

ПОИСК СУБМАРИННЫХ ИСТОЧНИКОВ МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ ПРИБОРОМ ИСТ-1М1

*А.Н. Греков, Н.А. Греков,
К.А. Кузьмин, С.В. Казанцев,
М.А. Пасынков*

Морской гидрофизический институт
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoimhi@inbox.ru

В статье анализируются известные методы поиска и исследования субмаринных источников. Предложено изучать субмаринную разгрузку модернизированным измерителем ИСТ-1М1, установленным на буксировочную платформу. Основным показателем пресенных вод является соленость воды, которая рассчитывается по измеренным параметрам температуры, скорости звука и давления с использованием универсального уравнения состояния воды. Приведены результаты измерений, полученные в экспедиции в районе мыса Аия.

Введение. Субмаринные источники пресных вод обнаружены во многих частях земного шара. Из литературных источников известно, что они могут располагаться на расстоянии нескольких метров от уреза воды до нескольких километров. Глубины, на которых обнаружены субмаринные источники, могут достигать 1000 м [1].

Интенсивно исследовались субмаринные источники в Черном море, много их было выявлено на Кавказе и в Крыму [2].

Вначале поиск и исследования источников выполнялись в экспедициях на океанских судах типа НИС “Академик Вернадский” или малотоннажным гидрографическим судном ТС-273, что приводило к большим финансовым затратам [3].

Позже для исследования источников стали использовать маломерные суда [4], однако оснащенность их приборным парком была неудовлетворительной, это касалось и набора измеряемых параметров.

В методических рекомендациях по гидрогеологическому изучению акватор-

рий морей и крупных озер [5] исследования предлагается проводить поэтапно, включая поиск, картирование и детальное изучение очагов водных источников. При этом предлагается комплексное профилирование в сочетании с измерением гидрофизикохимических полей, по которым хорошо проявляются при разгрузке субмаринные источники.

Однако большие временные и материальные затраты при получении гидрофизикохимических полей, сложность или невозможность выполнения съемок в труднодоступных местах, особенно в карстовых полостях, зависимость достоверности результатов от применяемого метода и технологии обработки результатов измерения, все это приводит к необходимости разрабатывать новые приборы и методы для поиска и исследования субмаринных источников.

При поиске субмаринных источников основным показателем пресных вод несомненно является соленость и ее необходимо знать при любом солевом составе акватории окружающий очаг субмаринной разгрузки. Для исследования временной изменчивости дебита субмаринных источников необходимо иметь данные об изменчивости вертикальных и горизонтальных распределений скоростных потоков, что приводит к необходимости создания высокочувствительных средств измерения скорости течения порядка миллиметров в секунду. Необходимо учитывать также, что при движении разнотонистичных потоков морских и пресных вод, на них накладываются внешние факторы, например, волнения, вдольбереговые течения, приливные явления и т.д.

Для открытого океана методика расчета солености по электропроводности, температуре и давлению с использованием уравнения состояния морской воды хорошо изучена. Коэффициенты уравнения состояния воды для внутренних морей все время изменяются, особенно большая изменчивость наблюдается в шельфовой зоне. Фактически для некоторых участков шельфовой зоны нельзя использовать измерения, выполненные с использованием канала измерения электропроводности. Это отмече-

но и в материалах ЮНЕСКО и рекомендовано использовать уравнение состояния воды, где не используется электропроводность при расчете солености [6].

С учетом этих соображений нами был доработан измеритель скорости течения ИСТ-1М1 установкой в него дополнительных каналов измерения температуры и скорости звука. Это позволило по измеренным параметрам рассчитывать соленость воды. Точныхные

характеристики и используемые уравнения при расчетах детально рассмотрены в работе [7].

Кроме того, для поиска субмаринных источников к прибору ИСТ-1М1 была разработана буксировочная платформа (рис. 1), на которую устанавливался измеритель. Это позволило проводить буксировку прибора в поверхностном слое моря на скоростях до 2 м/с.

