л [2]; снизить содержание хлоридов необходимо не заменяя всю воду в бассейне, так как в противном случае резко возрастают расходы по содержанию и эксплуатации бассейна, заключающиеся в подготовке и нагреве свежей воды и возрастает нагрузка и на городскую канализацию; эффективное удаление образующегося твердого осадка из обрабатываемой воды; повышение прозрачности и снижение цветности воды до требуемых норм.

Методики эксперимента

Для достижения данных целей нами предложена схема водоподготовки, предполагающая изменение технологического режима эксплуатации бассейна. Технологическая схема циркуляции воды представлена на рисунке 1.

Штатный режим эксплуатации предусматривает ежедневный подогрев воды бассейна подачей воды с температурой 45–60°C напрямую через водоподогреватель от парового котла. Недостатки данного режима следующие: образование осадка извести на облицовке бассейна из подогретой водопроводной воды, содержащей соли жесткости; значительное уменьшение прозрачности воды бассейна при образовании взвеси осадка.

Предлагаемая нами схема водоподготовки позволяет устранить эти недостатки, повысить качество воды и получить определенный экономический эффект. Чтобы проверить эффективность предложенной схемы водоподготовки и выявить ее преимущества, она была реализована на действующем бассейне 175-ого Центра физической и спортивной подготовки ЧФ РФ г. Севастополя.

Совершенствование технологии подготовки воды плавательного бассейна заключается в особом режиме промывки фильтров, который отличается от обычного режима. Также применен нестандартный способ введения реагентов, то есть соляной кислоты и медного купороса, что позволяет использовать химические и физико-химические процессы, происходящие в воде, в целях совершенствования водоподготовки.

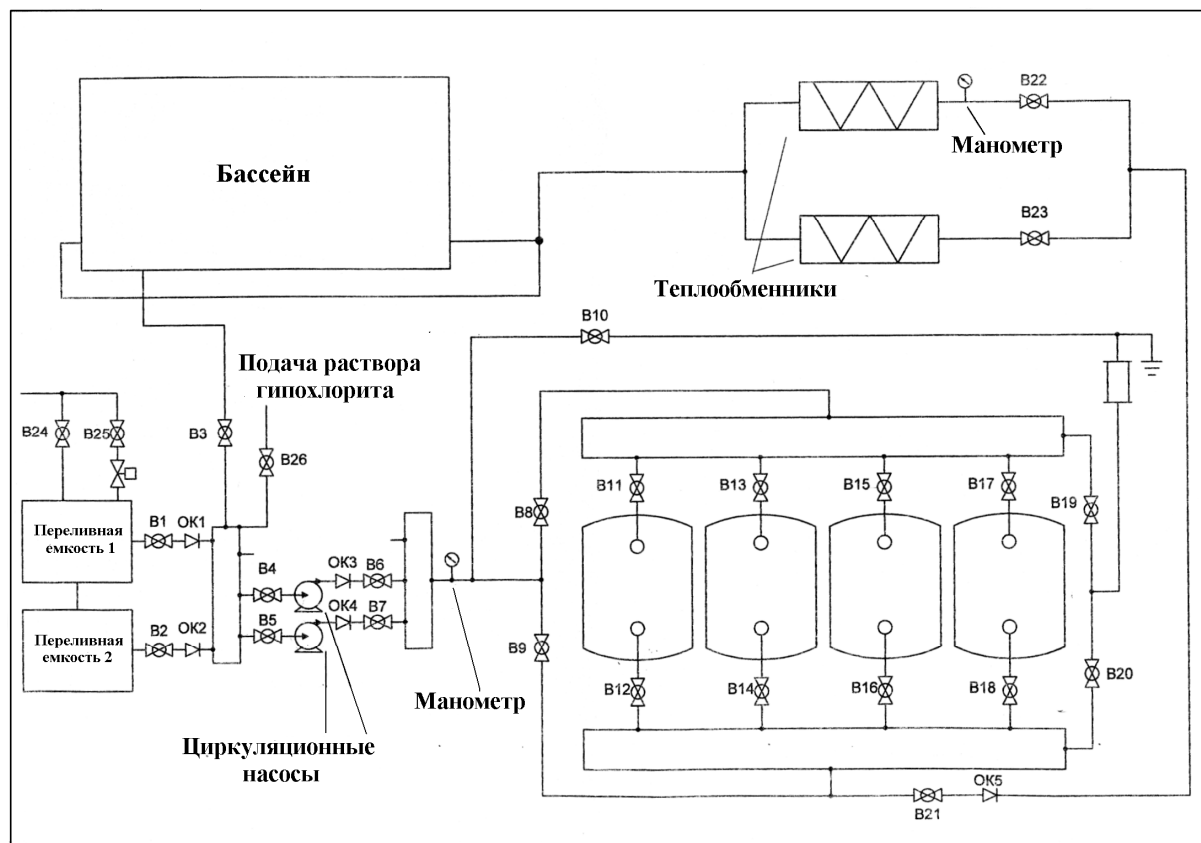


Рисунок 1 – Технологическая схема подготовки воды

В исследованиях использовались методики анализа на определение прозрачности воды, содержания хлоридов и сухого остатка в воде [4].

