

УДК 628.35-574.24.044

А.И. Федорова, С.Д. УгрюмоваДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Отобраны пробы морской воды в 16 точках зал. Петра Великого (Уссурийский зал.: бухты Лазурная, Стеглянная, Сухопутная, Новик, пр. Босфор Восточный, южное побережье о-ва Попова; Амурский зал.: бухты Мелководная, Песчаная, Угловая; зал. Посьета: бухты Троица, Экспедиции, Рейд Паллада; Славянский зал.: бухты Северная, Табунная; зал. Находка: бухты Врангель, Находка). Определены наиболее эффективные методы определения механических примесей и солёности в морской воде. Представлены результаты экспериментального исследования отобранных проб морской воды зал. Петра Великого на содержание механических примесей, кальция и магния, солесодержания и показания температуры морской воды в поверхностных водах в летнее время (с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г.). Используемые в экспериментальном исследовании приборы отличаются простотой эксплуатации, компактностью, быстротой и точностью измерений, водонепроницаемостью и низким потреблением электроэнергии.

Ключевые слова: исследование, морская вода, зал. Петра Великого, анализ, эксперимент, механические примеси, кальций, магний, пробы, солесодержание, температура, поверхностные воды.

A.I. Fedorova, S.D. Ugryumova**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF A PILOT STUDY
OF SEA WATER PETER THE GREAT BAY**

Selected samples of sea water at 16 points Peter the Great Bay (Ussuri Bay: b. Azure, b. Glass, b. Land, b. Novick, etc. Eastern Bosphorus, the south coast of Popova; Amur Bay: b. Shallow, b. Sandy, b. Corner, Gulf Pos'eta: b. Trinity, b. Expeditions, b. Reid Pallada, Slavic Bay: b. northern, b. tabun, Nakhodka Bay: b. Wrangell, b. Nakhodka). The most effective methods for determining the solids and salinity in sea water. Experimental results of the samples of sea water Gulf of Peter the Great on the content of solids, calcium and magnesium, salinity, and temperature readings of sea water in the surface waters in the summer (June 1, 2013 to July 14, 2013). Used in a pilot study instruments are easy to use, compact, fast and accurate, waterproof and low power consumption.

Key words: research, sea water, the Gulf of Peter the Great, analysis, experiment, mechanical impurities, calcium, magnesium, samples, salinity, temperature, and surface water.

Зал. Петра Великого является самым обширным в Японском море. Он находится в северо-западной части моря. Воды зал. Петра Великого ограничены со стороны моря линией, соединяющей устье р. Туманной с мысом Поворотным.

Береговая линия сильно изрезана, протяженность ее, включая острова, около 1500 км. По южной стороне залив имеет ширину около 200 км. Полуостровом Муравьев-Амурский и группой островов зал. Петра Великого разделяется на 2 больших залива: Амурский и Уссурийский. Кроме того, в пределах зал. Петра Великого расположены 4 внутренних залива второго порядка: Посьета, Стрелок, Восток и Находка [2, 3].

Нами были отобраны, законсервированы и исследованы пробы морской воды в 16 точках зал. Петра Великого в период с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г. [1].

Отбор проб морской воды проводился с целью исследования качества морской воды в местах водозабора и соответствия морской воды требованиям рыбохозяйственных нужд.

Отбор проб морской воды производился нами в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта).

Морская вода медленно подавалась в пробоотборную емкость до ее переполнения. Затем сосуды с отобранной пробой закупоривали пластмассовыми пробками, прокипяченными в дистиллированной воде. Между пробкой и отобранной пробой в сосуде оставляли воздух объемом 5-10 мл [1, 12].

При отборе проб особое внимание уделялось гидрологическим и климатическим условиям (осадки и их обилие и др.). Данные фиксировались в специальном протоколе.

Пробы исследовались на содержание механических примесей, кальция и магния, со-десодержания и показаний температуры морской воды в поверхностных водах в летнее время.

Основным параметром, определяющим движение наносов (совокупность твердых взвешенных частиц в морской воде, муть), является концентрация и размерный состав взвешенного в воде вещества.