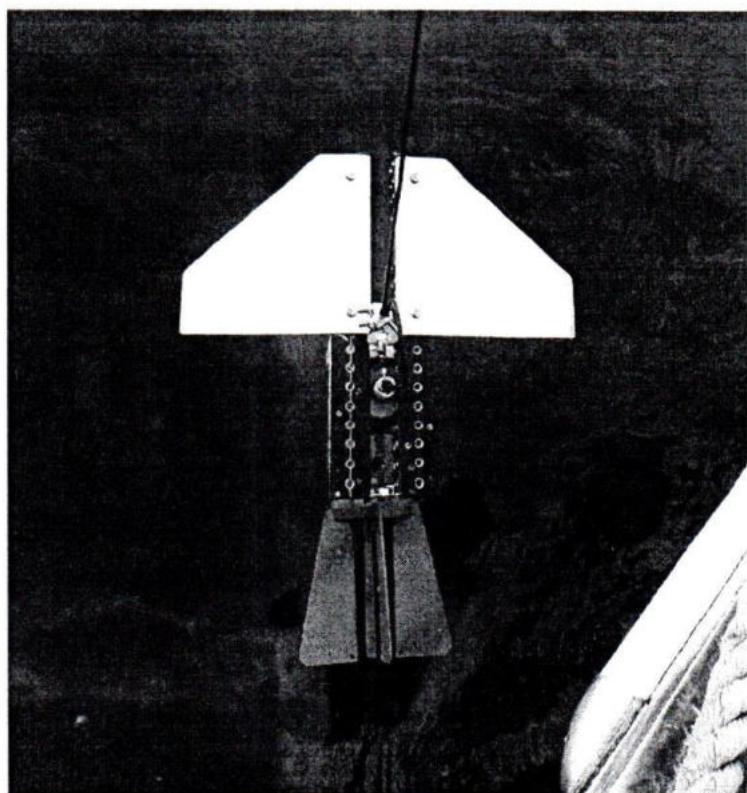
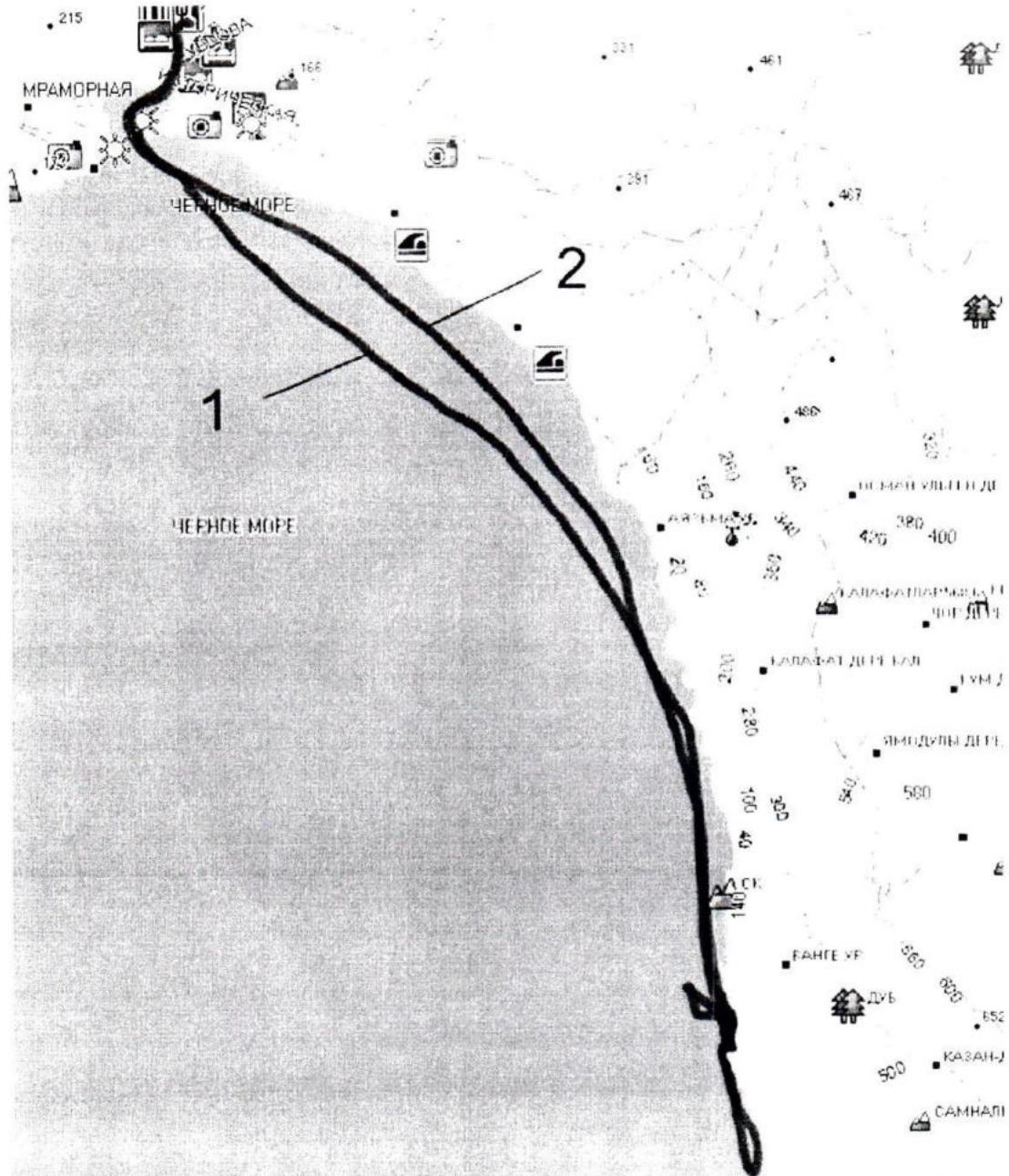