Методика определения прозрачности воды

Для определения прозрачности воды использовался прибор Снеллена, который представляет собой стеклянный цилиндр, с объёмным, плоским и хорошо отшлифованным дном. Цилиндр градуирован по высоте в см. У его основания имеется тубус для выпуска воды, на который надета резиновая трубка с зажимом. Цилиндр укреплен в штативе, под него подкладывается печатный шрифт Снеллена № 1 так, чтобы шрифт находился на расстоянии 4 см от дна. Воду сливают из боковой трубки до тех пор, когда можно отчетливо различить шрифт; отсчитывают высоту столба воды с точностью до 0,5 см. Характеристика вод по прозрачности представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика вод по прозрачности

Прозрачность	Высота столба воды, см
Прозрачная	Более 30
Мало мутная	Более 25 до 30
Средней мутности	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10

Методика определения содержания хлоридов

Содержание хлоридов определяли титрованием азотнокислым серебром. Метод основан на осаждении ионов хлора в нейтральной или слабощелочной среде азотнокислым серебром в присутствии хромовокислого калия в качестве индикатора. После осаждения хлорида серебра в точке эквивалентности образуется хромовокислое серебро, при этом желтая окраска раствора переходит в оранжево-желтую. Точность метода 1–3 мг/дм³.

Для качественного определения хлоридов в колориметрическую пробирку наливают 5 см³ воды и добавляют три капли 10% раствора азотнокислого серебра. Примерное содержание ионов хлора определяют по осадку или мути в соответствии с требованиями таблицы 2.

Таблица 2 – Примерное содержание ионов хлора

Характеристика осадка или муты	Содержание Cl^- , мг/дм ³
1. Опалесценция или слабая муть	1-10
2. Сильная муть	10-50
3. Образуются хлопья, осаждаются не сразу	50-100
4. Белый объемный осадок	Более 100

Для количественного определения (в зависимости от результатов качественного) отбирают 100 см³ испытуемой воды или меньший ее объем (10–50 см³) и доводят до 100 см³ дистиллированной водой; рН титруемой пробы должен быть в пределах 6–10. Отмеренный объем воды вносят в две конические колбы и прибавляют по 1 см³ раствора хромовокислого калия. Одну пробу титруют раствором азотнокислого серебра до появления слабого оранжевого оттенка, вторую пробу используют в качестве контрольной пробы. При значительном содержании хлоридов образуется осадок хлорида серебра (AgCl), мешающий определению. В этом случае к оттитрованной первой пробе доливают 2-3 капли титрованного раствора хлорида натрия (NaCl) до исчезновения оранжевого оттенка, затем титруют вторую пробу, пользуясь первой, как контрольной пробой.

Содержание ионов хлора (X), мг/дм³, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot g \cdot 1000}{V_2}, \quad (1)$$

где V_1 – объем раствора азотнокислого серебра, израсходованное на титрование, см³; K – поправочный коэффициент к титру раствора нитрата серебра; g – количество ионов хлора, соответствующее 1 см³ раствора азотнокислого серебра, мг; V_2 – объем пробы, взятый для определения, см³.

Расхождения между результатами повторных определений при содержании ионов хлора от 20 до 200 мг/дм³ составляет 2 мг/дм³; при более высоком содержании – 2%.

Методика определения сухого остатка

Определение сухого остатка предусматривает выпаривание определенного объема пробы на водяной бане, высушивании полученного остатка в сушильном шкафу (при температуре 105 °С) до постоянной массы и взвешивания. Проба помещается в платиновую, кварцевую или фарфоровую чашку, после выпаривания дно чашки снаружи обтирается фильтровальной бумагой, смоченной разбавленной соляной кислотой, а затем дистиллированной водой. Расчет сухого остатка ведется по формуле:

$$X = (m_2 - m_1) \frac{1000}{V}, \quad (2)$$

где m_1 – масса чашки, мг; m_2 – масса чашки с высушенным остатком, мг; V – объем пробы, взятый для определения, мл.

