

3. Горчаковский П.Л. Антропогенное изменение растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование / П.Л. Горчаковский // Экологія. – К.: Наукова думка, 1984. - № 5. – С. 3 - 16.

4. Нилов Н.Г. Фитомониторинг в виноградарстве: современные возможности и перспективы / Н.Г. Нилов // Виноградарство и виноделие. – Магарац: Лаборат. физиологии и фитомониторинга, инс-т винограда и вина «Магарац», 2003. – 10 с.

5. Олиферчук В.П. Биоиндикация: учеб. практикум / В.П. Олиферчук. – Львов: Изд-во РВВНЯТУ Украины, 2008. – 38 с.

6. Тон Ю.Д. Приборы и методы фитомониторинга водного режима / Ю.Д. Тон, Э.И. Клейман // Водный режим с.х. растений. – Кишинев: Штиинца, 1989. – С. 209 - 212.

Надійшла до редакції 14.11.2013 р.

УДК 504.064.3:551.45 (2625)

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

**О.В. Матузаева, к.т.н., доц., Д.Г. Гончаренко, препод.,  
М.М. Дивизинюк, д.ф.-м.н., проф.**

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

Рассматриваются средства первичного обнаружения антропогенной примеси в водной среде. Анализируются физико-географические факторы гипотетических захоронений отравляющих веществ в мелководных и шельфовых районах Черного моря, а также в районах свала глубин. Предлагаются различные варианты построения систем экологического мониторинга в зависимости от объема решаемых задач и района захоронения отравляющих веществ.

### Введение

Вопросы осуществления контроля состояния окружающей водной среды Черного моря – одна из актуальных проблем, которая перешла из XX в XXI век и стоит перед странами Черноморского бассейна [1]. При решении задач по недопущению загрязнения морской среды в соответствии с Международными правовыми актами [2] по-прежнему возникают вопросы своевременного обнаружения антропогенных загрязнений, прогнозирования их перемещения по Черноморской акватории и принятия мер по их локализации и последующей ликвидации [3]. Решение этих задач осуществляется с использованием систем дистанционного зондирования водной поверхности, путем построения комплексных систем мониторинга водной среды, а также посредством проведения попутных исследований (наблюдений) во время следования водных транспортных средств, пассажирских судов и военных кораблей по акватории Черного моря [4 - 7].

Однако в Черном море имеется еще одна экологическая опасность – захоронения боевых отравляющих веществ, появившиеся на морском дне во время второй мировой войны [8]. Считается, что разработка методологических основ – принципов построения систем экологического мониторинга, выполняющих задачи контроля за захоронениями отравляющих веществ на морском дне, является актуальной научной задачей [9].

### **Постановка цели и задачи научного исследования**

Целью данной работы является разработка методологических основ – принципов построения систем экологического мониторинга, выполняющих задачи контроля за захоронениями отравляющих веществ в различных районах Черного моря.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Первоначально проанализировать наиболее эффективные методы обнаружения антропогенных примесей в водной среде (особенно в придонных слоях). Затем рассмотреть особенности захоронения отравляющих веществ. После чего сформулировать принципы и предложить варианты построения систем экологического мониторинга для контроля за состоянием захоронений отравляющих веществ на дне Черного моря.

### **Обнаружение антропогенных примесей в водной среде**

Одним из эффективных методов обнаружения объемных антропогенных примесей в водной среде является акустический метод [6, 8]. Он основан на сопоставлении двух одновременно выполненных измерений скорости распространения звука в водной среде – вторичной гидрологической характеристики – двумя принципиально различными способами. Первый – косвенный способ измерения. Он основан на измерении первичных гидрологических характеристик морской воды – температуры, солености (электропроводности), гидростатического давления с последующим вычислением значения скорости звука по полученным данным. В настоящее время применение микропроцессоров позволяет проводить косвенные измерения скорости звука с частотой до десятков мегагерц, то есть более  $10^6$  измерений в секунду, при этом они не чувствительны к антропогенным примесям и показывают значение скорости звука в чистой воде.

Второй – прямой способ измерения скорости звука в воде – основан на получении первой производной расстояния, проходимого звуковой волной, по времени. Он имеет фазовые, импульсные, резонансные, импульсно-фазовые и другие технические реализации. С помощью этого способа измеряется фактическое значение скорости звука в воде, которое зависит от наличия и концентрации антропогенной примеси в водной среде. Чем выше концентрация объемной примеси, тем меньше значение скорости звука. Частота прямых измерений скорости звука зависит от величины измерительной базы (расстояние от излучателя до приемника). Здесь имеются противоречия: чем больше измерительная база, тем точнее измерения, но ниже частота измерений. В современных измерителях скорости звука частота измерений может достигать десятков килогерц, то есть до  $10^4$  измерений в секунду.