Рис. 1. Прибор ИСТ-1М1 на буксировочной платформе

Экспедиция по поиску субмаринных источников в районе мыса Аия выполнялась на маломерном судне. Следует отметить, что исследования выполнялись в сезон, которому предшествовала длительная засуха, и практически все родники пересохли, соответственно, приток пресных вод в это время был минимальный. Учитывая опыт предыдущих экспедиций буксировку к предполагаемым источникам осуществляли в поверхностном слое. Вначале экспедиции при выходе из Балаклавской бухты для измерений использовался прибор ИСТ-1М1 без буксировочной платформы. Из-за волнения моря прибор вел себя неустойчиво,

непредсказуемо заглублялся до 2 м и вновь всплыval на поверхность. В дальнейшем использовали прибор ИСТ-1М1, установленный на буксировочную платформу, что позволило в момент буксировки удерживать его в поверхностном слое моря.

На рис. 2 представлена схема маршрута, по которому двигалось судно и проводились измерения при поиске субмаринных вод. Цифрой 1 на рисунке отмечено движение судна от Балаклавы до мыса Аия. Цифрой 2 показан маршрут в обратную сторону. Движение судна по маршруту 2 проходил ближе к береговой зоне.

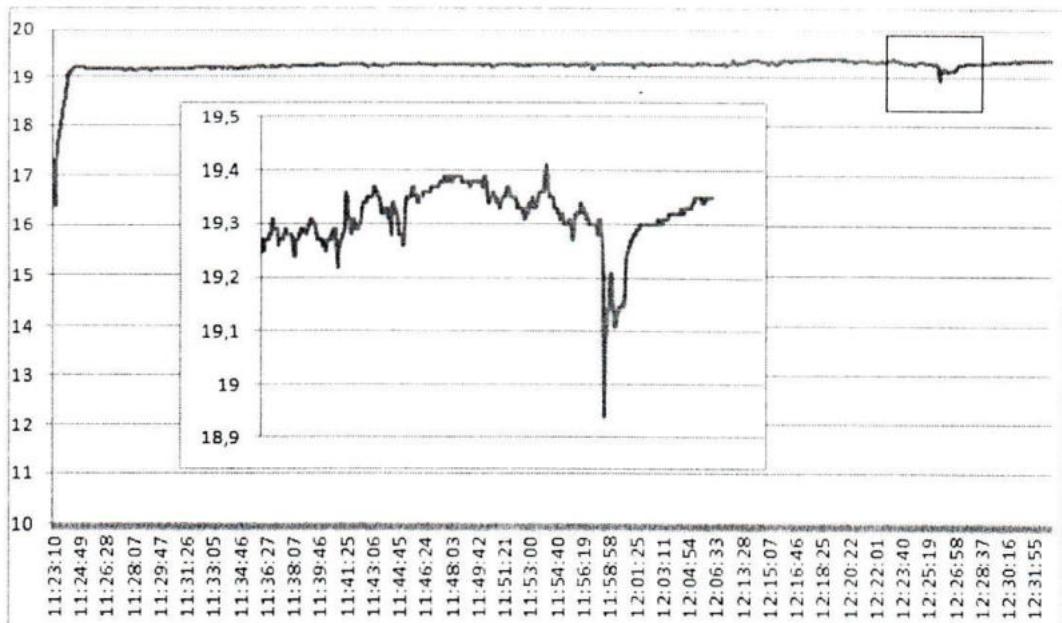


Р и с. 2. Маршрут движения судна

На рис. 3 показан разрез солености в направлении от Балаклавской бухты до мыса Айя. Как видно из рисунка флуктуация изменчивости солености на маршруте не превышает 0,1% и только при подходе к мысу средняя соленость увеличилась до 19,35 %, а затем в районе грота произошло резкое снижение фоновой солености до 18,9 %. Пройдя некоторое расстояние вдоль мыса и не обнаружив новую аномалию солености воды, развернули судно и вновь подошли к

участку с распресненными водами, где выполнили миниполигон.