Результаты и их анализ

Измерения прозрачности производилось как в цилиндрах Снеллена, так и непосредственно в бассейне. На глубину 4 м помещался текст. После обработки воды по предложенной схеме цифры и буквы высотой 6 мм были отчетливо видны и читаемы как в плавательных очках с поверхности воды, так и без них при визуальной оценке над водной поверхностью. При обработке воды по штатной схеме эксплуатации бассейна были видны и читаемы буквы и цифры высотой 10 мм через 12 часов и высотой 20 мм – через сутки. При дальнейшей эксплуатации бассейна прозрачность воды стабилизировалась. Максимальный эффект по предложенной схеме водоподготовки наблюдается через 7–10 дней накопления осадка извести в фильтрах. После запуска предложенной технологической схемы водоподготовки.

Очистка кварцевых фильтров производится через 2 месяца по следующей схеме: в компенсационном баке оставляется объем воды, необходимый для промывки фильтров; в компенсационный бак подается 10 л соляной кислоты (HCl) на 8 м³ объема фильтров; раствор соляной кислоты должен находиться в фильтрах не менее 6-8 часов. За это время осадок солей жесткости в слабом растворе соляной кислоты полностью растворится; производится промывка кварцевых фильтров в штатном режиме чистой водой со сбросом промываемой воды в канализацию.

Давление после двухмесячной эксплуатации до промывки составляло 107,9 кПа, после промывки – 88,26 кПа. Давление на входе в песочный фильтр является контрольным технологическим параметром.

Дополнительным способом осветления воды бассейна является использование раствора сульфата меди (CuSO_4) для удаления частиц взвешенных осадков, которые все же попали в бассейн. Раствор сульфата меди готовится заранее из расчета объема воды бассейна и, в соответствии с санитарными нормами, содержания меди в воде.

В мелкой части бассейна в районе стартовых тумбочек при выключенных насосах циркуляции воды вводится раствор медного купороса. Вступая в реакцию с мельчайшими частицами солей кальция, он образует «молочное» облако, подобное «бордосской жидкости», представляющей собой жидкость голубого цвета, применяемую в качестве фунгицида. Через 1–1,5 часа, когда это облако взвеси достигает глубокой части бассейна, включаются насосы циркуляции воды бассейна через кварцевые фильтры (забор воды на насосы идет с глубокой части бассейна). Если сразу после достижения «молочным» облаком глубокой части бассейна насосы не включить, то осадки извести, соединений меди и других веществ осядут на облицовку бассейна, что приведет к загрязнению его стенок. Описанный способ применяется не реже одного раза в неделю или по необходимости при ухудшении прозрачности воды бассейна.

Вторая функция, которую выполняет сульфат меди, – это предотвращение роста водорослей в воде бассейна. При этом сохраняется не только прозрачность, но и голубой цвет воды.

Из представленной таблицы 3 видно, что соленость воды меняется в зависимости от глубины бассейна:

Таким образом, чтобы снизить содержания хлоридов до нормы, целесообразно не полностью заменять воду в бассейне, а только ее часть в придонном слое.

Таблица 3 – Изменение солености воды в зависимости от глубины бассейна

№	Глубина замера	Содержание хлоридов, мг/л			Среднее содержание хлоридов, мг/л
		1 замер	2 замер	3 замер	
1	Уровень поверхности воды	370	410	405	395
2	0,3 м	376	412	405	398
3	2 м	390	430	420	413
4	4 м	405	440	430	425

Изучение солености воды бассейна проводилось при выключенной в течение не менее 6 часов циркуляции. После такой остановки проводится плановая промывка кварцевых фильтров; при этом в канализацию через фильтры уходит вода с повышенным содержанием хлоридов со дна бассейна. На содержание хлоридов в воде оказывает прямое влияние pH воды. Снижение pH приводит к образованию свободного хлора: $\text{NaClO} + \text{HCl} = \text{Cl}_2\uparrow + \text{NaOH}$.

Способ введения раствора соляной кислоты аналогичен способу использования раствора сульфата меди. При выключенной циркуляции в мелкую часть бассейна вводится 8 кг раствора HCl, разбавленного до концентрации 10–15 %. Через 1–1,5 часа включается циркуляция. Величину pH необходимо поддерживать в пределах 6,9–7,1.

При проведении эксперимента из подогретой воды фильтрованием извлекался образующийся при повышении температуры твердый осадок. Далее определялась масса осадка по разности масс фильтра до и после эксперимента. Подогретая вода до подачи в бассейн проходит через кварцевый фильтр. После подачи воды в бассейн и однократного прохождения ее по полному циклу «компенсационная емкость – фильтр – бассейн – компенсационная емкость» очистка дна производилась роботом-пылесосом. Фильтр и мешок робота промывались в отдельном баке объемом 50 л; затем собирался осадок.

