

УДК 627.03:5408

Азаренко Е.В.,
д.ф-м.н., професор,
Морська державна академія;

Бляшенко О.В.,
к.т.н., докторант,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»;

Дивизинюк М.М.,
д.ф-м.н, професор, заступник директора,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»;

Ковач В.Е.,
науковий співробітник,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

ПРОПОЗИЦІЇ З ПОБУДОВИ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ МОРСЬКИХ ЗАХОРОНЕНЬ ОТРУЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Анотація. В роботі розглядаються основні критерії для побудови систем екологічного моніторингу морських захоронень бойових отруюючих систем. На їх основі пропонується чотири основних варіанти побудови. Перший - точковий для одиночних бочок, хрестоподібний - для комплексних поховань, третій - оперізуючий, для розкиданих поховань четвертий віяловий для районів, де домінують сильні постійні течії.

Ключові слова: екологічний моніторинг, система моніторингу, іприт, дрібнодисперсійна домішка, морські поховання.

Азаренко Е.В.,
д.ф-м.н., професор,
Морская государственная академия;

Бляшенко О.В.,
к.т.н., докторант,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»;

Дивизинюк М.М.,
д.ф-м.н, профессор, заместитель директора,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»;

Ковач В.Е.,
научный сотрудник,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКИХ ЗАХОРОНЕНИЙ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. В работе рассматриваются основные критерии для построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих систем. На их основе предлагается четыре основных варианта построения. Первый точечный для одиночных бочек, крестообразный – для комплексных захоронений, третий – опоясывающий, для разбросанных захоронений, четвертый веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

Ключевые слова: экологический мониторинг, система мониторинга, иприт, мелкодисперсионная примесь, морские захоронения.

E. Azarenko;

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Maritime State Academy

V. Blyashenko;

Ph.D., doctoral,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

M. Diviziniuk;

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Deputy Director,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

V. Kovach;

research worker,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

SUGGESTION ON CONSTRUCTION ECOLOGICAL MONITORING SYSTEMS OF MARINE BURIALS OF POISON SUBSTANCES

Annotation. In the paper are considered the basic criteria which are in need in the process of the construction of ecological monitoring systems of marine burial of poison substances. On their basis were offered four basic variants of their construction. First one is the point method for single barrels distinction, cruciform – for complex burials, third - surrounding, for sparse burials, fourth - windmill for districts, where permanent swashes prevail.

Keywords: ecological monitoring, monitoring system, mustard gas, very fines admixture, marine

Введение. Захоронение боевых отравляющих веществ, главным образом иприта, появились в сороковые годы прошлого столетия. Считалось, что поскольку иприт при температурах ниже +14⁰С переходит в твердую фазу, то в стальных бочках находясь на тридцати – сорока метровой глубине в Черном море он не причинит никому никакого вреда. Однако, за более чем полувековой период герметичность бочек нарушается и иприт вымывается из них и в виде мелкодисперсной примеси распространяется в придонных слоях [1,2].

Существующие на сегодняшний день международные соглашения запрещают подъем боевых отравляющих веществ с морского дна на поверхность. Бетонирование разгерметизированных бочек оказывается

временной мерой, так как бетон гигроскопичен и иприт проходит через него со скоростью 5 – 8 миллиметров в год [3,4].

Для контроля состояния морских захоронений боевых отравляющих веществ необходимы системы экологического мониторинга, которые обеспечивают своевременное обнаружение миграций мелкодисперсного иприта. Основой для этих систем будут являться акустический способ и устройство обнаружения антропогенных примесей в водной среде [5,6].

Постановка цели и задач научного исследования. Целью данной работы является разработка предложений по построению систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, позволяющих в дальнейшем делать опытные образцы систем мониторинга с привязкой к конкретным физико-географическим условиям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить две основные задачи. Во-первых, проанализировать критерии построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Критерии построения систем экологического мониторинга. Главными, для построения систем экологического мониторинга, являются следующие критерии. Первый – надежность обнаружения антропогенной примеси. Второй – количество определяемых параметров антропогенной примеси такие, как ее состав, концентрация и др. Третий критерий – это живучесть системы, способность ее функционирования определенное время при различных условиях внешней обстановки. Четвертый – управляемость системы, пятый – универсальность ее элементной базы и шестой – стоимостной. Рассмотрим эти критерии применительно для системы экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Надежность обнаружения. Этот критерий определяется следующими парами событий. Первое событие состоит в том, что система срабатывает, сигнализируя, что в воде находится мелкодисперсионный иприт, и он действительно присутствует в водной среде. Это событие достоверного обнаружения и численно характеризуется вероятностью правильного обнаружения p_o . Второе событие состоит в том, что система срабатывает, сигнализируя о наличии иприта, а его в действительности в водной среде нет. Это событие ложного срабатывания и численно характеризуется вероятностью ложной тревоги $p_{лт}$. Третье событие состоит в том, что иприт действительно находится в водной среде, но система мониторинга не срабатывает, пропускает это антропогенное загрязнение. Это событие пропуска и численно характеризуется вероятностью пропуска $p_{пр}$. Все эти пары событий взаимодействуют между собой и определяются математическими критериями обнаружения (такими, как Неймана-Пирсона, оптимального обнаружения и др.) и техническими, в том числе и аппаратно-программными средствами их реализующими. Главная задача