При движении от гротов в сторону Балаклавы средняя соленость понизилась до 19,12 ‰, это вызвано тем, что маршрут движения судна проходил ближе к береговой черте, где находятся незначительные потоки субмаринных источников. При входе в Балаклавскую бухту, как и в самой бухте, наблюдаются распресненные воды. О происхождении этих вод в Балаклавской бухте рассказано в работе [8].

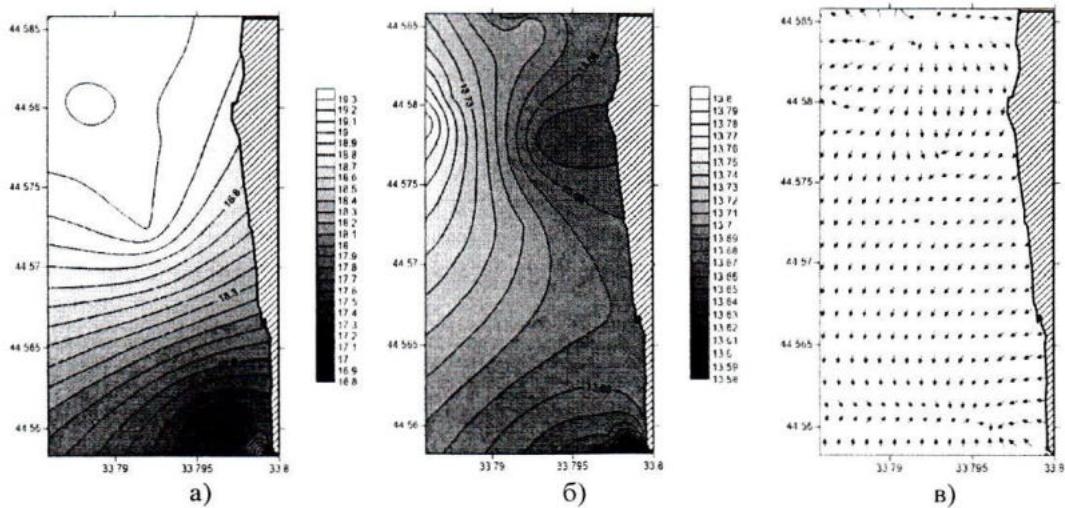


Р и с. 3. Разрез солености между Балаклавской бухтой и мысом Айя

Далее рассмотрим результаты измерений, полученные на миниполигоне. Здесь дополнительно, кроме измерения в поверхностном слое, проводилось вертикальное зондирование до глубин 8 м с применением интеграционного метода. В результате обработки данных измерений были построены поля температуры, солености и скорости течения.

В этой статье мы не будем приводить вертикальную структуру измеренных полей, а ограничимся анализом и построением полей на горизонтах 0,25; 1,0; 8,0 м. Вначале сделаем анализ полей солености, температуры и вектора скорости течения на горизонте 0,25 м (рис. 4).

Соленость (рис. 4а) в районе грота понижается до 16,8 ‰ относительно фоновой солености, которая на миниполигоне составляет в среднем 18 ‰. Температура на этом горизонте (рис. 4б) указывает на аномальные температуры в районе грота, хотя перепад температуры составил всего 0,3 °С. Поля солености (рис. 4а) и вектора скорости течения (рис. 4в) указывают на распресненный поток, выходящий из грота со скоростью около 4 см/с. На остальной акватории миниполигона поле течения в большей степени не связано с субмариной разгрузкой.



Р и с. 4. Поля на горизонте 0,25 м: а) солености; б) температуры; в) направления течения

Вода на горизонте 1 м (рис. 5) имеет свои особенности. Так поле солености (рис. 5а) указывает на незначительную распресненность в юго-восточной части

миниполигона. Поле температуры (рис. 5б) на этом горизонте подтверждает, что температура воды не коррелирует с полем солености.