Для определения количества взвешенных частиц в морской воде обычно используют следующие методы: метод гравиметрии, требующий много времени и чувствительный к методике эксперимента, в основе которого лежат законы сохранения массы и постоянства вещества; метод сепарации, заключающийся в пропускании океанской воды через ультрацентрифугу, конечный этап которой заключается в подсчете проб частиц под микроскопом; метод измерения количества примесей при помощи пробоотборников (ловушек); метод измерения объемной концентрации взвеси по пульсациям электропроводности морской воды; нефелометрический метод, основанный на взаимодействии мельчайших частиц с падающим светом; и турбидиметрический метод, при помощи специального прибора турбидиметра (мутномера) [8, 10].

Исследование показало, что наиболее эффективным методом определения механических примесей в морской воде является турбидиметрический метод.

Остальные методы обладают следующими недостатками: разделение взвеси на фракции происходит не по размерам, а по так называемой гидравлической крупности, невозможности точно учесть, как отличается собранная проба от взвеси в исследуемой воде, и тем, что подсчет под микроскопом занимает много времени, а главное, он связан с большими ошибками, приводящими к занижению числовой концентрации. Наблюдатель просто не видит большую часть частиц, размеры которых лежат за пределом разрешающей способности микроскопа. Кроме того, занижению способствует слипание частиц, затенение мелких частиц крупными.

Турбидиметр (мутномер) обеспечивает высокую достоверность измерений, позволяет делать точные выводы о композиции смеси и концентрации взвешенных в ней частиц и значительно сокращает время ожидания результата.

При исследовании морской воды на содержание механических примесей нами было использовано устройство оценки чистоты воды Water Checker L-1105. Прибор включает в себя емкости для морской воды, корпус, кнопки управления, контакты датчика, дисплей и водонепроницаемую прокладку.

Достоинствами данного прибора считается простота эксплуатации, компактность, быстрота и точность измерения, водонепроницаемость, низкое потребление электроэнергии.

Для определения степени загрязнения воды отбирается несколько капель пробы морской воды в специальный сосуд. Через несколько секунд результат фиксировался на дисплее в виде цифрового значения. Уровень примесей определялся как TDS-Total Dissolved Solid и обозначал концентрацию нерастворимых веществ, распределенную в морской воде, измерялся в ppm или мг/л. Интерпретировали полученные цифровые зна-

чения в соответствии с табл. 1. Результаты, полученные при исследовании отобранных проб морской воды из зал. Петра Великого на содержание механических примесей, внесены в сводную табл. 2.

Растворимые соли кальция и магния обуславливают общую жесткость воды. Если они присутствуют в воде в небольших количествах, то вода называется мягкой. При большом содержании этих солей (100-200 мг солей кальция в 1 л в пересчете на ионы) вода считается жесткой.

Чрезмерное содержание кальция и магния ведет к быстрому появлению ржавчины и коррозии у металлических элементов оборудования в технологических линиях подготовки морской воды для культивирования гидробионтов. Нехватка же кальция и магния отрицательно сказывается на росте и здоровье гидробионтов. Рекомендуемые значения содержания кальция и магния для морской водой, используемой для рыбохозяйственных целей, составляют: Ca – 400-450 мг/л; Mg – 1200-1400 мг/л.

Для точного измерения содержания кальция (Ca) и магния (Mg) в морской воде нами были использованы специальные лабораторные тесты для морской воды – «Тест JBL Magnesium/Calcium». Тестовый комплект JBL Test-Set Mg+Ca представляет собой легкий в применении капельный тест для измерения уровня содержания магния и кальция в морской воде. Измерение уровня содержания магния возможно только путем получения суммы Mg + Ca, путем вычитания показателя уровня кальция из суммарной величины Mg + Ca получают показатель уровня содержания магния в воде [8, 10].

Методика эксперимента заключалась в следующем:

1. Определяли сумму кальция в морской воде.

Чистую пробирку несколько раз ополаскивали пробой морской воды, взятой в зал. Петра Великого. Затем заливали в пробирку тестируемую морскую воду до отметки 10 мл, учитывая, что стеклянные мерные цилиндры, пробирки и мерные стаканы заполняются таким образом, чтобы жидкость (морская вода) касалась деления нижним краем мениска, поскольку поверхность жидкости имеет форму мениска. Чтобы получить точный результат, использовали шприц.

