

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ МОРСКИХ ЗАХОРОНЕНИЙ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

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 так же в районах свала глубин. Предлагаются различные варианты построения систем экологического мониторинга в зависимости от объема решаемых задач и района захоронения отравляющих веществ.

Ключевые слова: система мониторинга, морское захоронение, иприт, антропогенное загрязнение.

E.V. AZARENKO, M.M. DIVIZINYUK, YU.YU. STOLYARCHUK
 Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF THE ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS AT THE BURIAL OF TOXIC SUBSTANCES AT SEA

Abstract – The aim of this work is to develop the principles of construction of environmental monitoring systems, performing tasks of control over the graves of toxic substances in different regions of the Black Sea.

The primary means of detection of anthropogenic contaminants in the aquatic environment are considered. Physical-geographic factors for hypothetical burials of toxic substances in the shallow shelf areas and the Black Sea, as well as in areas of the depth break, are analyzed. Various variants of environmental monitoring systems, depending on the scope of the task and the district disposal of toxic substances are proposed.

The main principles of construction of environmental monitoring systems can to solve the problem of monitoring the sea burials of toxic substances is the organization of communication with the consumer. Depending on this, the monitoring system can be constructed as a point on the dominant direction along the perimeter and double perimeter, use wired, acoustic, radio and mixed media telecommunications, transmit information to landlines or mobile (automotive, marine, aviation) control stations.

Keywords: system monitoring, ocean dumping, mustard, anthropogenic pollution.

Введение

Вопросы контроля за состоянием окружающей водной среды Черного моря – одна из актуальных проблем, которая перешла из XX в XXI век и стоит перед странами Черноморского бассейна [1]. Решая задачи по недопущению загрязнения морской среды в соответствии с международными правовыми актами, остаются вопросы своевременного обнаружения антропогенных загрязнений, прогнозирования их перемещения по черноморской акватории и принятия мер по их локализации и последующей ликвидации [2-3]. Решение этих задач осуществляется с использованием систем дистанционного зондирования водной поверхности, построением комплексных систем мониторинга водной среды, а так же посредством проведения попутных исследований (наблюдений) при следовании водных транспортных средств, пассажирских судов и военных кораблей по акватории Черного моря [4-6].

Однако в Черном море имеется еще одна экологическая опасность – захоронение боевых отравляющих веществ, появившихся на морском дне во время второй мировой войны [7-8]. Считается, что разработка методологических основ – принципов построения систем экологического мониторинга, выполняющих задачи контроля за захоронениями отравляющих веществ на морском дне является актуальной научной задачей.

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 захоронением 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, солёности (электропроводности), гидростатического давления и последующего вычисления значения скорости звука по их данным. Применение микропроцессоров позволяет проводить косвенные измерения скорости звука с частотой до десятков МГц (мегагерц), то есть более 10⁶ измерений в секунду. Эти измерения 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 КГц (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 (регистрирующие 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 морской воды до $0,1-0,2 \text{ дм}^3$, а частота бинарных измерений более 1 КГц обеспечивает достоверную регистрацию объемной антропогенной примеси, начиная с объема $0,05-0,01 \text{ см}^3$ (в виде шара, куба и других сконструированных 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 $0,05-0,1 \text{ см}^3$.

Особенности захоронения отравляющих веществ

Предыстория 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°C . С началом Второй Мировой войны ни одна из сторон не решилась применять отравляющие вещества, возможностей для их утилизации не было. По этим причинам отравляющие вещества затапливали в море в металлических бочках – таре в которой они трансформировались и хранились. Одной из физико-географических особенностей Черного моря является наличие холодного промежуточного слоя температура в котором не превышает $7-9^\circ\text{C}$, который располагается между горизонтами 40-60м и 140-180м. По этим причинам основные захоронения отравляющих веществ находятся в прибрежных районах на глубине 40-100м. Известны так же захоронения отравляющих веществ в виде одиночных бочек на глубине 20-40м [6]. Как правило, одиночные бочки заилены и визуально не наблюдаются средствами первичного видеонаблюдения. Достоверно неизвестно время захоронения. Ориентировочно можно оценивать его как 1940-1944 годы.

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

Экспериментальных данных о том, каким образом иприт переходит в мелкодисперсионное состояние нет. В то же время известно и экспериментально подтверждено, что один миллилитр (1 см^3) нефтепродукта масло, дизельное топливо, бензин) в мелкодисперсионном (фолликулярном) состоянии, распределяясь в объеме $1-100 \text{ дм}^3$ устойчиво обнаруживается устройством, реализующим акустический метод обнаружения антропогенной примеси. Это в свою очередь позволяет предположить, что мелкодисперсионная (фолликулярная) примесь, сконцентрированная в микрообъемах под действием турбулентных процессов, 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, перехода его в мелкодисперсионное состояние под действием природных турбулентных процессов и переноса его в другие районы.