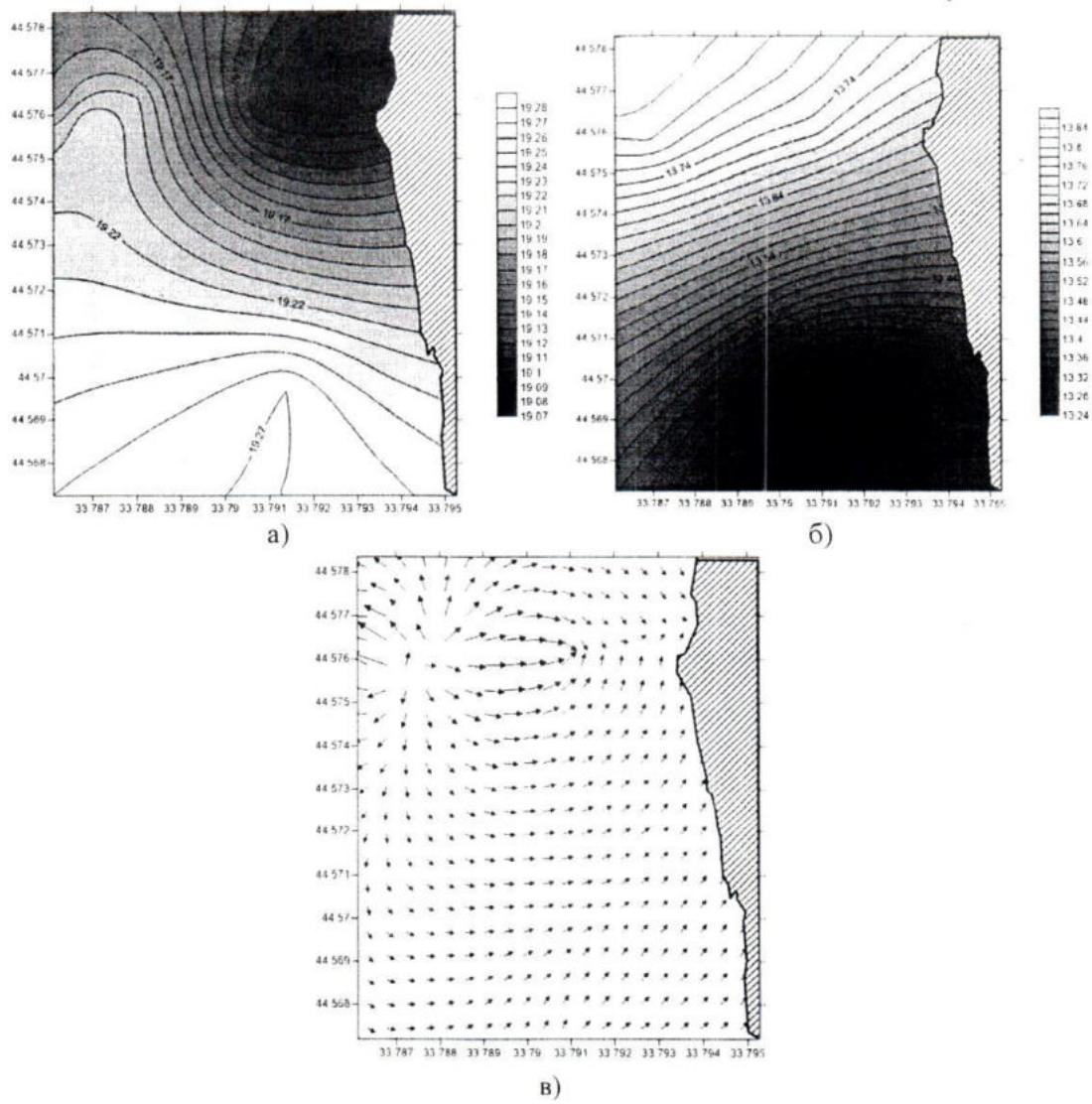


Рис. 5. Поля на горизонте 1 м: а) солености; б) температуры; в) направления течения

С учетом поля скорости течения (рис. 5в) можно выдвинуть две версии поведения этих вод. Первая – факел субмаринных источников за счет поля течения на глубине 1 м рассредоточился и переместился в северную часть полигона.

Вторая – распреснение на этом горизонте связано с разгрузкой субмаринных источников из других гротов. Подтверждением второй версии является построение полей на горизонте 8 м (рис. 6). Поле солености (рис. 6а) на глубине 8 м хорошо коррелирует с полем солености

на глубине 1 м. Поле температуры на глубине 8 м (рис. 6б), как и на глубине 1 м, совершенно не отражает поля солености. Поля течений на глубинах 1 и 8 м (рис. 6в) почти совпадают.