В пробирку с морской водой добавляли 5 капель реактива «А», наблюдаемое в это время помутнение раствора не влияло на результат тестирования. Учитывали, что реагенты не должны стекать в воду по стенкам пробирки, это может создать погрешность.

Через 1 мин добавляли 1 мерную ложку реактива «В» и перемешивали до тех пор, пока порошок полностью не растворится. Цвет морской воды в пробирке приобрел розовый оттенок.

По каплям добавляли реагент «С», считая капли, перемешивая раствор после каждой капли до тех пор, пока не произошла смена цвета с розового через фиолетовый на голубой. Количество израсходованных капель, помноженное на 50, дало уровень содержания кальция в миллиграммах на литр.

Таблица 1

Значения уровня примесей для стандартных типов воды, мг/л

Table 1

The total dissolved solid (TDS) for the standard types of water, mg/l

| Очень чистая пресная вода | Чистая пресная вода | Нормальная пресная вода / очень чистая морская вода | Пресная вода, не рекомендуемая к употреблению / чистая морская вода | Вода, не пригодная для питьевых целей / нормальная морская вода | Морская вода, не рекомендуемая к использованию |
|---------------------------|---------------------|---|---|---|--|
| 0-30 | 31-100 | 40-120 | 50-250 | 200-600 | 601-999 |

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования морской воды зал. Петра Великого в летнее время
(с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г.)

Table 2

Results of the pilot study the marine waters of the Gulf of Peter the Great in the summer (June 1, 2013 on July 14, 2013)

| № п/п | Место отбора пробы | Дата отбора пробы | Осадки и их обилие | Содержание механических примесей | | Содержание кальция (Ca), мг/л | Содержание магния (Mg), мг/л | Соле-содержание, ‰ | Температура, °C |
|------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|
| | | | | мг/л | состояние морской воды | | | | |
| Усеурийский зал. | | | | | | | | | |
| 1 | Бухта Лазурная (Шамора) | 01.06.13 | - | 280 | Нормальная | 400 | 1218 | 33,12 | 16,9 |
| 2 | Бухта Стеклянная | 08.06.13 | - | 273 | То же | 404 | 1232 | 32,98 | 17,0 |
| 3 | Бухта Сухопутная (Тихая) | 23.06.13 | - | 268 | -- | 433 | 1221 | 32,03 | 18,2 |
| 4 | Бухта Новик (Русский о-в) | 29.06.13 | - | 208 | Чистая | 413 | 1246 | 30,75 | 20,5 |
| 5 | О-в Елена (пролив Босфор Восточный) | 30.06.13 | - | 205 | То же | 447 | 1300 | 33,07 | 21,7 |
| 6 | О-в Попова (южное побережье) | 01.07.13 | - | 201 | -- | 446 | 1287 | 33,36 | 18,1 |
| Амурский зал. | | | | | | | | | |
| 7 | Бухта Мелководная | 03.07.13 | - | 243 | Нормальная | 402 | 1227 | 26,78 | 22,4 |
| 8 | Бухта Песчаная | 05.07.13 | - | 256 | То же | 421 | 1264 | 27,16 | 22,9 |
| 9 | Бухта Угловая (полу-в Де-Фриз) | 08.07.13 | - | 276 | -- | 401 | 1225 | 28,01 | 23,5 |
| Зал. Посьета | | | | | | | | | |
| 10 | Бухта Троица | 09.07.13 | - | 187 | Чистая | 438 | 1302 | 30,73 | 23,6 |
| 11 | Бухта Экспедиции | 10.07.13 | - | 193 | То же | 439 | 1306 | 30,98 | 23,5 |
| 12 | Бухта Рейд Паллада | 11.07.13 | - | 191 | -- | 440 | 1308 | 30,71 | 23,9 |
| Славянский зал. | | | | | | | | | |
| 13 | Бухта Северная | 12.07.13 | - | 176 | Чистая | 449 | 1350 | 33,93 | 23,3 |
| 14 | Бухта Табунная (Безверхово) | 13.07.13 | - | 199 | То же | 443 | 1342 | 33,81 | 22,8 |
| Зал. Находка | | | | | | | | | |
| 15 | Бухта Врангель | 14.07.13 | - | 234 | Нормальная | 444 | 1346 | 33,64 | 22,0 |
| 16 | Бухта Находка | 14.07.13 | - | 252 | То же | 437 | 1338 | 32,43 | 22,4 |

2. Определяли уровень содержания кальция и магния в морской воде (Mg + Ca).