Принципы и варианты построения систем экологического мониторинга

Главным принципом построения систем экологического мониторинга, решающими задачи контроля за подводными местами захоронения отравляющих веществ является 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 распространение отравляющих веществ в мелкодисперсионном состоянии в придонных слоях. Построение систем может быть точечным, на доминирующем направлении, по периметру, по двойному периметру. Вариант построения подобных систем представлен на рисунке 1. 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 тогда, 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 направления распространения отравляющих веществ. Если система мониторинга стоит по двойному периметру, то она позволяет дополнительно зарегистрировать скорость распространения отравляющих веществ в придонных слоях.

Принцип коммуникации определяет какими средствами телекоммуникаций информация от элементов системы мониторинга будет доходить оператору (управляющему руководителю а 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 (звукоподводному) 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.

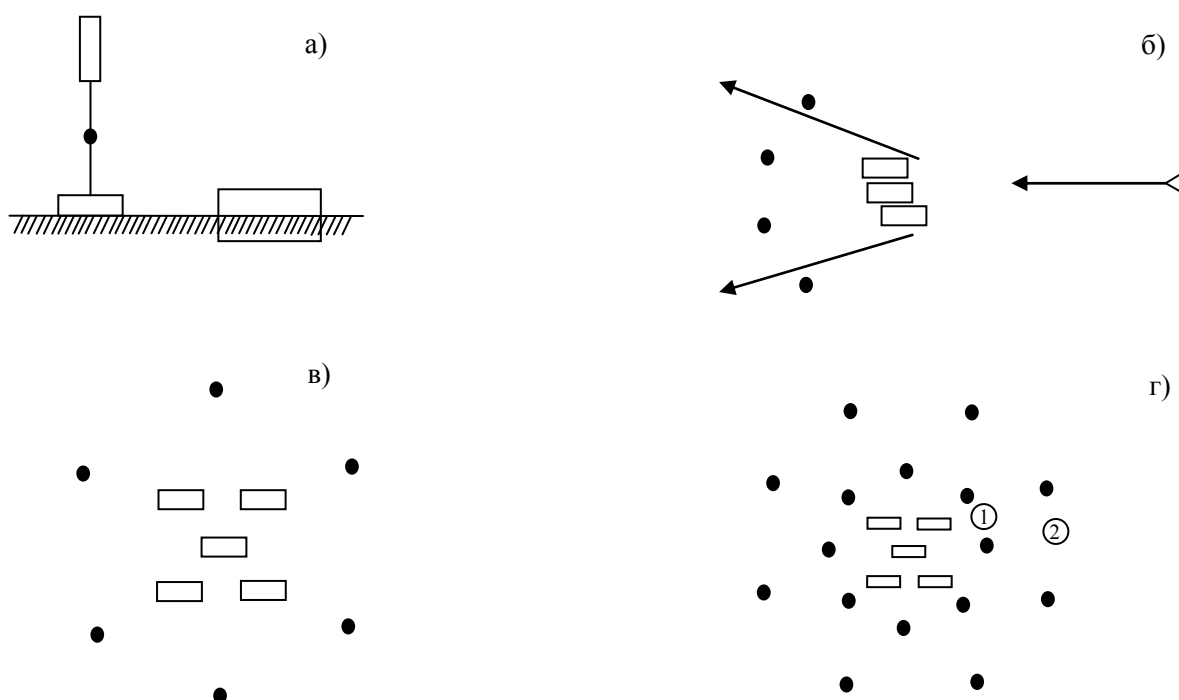


Рис.1. Варианты построения систем мониторинга: а – точечный, б – на доминирующем направлении, в – по периметру, г – по двойному периметру

Принцип потребителя определяет, информация, полученная от системы мониторинга обязательно должна дойти потребителю – оператору или лицу принимающему решения. Он может располагаться на стационарном или мобильном посту управления. Последний в свою очередь может быть автомобильным, корабельным, авиационным.

Таким образом, основными принципами построения систем экологического мониторинга решающими задачи контроля за морскими захоронениями отравляющих веществ является организация коммуникации, потребителя. В зависимости от этого системы мониторинга могут строиться как точечные, на доминирующего направления, 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

1. 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 см³.

2. 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, перехода его в мелкодисперсионное состояние под действием природных турбулентных процессов и переноса его в другие районы.

3. Основными принципами построения систем экологического мониторинга решающими задачи

контроля за морскими захоронениями отравляющих веществ является организация коммуникации, потребителя. В зависимости от этого системы мониторинга могут строиться как точечные, на доминирующего направления, 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.