Выводы. 1. При оперативном поиске субмаринных источников можно использовать прибор ИСТ-1М1, установленный на буксирующую платформу, и проводить экспедиции на маломерных судах, что повышает эффективность экспедиции и уменьшает материальные затраты на её проведение.

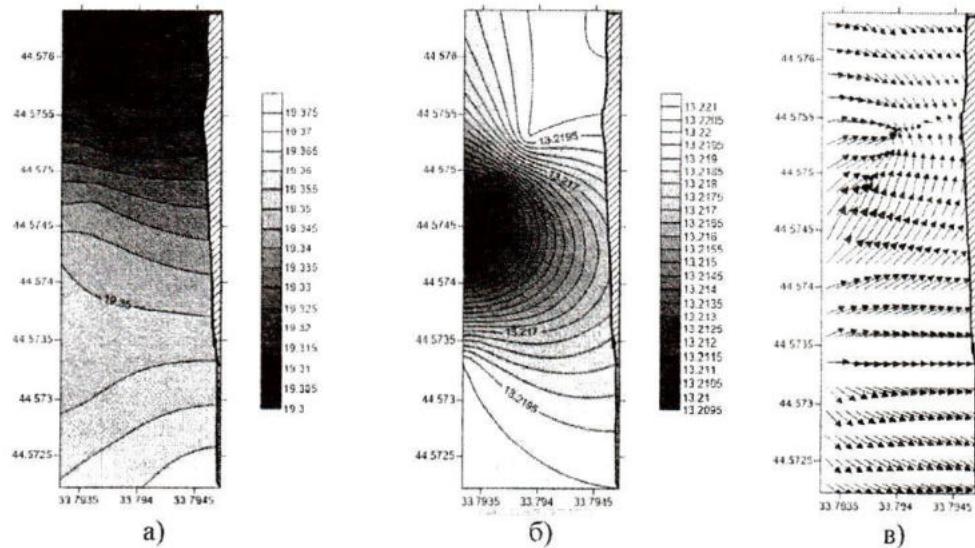


Рис. 6. Поля на горизонте 8 м: а) солености; б) температуры; в) направления течения

2. Основным показателем присутствия субмаринных источников следует считать соленость, рассчитанную по измерениям температуры, скорости звука и давления, используя при расчете универсальное уравнение состояния.

3. Буксировку прибора необходимо проводить в поверхностном слое моря глубиной ~ 0,2 м до выявления распределенных участков, а затем с учетом особенностей субмаринного источника детально изучают изменчивость полей солености и течения, по которым определяются количественные характеристики.

4. При работе на полигонах при зондировании следует применять интеграционный метод, что позволяет значительно экономить время проведения исследований.

Авторы благодарят инженеров О.Ю. Борщёва и Д.С. Тарнакова за оказание помощи в проведении экспериментов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и города Севастополя в рамках научного проекта № 14-45-01020 «р_юг_a».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schwerdtfeger B.C. On the occurrence of submarine fresh water discharges // Geol. jahrb. – 1981. – С. N 29. – В. 231 – 240.
2. Максимович Г.А., Кикнадзе Т.З. Субмаринные источники Черного моря и некоторых карстовых областей Средиземноморья // Сообщ. АН ГССР. – 1967. – Т. 47. – № 3. – С. 43 – 57.
3. Шнюков Е.Ф., Шелкопляс В.Н., Гоэжик П.Ф. и др. Результаты геологических исследований 37 рейса в Черном море НИС «Академик Вернадский». – Киев, 1988. – 36 с.
4. Иванов В.А. Субмаринная разгрузка у мыса Аяя / Иванов В.А., Прусов А.В., Юровский Ю.Г. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – К., 2008. – № 3. – С. 65 – 75.
5. Методические рекомендации по гидрогеологическому изучению акваторий морей и крупных озер / Сост. Месхетели А.В., Зекцер И.С., Джамаилов Р.Г. и др. – М.: [ВСЕГИНГЕО], 1987. – 66 с.
6. МОК 25 сессия ЮНЕСКО от 16 – 25 июня 2009 г.
7. Греков Н.А., Греков А.Н., Кузьмин К.А. Технические возможности измерителя скорости и направления течения ИСТ-1М1 // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2013. – Вып. 19. – С. 40 – 46.
8. Попов М.А. Комплексный мониторинг вод Балаклавской бухты / М.А. Попов, Н.П. Ковригина, Е.В. Лисицкая // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и мировом океане (юбилейный выпуск); Сб. науч. тр. – Керчь: ЮГНИРО, 2008. – Т. 46. – С. 118 – 124.