Аналогичным образом, как в п. 1, заполняли пробирку тестируемой морской водой до маркировки 10 мл. Чтобы получить точный результат, использовали медицинский шприц.

Добавляли в пробирку 5 капель магниевых реагента «А» и перемешивали.

Через 1 мин по каплям добавляли магниевый реагент «В», считая капли, перемешивая раствор после каждой капли до тех пор, пока не происходила смена цвета с красного через серо-коричневый на зеленый [14].

3. Находили уровень содержания магния в морской воде (Mg) по уравнению [14]:

$$\text{Mg} = (\text{Mg} + \text{Ca}) - \text{Ca},$$

где Mg – содержание магния в исследуемой пробе морской воды; Mg + Ca – суммарное содержание магния и кальция в исследуемой пробе морской воды; Ca – содержание кальция в исследуемой пробе морской воды.

Результаты экспериментального исследования морской воды на содержание кальция и магния сведены в табл. 2.

Морскую воду часто называют соленой. Под соленостью морской воды понимают массу (в граммах) сухих солей в 1 кг морской воды. В пределах Мирового океана соленость колеблется от 33 до 37 ‰, в среднем ее можно считать равной 35 ‰.

Перечень элементов, содержащихся в морской воде, очень велик, однако концентрация большинства из них очень низка. Среди веществ, содержащихся в морской воде в малых концентрациях (от 1 до 0,01 млн д.), имеются элементы азот, литий, рубидий, фосфор, йод, железо, цинк и молибден. В морской воде обнаружено не менее 50 других элементов в еще более низких концентрациях.

Под соленостью морской воды (S+) в океанографии понимают одну из основных характеристик водных масс, распределения морских организмов, элементов морских течений и т.д. Особую роль она играет в формировании биологической продуктивности морей и океанов, так как многие организмы очень восприимчивы к незначительным ее изменениям.

Соленость морской воды определяют обычно аргентометрическим титрованием (по хлорности), комплексами «Гидрозонд» и электрометрическим способом на солемерах [8].

Как показало исследование, наиболее эффективным является электрометрический способ определения солености морской воды, основанный на измерении относительной электропроводности морской воды с помощью бесконтактного индукционного солемера, что позволяет ускорить и увеличить точность ее определения по сравнению с аргентометрическим титрованием.

К основным недостаткам других методов относят невозможность измерения солености морской воды напрямую на месте взятия проб, использование лишь в лабораторных условиях; высокую цену комплексов «Гидрозонд», значительные эксплуатационные расходы, несовершенство конструкции и недостаточную изученность.

При экспериментальном определении солености в морской воде нами был использован солемер TDS-4. Достоинствами данного прибора являются простота эксплуатации, компактность, быстрота и точность измерения, низкое потребление электроэнергии.

Для определения солености погружали солемер в пробу морской воды до максимально возможного уровня (5 см), слегка помешивая для избавления от воздушных пузырьков. Дожидались стабилизации показаний на жидкокристаллическом дисплее (10-15 с) и после чего снимали показания.

Измерение температуры является одной из важнейших задач при различных технологических процессах.

Каждый метод измерения температуры имеет свои особенности, определяемые как принципом, так и применяемыми средствами измерений и схемами их подключения. Кроме того, при измерении температуры следует учитывать взаимодействие между термомпреобразователем и измеряемой средой.

Диапазон температур, с которыми приходится встречаться в научных исследованиях, очень широк – включает тысячные доли градуса вблизи абсолютного нуля, получаемые в экспериментах по глубокому охлаждению, и температуры 109 К, характеризующие состояние внутризвездного вещества. Наиболее изученной и освоенной областью измерений является интервал от 10 до 10000 К.

Температура измеряется с помощью устройств, использующих различные термометрические свойства жидкостей, газов и твердых тел. Существуют десятки различных устройств, применяемых в промышленности, при научных исследованиях, для специальных целей [13].