Литература

1. Азаренко Е. В. Факторы, определяющие экологическую обстановку в районе свала морских глубин северо-западной части Черного моря / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, С. А. Чернявская // Збірник наукових праць СНУЯЄтаП. – Севастополь: СНУЯЄтаП, 2013. – Вип. 4 (48). – С. 63 – 68.
2. Гончаренко Ю. Ю. Математическая модель турбулентной водной среды / Ю. Ю. Гончаренко // Збірник наукових праць СНУЯЄтаП. – Севастополь: СНУЯЄтаП, 2012. – Вип. 2 (42). – С. 227 – 230.
3. Гончаренко Ю. Ю. Математическая модель диффузии антропогенной примеси / Ю. Ю. Гончаренко // Наукове видання Інституту геохімії навколишнього середовища НАНУ «Техногенна-екологічна безпека та цивільний захист». – Кременчук: Вид-во «Християнська Зоря», 2012. – Вип. 5. – С. 95 – 97.
4. Азаренко Е. В. Обобщенная модель переноса антропогенной примеси / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Харків: ХУПС ім. Кожедуба, 2012. – Вип 3(101). – Т. 2. – С. 236 – 240.
5. Азаренко Е. В. Модели переноса антропогенной примеси вихревым потоком / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк // Збірник наукових праць СНУЯЄтаП. – Севастополь: СНУЯЄтаП, 2012. – Вип. 2 (42). – С. 78 – 83.
6. Азаренко Е. В. Акустический обнаружитель загрязнений в водной среде / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, О. В. Матузаева и др. // Зб. наук. пр. СНУЯЄтаП. – Севастополь: СНУЯЄтаП, 2011. Вып 3(39) – с. 49 – 54.
7. Азаренко Е. В. Акустический сособ и устройство обнаружения антропогенных примесей в водной среде / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк // Науково-практичний журнал «Сучасна спеціальна техніка». – Київ: Державний науково-дослідний інститут МВС України, 2011. - № 4(27). – С. 87 – 92.
8. Гончаренко Ю. Ю. Закономерности трансформации иприта в эмульгированное состояние / Гончаренко Ю.Ю // Сборник науч. Тр. МГИ НАН Украины «Системы контроля окружающей среды» - Севастополь: МГИ, 2012. – Вип. 18. – С. 25 - 29.

References

1. Azarenko E. V., Goncharenko Yu. Yu., Cherniavskaia S. A. Faktory, opredeljaiushchye ekologicheskuiu obstanovku v raione svala morskyykh hlubyn severo-zapadnoi chasty Chernoho moria, Zbirnyk naukovykh prats SNUYaetaP, 2013., Sevastopol: SNUYaetaP, No. 4 (48), pp. 63 – 68.
2. Goncharenko Yu. Yu. Matematycheskaia model turbulentnoi vodnoi sredy, Zbirnyk naukovykh prats SNUYaetaP, 2012, Sevastopol: SNUYaetaP, No. 2 (42), pp. 227 – 230.
3. Goncharenko Yu. Yu. Matematycheskaia model dyffyzyy antropohennoi prymesy, Naukove vydannia Instytutu heokhimii navkolyshnoho seredovyschcha NANU «Tekhnohenna-ekologichna bezpeka ta tsyvilnyi zakhyst», 2012, Kremenchuk: Vyd-vo «Khrystyianska Zoria», No. 5, pp. 95 – 97.
4. Azarenko E. V., Goncharenko Yu. Yu., Divizyniuk M. M. Obobshchennaia model perenosa antropohennoi prymesy, Zbirnyk naukovykh prats «Systemy obrobky informatsii», 2012, Kharkiv: KhUPS im. Kozheduba, No. 3(101), Vol. 2, pp. 236 – 240.
5. Azarenko E. V., Goncharenko Yu. Yu., Divizyniuk M. M. Modely perenosa antropohennoi prymesy vykhreвым potokom, Zbirnyk naukovykh prats SNUYaetaP, 2012, Sevastopol: SNUYaetaP, No. 2 (42), pp. 78 – 83.
6. Azarenko E. V., Honcharenko Yu. Yu., Matuzaeva O. V. i dr. Akustycheskyi obnaruzhytel zahriazneniy v vodnoi srede, Zb. nauk. pr. SNUYaetaP, 2011, Sevastopol: SNUYaetaP, No. 3(39), pp. 49 – 54.
7. Azarenko E. V., Goncharenko Yu. Yu., Divizyniuk M. M. Akustycheskyi sosob y ustroystvo obnaruzheniya antropohennykh prymesey v vodnoi srede, Naukovo-praktychnyi zhurnal «Suchastna spetsialna tekhnika», 2011, Kyiv: Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut MVS Ukrainy, No. 4(27), pp. 87 – 92.
8. Goncharenko Yu. Yu. Zakonomernosty transformatsyy ypryta v emulhyrovannoe sostoianye, Sbornyk nauch. Tr. MHY NAN Ukrainy «Systemy kontrolya okruzhaiushchei sredy», 2012, Sevastopol: MHY, No. 18, pp. 25 - 29.

Рецензія/Peer review : 24.12.2014 р. Надрукована/Printed : 14.1.2015 р.
Рецензент: д.т.н., проф., Забулонов Ю.Л.