

ИНСТРУМЕНТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ И РАДИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ГРУНТОВ ВОДОЕМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ермаков И.Д.¹, Краснов В.Г.², Ермаков Д.И.², Вонсовский Н.Н.³

¹ Каспийский филиал института океанологии им. П.П.Ширшова РАН, 414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, д. 6, корп. 27, офис 5, , 8(8512)54-45-59, iwan30rus@mail.ru

² Общество с ограниченной ответственностью «Акваспецсервис», 414000, г. Астрахань, ул. Набережная Приволжского затона, д. 14, офис 31«а», 8(8512)54-38-18, agva87@mail.ru

³ Общество с ограниченной ответственностью «СНИП-АУНИС», 123060, г. Москва, ул. Расплетина, д. 5, 8(499)198-97-91, info@aunis.ru

The description of work tools remotely operated underwater vehicle (ROV) «Super GNOM Pro» to assess the thermal and radiation background areas of the surface layer of the northern part of the Caspian Sea. We formulate a method for the analysis of experimental data by forecasting future values of temperature, the use of which improves the accuracy of the data and the overall picture of the thermal background

Тысячи лет прошли от первых свободных погружений до появления первых подводных лодок. На протяжении всего этого времени человек шаг за шагом создавал средства для проникновения в моря, реки и озёра. В наши дни ученые, исследователи и инженеры совершенствуют возможности подводной техники и, в том числе, телеуправляемых и автономных необитаемых подводных аппаратов, получивших широкое признание во всем мире. Стоит отметить, что наиболее интенсивно развивается разработка телеуправляемых подводных аппаратов (далее – ТПА), способных выполнять практически все виды подводно-технических работ [1]. И всё более очевидным становятся преимущества ТПА по сравнению с водолазными методами работ.

Одним из важных видов подводно-технической работы является проведение мониторинга придонного слоя грунта. Это, в свою очередь, включает в себя: отбор проб грунта, измерение термального и радиационного фона придонного слоя грунта [2].

Такие столь сложные телеметрические операции возможно использовать при помощи так называемых «рабочих инструментов» ТПА. Рабочие инструменты могут включать как простые инструменты, которые вкладываются в кисть манипулятора, так и многофункциональные инструменты, требующие дополнительного гидравлического или электрического источника питания [1].

В течение нескольких лет на Северном Каспии Каспийским филиалом института океанологии проводятся мониторинговые исследования термального и радиационного фона. Измерение температуры проводится водолазами по утвержденной сетке измерений путем заглубления чувствительной части термометра под слой грунта на глубину 20 см. Измерение радиационного фона проводится путем прикладывания дозиметра в специальном герметичном боксе к грунту.

Важнейшим аспектом в изучении термальных процессов в придонных слоях водоемов является обнаружение незначительных флюидопроявлений на локальных участках дна, имеющих как естественное, так и искусственное происхождение.

В августе 2016 г. в ходе проведения научной экспедиции в Каспийское море были проведены тестовые испытания двух рабочих инструментов ТПА «Супер ГНОМ Про» (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Устройство заглубления термометра.

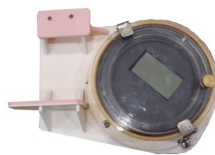


Рис. 2. Подводный дозиметр.

Устройство заглубления предназначено для заглубления чувствительной части термометра на 20 см. под слой грунта. Управление данным устройством производится с пульта управления ТПА. Значение температуры выводится на экран оператора ТПА. Уникальность этого рабочего инструмента состоит в том, что вращательное движение бура и

поступательное движение рамы крепления бура обеспечивается одним электроприводом. Скорость вращения бура примерно 1 об/мин., что позволяет с лёгкостью забуриваться как в довольно плотные грунты (песчано-илистые), так и в менее плотные (битая ракушка).

На рис. 3 представлен график (синяя линия) зависимости температуры от времени, полученный в результате одного измерения под слоем грунта. Экспозиция прибора в точке составляла около 3-х минут.

Всплеск (фрикционный импульс) наверху графика говорит о начале механического воздействия на чувствительный элемент в результате силы трения, что приводит к нагреву и повышению температуры. Как только это воздействие прекращается, температура начинает понижаться.

Как показывает график, во всех измерениях температура не достигает установившегося значения. Чтобы получить участок графика температуры, переходящий в режим, близкий к установившемуся, необходимо выдерживать прибор в точке замера достаточно продолжительное время, порядка 10-15 минут. Это приводит к длительному пребыванию водолаза под водой. Ограниченный запас воздуха может не позволить выполнить все замеры с такой длительной экспозицией. Чтобы получить продолжение имеющегося графика, стоит обратиться к математическому анализу. Так как график выражен четкой гиперболической функцией с уже имеющимися значениями, то, исходя из этого, пользуясь формулой функциональной зависимости, стремящуюся к установившемуся режиму линию можно достроить математическим путём.

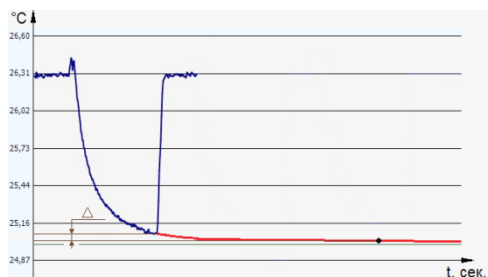


Рис. 3. Математическое моделирование графика.

Также, на рис. 3, представлено возможное продолжение (экстраполяция) графика (красная линия), где видно, что фактическое значение температуры отличается от значения температуры, выбранного

на продолжении графика на Δ . Значение Δ , последовательно измеряемое на этом участке графика, будет со временем постоянно уменьшаться, достигая допустимой погрешности измерения.

Величина Δ может сыграть важную роль при оценке фактического значения измеренной температуры. Поэтому использование математического моделирования и анализа экспериментальных данных позволит оптимизировать исследовательский процесс и получить более точные конечные данные.

Дозиметр-радиометр представляет собой прибор МКС-03СА, помещенный в герметичный бокс. Прибор установлен таким образом, что при опускании ТПА на грунт происходит непосредственный контакт прибора с грунтом, и таким образом происходит измерение радиационного фона. Показания прибора снимаются путем наведения камеры ТПА на дисплей дозиметра-радиометра.

Преимущества данных устройств в том, что процесс измерения термального и радиационного фона поверхности дна исключает использование профессиональных водолазов (рис. 4). Это в свою очередь минимизирует риск получения травм и уменьшает стоимость проведения работ.



Рис. 4. ТПА «Супер ГНОМ Про» с навесными дозиметром-радиометром и устройством заглубления для термометра при проведении испытаний в бассейне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтов Д.В. Телеуправляемые обитаемые подводные аппараты. Изд. МОРКНИГА, М. 2012. С. 7, 40.
2. Ушивцев В.Б., Монахов С.К. Труды Каспийского филиала ИО РАН. Выпуск 1 «Окружающая среда и экосистема Каспийского моря». Астрахань. 2016. С. 260-262.