При $t = 65^\circ\text{C}$ из 15 м^3 воды в течение 1 часа образовалось в среднем 470 г твердого осадка, а при 45°C – 137 г. На 1 м^3 воды соответственно 31,3 и 9,1 г, т.е. при повышении температуры на 20°C масса осадка увеличилась в 3,4 раза. Таким образом, повышение температуры на 20°C позволяет значительно повысить степень очистки воды плавательного бассейна от присутствующих в ней суммарных солей, солей жесткости и механических примесей. Масса же сухого остатка понижается в связи с тем, что выпавший осадок остается в фильтрах и в дальнейшем отфильтровывается. Как видно из графика, представленного на рисунке 2, масса сухого остатка с ростом температуры понижается, что определялось фильтрацией воды и определением массы выпавшего осадка.

По предлагаемой методике горячая вода подается сначала в компенсационную емкость, при этом уровень воды в баке удерживается не более 1/4 от общего объема, создавая таким образом эффект водопада и усиливая его переливной водой бассейна. Затем воду с осадком подают сразу на кварцевые фильтры. Вследствие этого осадок образуется в кварцевом песке, а в бассейн идет очищенная вода с пониженным содержанием суммарных солей.

Дальнейшая обработка воды бассейна идет в штатном режиме, при этом осевший в фильтрах осадок выполняет роль адсорбента и улучшает фильтрующие способности фильтров.

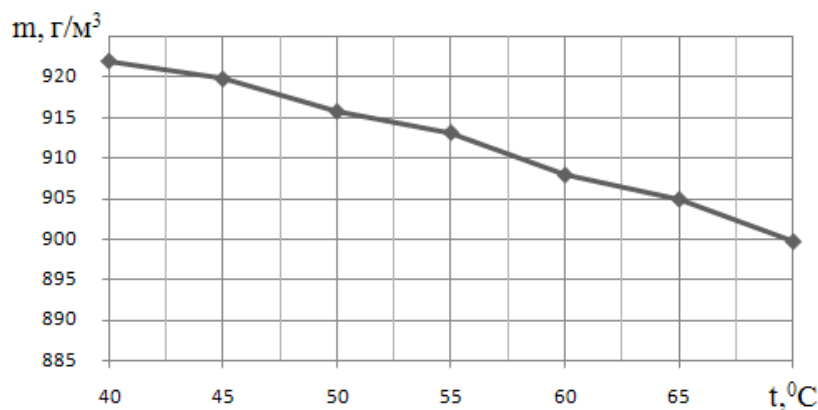


Рисунок 2 – Залежність маси сухого осаду від температури води

Выводы

Проведены экспериментальные исследования и подтверждены преимущества предложенной технологической схемы и высокой эффективности очистки воды. Прозрачность очищенной воды соответствовала нормам, согласно которым она должна составлять не менее 30 см по Снеллену [1]. Содержание ионов хлора также находилось в пределах нормы. Повышением температуры воды бассейна было достигнуто увеличение массы образующегося осадка, что привело к существенному снижению солей и механических примесей в ней, а также увеличило фильтрующую способность фильтров.

Данный метод подготовки воды является перспективным и рекомендуется для плавательных бассейнов любого назначения. Дальнейшие исследования будут проходить в области электродиализного обессоливания с использованием различных компонентов, с целью достижения более высокой степени осветления воды бассейна за счет процессов коагуляции.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Инструктивно-методические указания по устройству, эксплуатации и санитарному контролю плавательных бассейнов с морской водой. — М.: Стройиздат, 1976. — 60 с.
2. СанПиН 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества. — М.: Минздрав РФ, 2003. — 160 с.
3. Перикова Е.С. Совершенствование методов определения летучих поллютантов, мигрирующих в окружающей природной среде при эксплуатации объектов культурно-бытового назначения / Е.С. Перикова. — Казань: КГЭУ, 2008. — 22 с.
4. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. — Издание 3-е, переработанное и дополненное. — М.: Стройиздат, 1977. — 303 с.

Поступила в редакцию 21.09.2011 г.

Моїсєєв В.М., Пашкова О.В., Філатова М.С., Львов О.В. Удосконалення методів підготовки та очищення води

Розглядаються питання підготовки води для експлуатації плавальних басейнів. Запропонована схема водопідготовки, що дозволяє усунути недоліки штатної схеми, підвищити якість води та отримати економічний ефект.

Ключові слова: водопідготовка, сухий залишок, хлориди, прозорість, фільтр, басейн.

Moiseev V.M., Pashkova E.V., Filatova M.S., Lvov A.V. Modification of water treatment and cleaning methods

Some aspects of water treatment for using in swimming pools are investigated. An improved scheme of water treatment is suggested which allows to eliminate disadvantages of irregular scheme, increase water quality and efficiency of the treatment.

Keywords: water treatment, solid residual, chlorides, transparency, filter, swimming pool.