всех систем обнаружения – это максимизировать вероятностью правильного обнаружения p_o , минимизировать вероятностью ложной тревоги p_{lm} и полностью исключить события пропуска. Ключевым вопросом здесь становится определение порога чувствительности, то есть такой концентрации иприта в водной среде, которую система надежно обнаружит и идентифицирует, как боевое отравляющее вещество, с другой, чтобы величина этой концентрации была настолько мала, что не могла причинить вред человеку и окружающей природной среде. Это пожалуй очень важный критерий, который необходимо применять к системам экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Количество определяемых параметров. Как правило это концентрация и состав антропогенной примеси. Для системы мониторинга водной среды актуальным остается определение параметров перемещения (миграции) антропогенной примеси. Это генеральное направления перемещения и скорость (диапазон скоростей) перемещения. Зная эти параметры можно уверенно прогнозировать процесс распространения антропогенного фактора в водной среде и планировать природозащитные и другие мероприятия. Необходимо отметить, что установив порог обнаружения для системы мониторинга захоронений боевых отравляющих веществ, доминирующим событием является факт своевременного обнаружения нахождения иприта в водной среде. Параметры, такие как, его концентрация и направление распространения, являются нужными, но не решающими.

Живучесть системы. Этот критерий определяется способностью системы функционировать в агрессивной среде – морской воде, противостоять термическим и динамическим воздействиям. Эта способность определяется антикоррозийными свойствами материалов из которых она состоит, включая якорные и буйковые устройства, фертоинговые соединения и надежность герметичности приборных отсеков. Термические колебания определяются всем диапазоном температур воды (для подводной части) от 0° до $+28^{\circ}\text{C}$ (с резервом до 36°C), а для надводной части диапазоном температур приводного слоя от -20°C до $+45^{\circ}\text{C}$ (резерв -25° , $+50^{\circ}\text{C}$).

Штормовые явления в Черном море определяются силой ветра, наибольшие значения которого достигают 30 м/с (более 100 км/ч) при этом высота поверхностных волн может достигать $4-6\text{ м}$ ($6-7$ баллов). Наибольшая скорость течений в Черном море не превышает $1,5-2$ узлов ($0,75-1\text{ м/с}$). В тоже время гидрологами зафиксированы случаи, в отдельных районах моря (м. Сарыч, устье бухты Жебриянской и др.), когда направления постоянного течения и действия ветра совпадают, то скорость поверхностных течений достигала $3-4$ узлов ($1,5-2\text{ м/с}$). Поэтому система должна выдерживать подобные гидрометеорологические нагрузки.

Кроме этого живучесть системы определяется наличием дублированного электропитания, а в случае автономного электропитания – емкостью батарей, которые обеспечивают время работы системы в автономном режиме. Идеальная система имеет и сетевое питание (по кабелю) и автономное (от аккумуляторных батарей).

Так же живучесть системы определяется ее способностью передавать регистрируемую информацию, а так же управляться (переключаться с режима на режим) по командам с пульта управления. Отметим так же, что идеальной системой является та, которая имеет несколько каналов связи и управления. Они могут быть проводными (по кабелю), радиоканалами (в том числе FM, УКВ, СВ), гидроакустическим каналом. Исходя из выше изложенного критерий живучести, является одним из доминирующих критериев для систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, который численно может определяться, как вероятность безотказной работы при заданных условиях.

Универсальность – это свойство системы которое можно использовать, при котором ее можно использовать не только по прямому назначению, но и для решения других, второстепенных задач.

Принцип, который заложен в систему мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ является универсальным, то есть позволяет обнаруживать не только иприт, но и другие антропогенные примеси в водной среде. Необходимо так же отметить, что мелкодисперсионный иприт, в отличие от эмульгированных нефтяных загрязнений занимает значительно меньший объем. Поэтому в случае, когда объемное эмульгированное нефтяное загрязнение подойдет к системе мониторинга, а затем накроет ее, то последовательно сработают все датчики – элементы системы разнесены в пространстве, чего при распространении мелкодисперсионного иприта в принципе произойти не может (одна бочка – 200 л, а нефтяное загрязнение это, как правило, десятки тон – десятки кубических метров). Учитывая, что основным назначением системы является обнаружение в водной среде боевых отравляющих веществ, универсальность является нужным критерием, но не решающим.