Абсолютная точность косвенных и прямых измерений скорости звука не превышает 0,1 м/с, а относительная точность (регистрируемые отклонения от фона) может достигать 0,005...0,01 м/с. Сопоставление одновременно выполненных прямых и косвенных измерений скорости звука позволяет обнаружить объемные антропогенные примеси.

Использование элементной базы микроэлектроники позволяет уменьшить измерительный объем воды до 0,1...0,2 дм<sup>3</sup>, а частота бинарных измерений более 1 кГц обеспечивает достоверную регистрацию объемной антропогенной примеси, начиная с объема 0,05...0,01 см<sup>3</sup> (в виде шара, куба и других сконцентрированных фигур).

Таким образом, акустический метод обнаружения антропогенной примеси, основанный на сопоставлении одновременно выполненных прямых и косвенных измерений скорости звука в водной среде, реализуемый с использованием элементной базы микроэлектроники, может обеспечить достоверное обнаружение объемных антропогенных примесей, начиная с объемов 0,05...0,1 см<sup>3</sup>.

### Особенности захоронения отравляющих веществ

Предыстория возникновения морских захоронений отравляющих веществ относится к тридцатым годам прошлого столетия. Тогда потенциальные противники – Советский Союз и фашистская Германия, готовясь к войне, производили отравляющие вещества в больших количествах. Одним из них был иприт, маслянистая жидкость, не растворимая в воде, переходящая в твердую аморфную фазу при температурах ниже 14 °С. С началом второй мировой войны ни одна из сторон не решилась применять отравляющие вещества, но и возможностей для их утилизации не было. По этим причинам отравляющие вещества затапливали в море в металлических бочках – таре, в которой они трансформировались и хранились. С учетом одной из физико-географических особенностей Черного моря, а именно наличия холодного промежуточного слоя, температура в котором не превышает 7...9 °С, располагающегося между горизонтами 40...60 м и 140...180 м, основные захоронения отравляющих веществ находятся в прибрежных районах на глубине 40...100 м. Известны также захоронения отравляющих веществ в виде одиночных бочек на глубине 20...40 м [9], которые, как правило, заилены и визуально не наблюдаются средствами первичного видеонаблюдения. Достоверно не известно время захоронения, ориентировочно можно оценивать его как 1940 - 1944 годы.

Находясь в агрессивной среде – морской воде – металлические бочки корродируют, теряют герметичность, что способствует соприкосновению желеобразного иприта с водной средой. В прибрежных районах Черного моря на глубинах 20...100 м существует постоянное движение водной среды, обусловленное придонными течениями различной природы и происхождения. Это движение сопровождается турбулентными процессами, которые, в свою очередь, при соприкосновении с ипритом, находящимся в воде даже в твердой фазе, способствуют его разрушению, измельчению до мелкодисперсного (фолликулярного) состояния и переносу в таком виде в другие районы.

Экспериментальных данных о том, каким образом иприт переходит в мелкодисперсное состояние, нет. В то же время известно и экспериментально подтверждено, что один миллилитр (1 см<sup>3</sup>) нефтепродукта (масло, дизельное топливо, бензин) в мелкодисперсном состоянии, распределяясь в объеме 1...100 дм<sup>3</sup>, устойчиво обнаруживается устройством, реализующим акустический метод обнаружения антропогенной примеси. Это позволяет предположить, что мелкодисперсная примесь иприта, сконцентрированная в микрообъемах под действием турбулентных процессов, также может регистрироваться устройством, реализующим акустический метод обнаружения антропогенной примеси.

Таким образом, захоронения отравляющих веществ в Черном море располагаются в прибрежных районах на глубинах 40...100 м и менее в металлических бочках, которые корродируют, разгерметизируются, чем способствуют соприкосновению иприта с морской водой, переходу его в мелкодисперсное состояние под действием природных турбулентных процессов и переносу его в другие районы моря.

### Принципы и варианты построения систем экологического мониторинга

Главными принципами построения систем экологического мониторинга, решающими задачи контроля за подводными местами захоронения отравляющих веществ, являются принцип ограждения, принцип коммуникации и принцип потребителя. Принцип ограждения состоит в том, что система мониторинга, осуществляющая контроль за местом захоронения, должна обеспечить своевременное обнаружение разгерметизации бочки (бочек) и распространения отравляющих веществ в мелкодисперсном состоянии в придонных слоях. Построение систем может быть точечным, на доминирующем направлении, по периметру, по двойному периметру. Вариант построения подобных сис-

тем представлен на рисунке. Точечный вариант предусматривает размещение одиночного элемента системы мониторинга на морском дне. Он предназначен для фиксации факта появления отравляющего вещества в водной среде. Построение систем мониторинга на доминирующем направлении производится, когда достоверно известно, что в этом районе действует природное течение в одном и том же направлении. Постановка одиночных элементов системы мониторинга осуществляется так, чтобы перекрыть максимальное отклонение направлений течения. В случае, если система мониторинга охватывает весь периметр подводного захоронения, то она позволяет зарегистрировать не только факт разгерметизации бочек, но и направление распространения отравляющих веществ. Если система мониторинга строится по двойному периметру, то она позволяет дополнительно зарегистрировать скорость распространения отравляющих веществ в придонных слоях.