В большинстве случаев температуру пресной и морской воды измеряют ртутным термометром с точностью $\pm 0,2$ °С, причем разность температур не превышает $\pm 0,5$ °С.

Температура морской воды в поверхностных водах зал. Петра Великого определялась нами при помощи цифрового мультиметра Meter DT-266С, так как он обладает широким пределом измерений, хорошей видимостью шкалы (панели вывода цифровых электронных результатов, дисплей) и приемлемой точностью измерения [6].

В мультиметре Meter DT-266С температура воды измерялась специальным выносным датчиком температуры, позволяющим проводить измерения в диапазоне от -5 до +1000 °С. Этот датчик в виде провода с конечным чувствительным металлическим концом – термопарой – присоединялся в определенный разъем (TEMP) для термопары в прибор мультиметра.

Перед измерением температуры переключатель функции устанавливали на диапазон °С, далее помещали спай термопары в зону поверхностных вод зал. Петра Великого в нужной точке на 3 и считывали показания дисплея [5].

Таким образом, нами были отобраны, законсервированы и исследованы пробы морской воды в 16 точках зал. Петра Великого в период с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г.

В результате проведенного экспериментального исследования было измерено содержание механических примесей в пробах взятой морской воды, которое составило 176-280 мг/л. Полученные значения лежат в допустимых пределах и соответствуют классам чистая и нормальная морская вода. Содержание кальция в пробах морской воды составило 400-409 мг/л, магния – 1218-1350 мг/л, что допустимо для рыбохозяйственных целей. Солеосодержание в пробах исследуемой морской воды составило 26,78-33,93 мг/л; температура в поверхностных слоях зал. Петра Великого лежала в пределах от 16,9 до 23,9 °С. Полученные результаты находятся в допустимых пределах для рыбохозяйственных нужд [11, 13]. В дальнейшем нами планируется провести экспериментальное исследование морской воды в зал. Петра Великого на содержание механических примесей, кальция и магния, солеосодержания и показаний температуры морской воды в поверхностных водах в летнее время до и после фильтрования на насыпных фильтрах с зернистой загрузкой.

Список литературы

1. ГОСТ 17.1.5.05-04. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Госстандарт РФ, 2004. – 9 с.

2. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2001. – 193 с.
3. Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография / отв. ред. Н.К. Христофорова. – Владивосток: Издательский дом ДВФУ, 2012. – 440 с.
4. Угрюмова С.Д. Управление отходами пищевых производств на основе безотходных технологий / С.Д. Угрюмова, Л.В. Кучеренко, А.В. Перебейнос, Е.В. Макарова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. – 231 с.
5. Угрюмова С.Д. Экспериментальное исследование насыпной загрузки в процессе фильтрования морской воды / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова, И.В. Панюкова // Приморские Зори-2012. Международные научные чтения: сб. науч. тр.-13. – Владивосток, 2012. – С. 241-245.
6. Угрюмова С.Д. Оценка надежной эксплуатации фильтрующей загрузки в линии культивирования дальневосточного трепанга / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Т. 27. – С. 171-180.
7. Федосов М.В. Современные методы рыбохозяйственных морских гидрохимических исследований: Определение солёности морской воды / М.В. Федосов, С.Г. Орадовский. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – С. 37-44.
8. Methods of seawater analysis/ Grasshoff K. et. al. (Eds.). Verlag Chemie, Weinheim, 1983. – P. 99-23.
9. ГОСТ 17.1.3.07-99. Охрана природы. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. – М.: Госстандарт РФ, 1999. – 21 с.
10. Фомин Г.С. Вода. Контроль химический, бактериологический и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справ. – М.: Протектор, 2000. – 84 с.
11. Перечень рыбохозяйственных нормативов: ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М., 1999. – 35 с.
12. ГОСТ 27065-01. Гидросфера – критерии и показатели качества вод. – М.: Госстандарт РФ, 2001 – 12 с.
13. ОСТ 155 37 2-87. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 29 с.
14. РД 52.10.243-92. Руководство по методам химического анализа морских вод. – Л.: Гидрометеиздат, 2010. – 226 с.

Сведения об авторах: Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;
Федорова Александра Игоревна, аспирант.