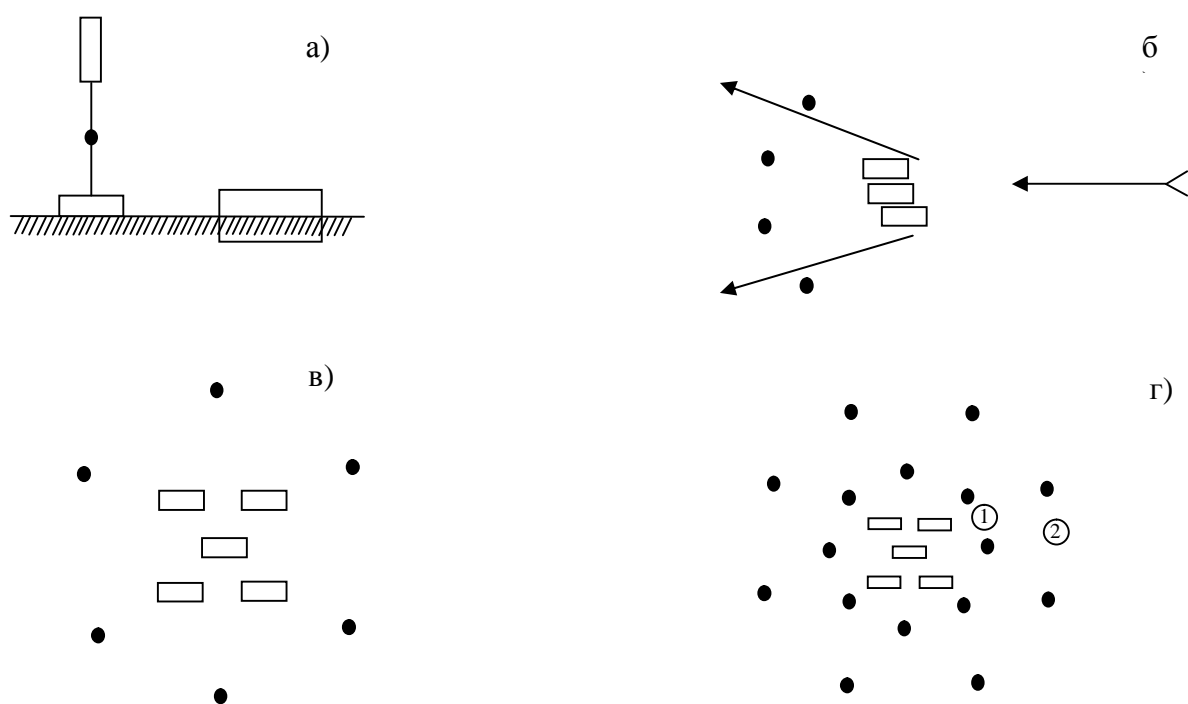


Рис. Варианты построения систем мониторинга: а – точечный; б – на доминирующем направлении; в – по периметру; г – по двойному периметру

Принцип коммуникации определяет, какими средствами телекоммуникаций информация от элементов системы мониторинга будет доходить оператору (управляющему руководителю и т.д.). Средства телекоммуникаций могут быть проводными, акустическими, радио и смешанными. В первом случае одиночные элементы соединены с береговым постом подводным кабелем. Во втором случае информация от одиночных элементов передается по гидроакустическому (звукowodному) каналу связи, в третьем – радиоканалу. В смешанном варианте используются несколько каналов, например, от всех элементов системы мониторинга информация идет по гидроакустическому каналу к одному базовому, а от него по проводному или радиоканалу.

Принцип потребителя определяет, что информация, полученная от системы мониторинга, обязательно должна дойти потребителю – оператору или лицу, принимающему решение. Он может располагаться на стационарном или мобильном посту управления, который может быть автомобильным, корабельным, авиационным.

Таким образом, основными принципами построения систем экологического мониторинга, решающими задачи контроля за морскими захоронениями отравляющих веществ, являются принципы ограждения, коммуникации, потребителя. В зависимости от этого системы мониторинга могут строиться как точечные, на доминирующее направление, по периметру и по двойному периметру, использовать проводные, акустические, радио и смешанные средства телекоммуникаций, передавать информацию на стационарные или мобильные (автомобильные, корабельные, авиационные) посты управления.

### **Выводы**

Захоронения отравляющих веществ в Черном море располагаются в прибрежных районах на глубинах 40...100 м и менее в металлических бочках, которые корродируют, разгерметизируются, чем способствуют соприкосновению иприта с морской водой, переходу его в мелкодисперсное состояние под действием природных турбулентных процессов и переносу его в другие районы моря.

Акустический метод обнаружения антропогенной примеси, основанный на сопоставлении одновременно выполненных прямых и косвенных измерений скорости звука в водной среде, реализуемый с использованием элементной базы микроэлектроники, может обеспечить достоверное обнаружение объемных антропогенных примесей, начиная с объемов 0,05...0,1 см<sup>3</sup>. Мелкодисперсная примесь иприта, сконцентрированная в микрообъемах под действием турбулентных процессов, также может регистрироваться устройством, реализующим акустический метод обнаружения антропогенной примеси.

Основными принципами построения систем экологического мониторинга, решающими задачи контроля за морскими захоронениями отравляющих веществ акустическим методом, являются принципы ограждения, коммуникации, потребителя. В зависимости от этого системы мониторинга могут строиться как точечные, на доминирующее направление, по периметру и по двойному периметру, использовать проводные, акустические, радио и смешанные средства телекоммуникаций, передавать информацию на стационарные или мобильные (автомобильные, корабельные, авиационные) посты управления.

## **ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В РІЗНИХ РАЙОНАХ ЧОРНОГО МОРЯ**

**О.В. Матузаєва, Д.Г. Гончаренко, М.М. Дівізінюк**

Розглядаються засоби первинного виявлення антропогенної домішки у водному середовищі. Аналізуються фізико-географічні чинники гіпотетичних поховань отруйливих речовин в мілководних і шельфових районах Чорного моря, а також у районах звалу глибин. Пропонуються різні варіанти побудови систем екологічного моніторингу залежно від обсягу вирішуваних завдань і району поховання отруйливих речовин.

## **CONSTRUCTION PRINCIPLES of ECOLOGICAL MONITORING SYSTEMS in DIFFERENT BLACK SEA REGIONS**

**O. Matuzaeva, D. Goncharenko, M. Divizinyuk**

Scanners of the primary detection of the anthropogenic admixture in the water environment were considered. The physical and geographical factors of hypothetical burial of poison wastes in the shallow, offshore and also in the depths dumps Black sea regions were analyzed. The different variants of ecological monitoring systems construction depending on the scope of decided problems of and on the burial region of poison wastes were suggested.

### Список использованных источников

1. Материалы Международной конференции «Black Sea 2000». – Севастополь: МГИ НАНУ, 2001. – 320 с.
2. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и Протокол 1978 года. – М.: Изд-во ЦРИА «Морфлот», 1980. – 364 с.
3. *Азаренко Е.В.* Модель развития чрезвычайной ситуации, вызванной разливом нефтепродуктов / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.И. Ожиганова // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2009. – Вып. 1 (29). – С. 202 – 207.
4. *Азаренко Е.В.* Обнаружение антропогенных загрязнений в водной среде / Е.В. Азаренко, В.У. Стоянов, Л.В. Третьякова, И.П. Шумейко // Строительство и техника безопасности. – Симферополь: НАПКС, 2007. – № 22. – С. 72 – 77.
5. *Азаренко Е.В.* Система мониторинга прибрежных морских вод / Е.В. Азаренко // Геохімія та екологія: зб. наук. пр. – К.: Інст-т геохімії навколишнього середовища, 2007. – Вип. 14. – С. 145 – 149.
6. *Азаренко Е.В.* Математическое обоснование акустического способа обнаружения антропогенных загрязнений на водной поверхности / Е.В. Азаренко // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2006. – Вып. 1 (17). – С. 42 – 47.
7. *Азаренко Е.В.* Разработка системы мониторинга деятельного слоя вод / Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, В.А. Маньковский // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – № 3. – С. 52 – 56.
8. *Азаренко Е.В.* Акустический способ и устройство обнаружения антропогенных примесей в водной среде / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Сучасна спеціальна техніка: наук.-практ. журн. – К.: Держ. наук.-дослід. Інст-т МВС України, 2011. – № 4 (27). – С. 87 – 92.
9. *Азаренко Е.В.* Проблема управления экологической безопасностью прибрежных вод и пути ее решения / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Харків: Харківський ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2012. – Вип. 2 (100). – С. 271 – 275.

Надійшла до редакції 22.10.2013 р.

УДК 503.31:612.014.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПАСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЖИТЕЛЕЙ ЗАПОРОЖСКОГО РЕГИОНА

**Л.А. Ничкова, к.т.н., доц., Е.В. Добровольская, асс., А.А. Никитин, асс.,  
И.А. Федосенко, студ.**

*Севастопольский национальный технический университет*

Исследовались основные вредоносные объекты Запорожской области и объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников по данным Главного управления статистики в Запорожской области.