Универсальность элементной базы, то есть все те детали из которых построена система мониторинга. Если все или большинство элементов, устройств, деталей и т.д. используются в других системах, которые находятся в эксплуатации и выпускаются отечественной промышленностью, то системе обеспечена с одной стороны высокая ремонтпригодность, с другой – относительно низкая стоимость. Безусловно это очень важное качество, но оно реализуется, главным образом, во время выполнение конструкторских работ. На этапе разработки вариантов построения систем мониторинга морских

захоронений боевых отравляющих веществ, этот критерий является нужным, но не доминирующим.

Стоимостной критерий, как показывает практика в наше время является решающим. Если создатели не укладываются в определенную им сумму, то проект закрывают или ищут другое, более дешевое решение. Здесь необходимо заметить, что в общем случае систему мониторинга, как и другие системы обнаружения описывают эмпирической зависимостью вероятности правильного обнаружения от стоимости системы, как показано на рисунке 10. Здесь четко прослеживается, что первоначальную вероятность обнаружения в зависимости от стоимости системы растет практически линейно, то есть, чем дороже система, тем выше (но столько же) вероятность обнаружения. Однако наступает предел, который называют критической стоимостью – $C_{кр}$, после чего удвоение, утроение и т.д. стоимости системы не приводит к ожидаемому результату. Тогда определяют порог обнаружения и смотрят, соответствует ли он критической стоимости. В связи с вышеизложенным, на этапе разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, не будем учитывать стоимостной критерий.

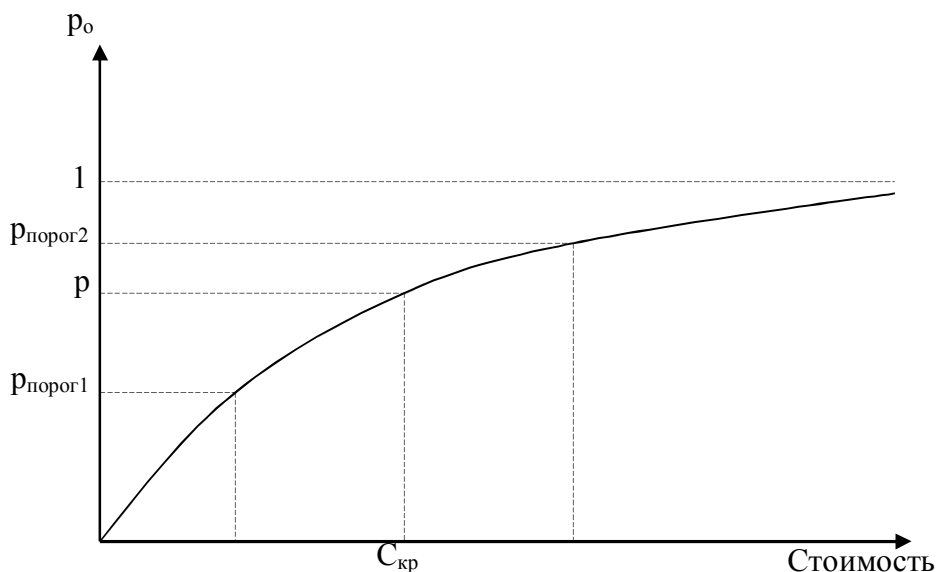


Рис. 1. Зависимость вероятности обнаружения от стоимости системы

Таким образом, для разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ главными критериями являются надежность обнаружения мелкодисперсионного иприта и живучесть системы.

Варианты построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ. Исходя из возможных тенденций распространения иприта из негерметичных бочек,

критериев построения систем экологического мониторинга, а так же особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ наиболее перспективными являются следующие варианты построения систем. Кроме этого, заметим, что под измерительным элементом системы мониторинга, как было отмечено ранее, будем подразумевать систему, в которую входят якорное устройство с гнездами для подключения связных и электрокабелей. Якорное устройство соединено с кабельтросом, к которому крепится приборный отсек с измерительной платформой, которая, в свою очередь, соединена с бумом (легкостью-плавучестью), где размещается радиоприемное и радиопередающее устройство. При необходимости на измерительной платформе может быть микропьезоэлектрическая антенна для обеспечения гидроакустической связи.

Первый вариант системы, когда обнаружена одна или несколько бочек иприта в непосредственной близости друг от друга (2-10 м). Тогда устанавливаются один или два измерительных элемента, связанных кабелем друг с другом. Два элемента выставляются, когда несколько бочек, причем их ориентация (линия соединяющая измерительные элементы) Должна быть параллельна вектору постоянного течения, как показано на рисунке 2. Такой вариант называется одиночным (точечным) или линейным.

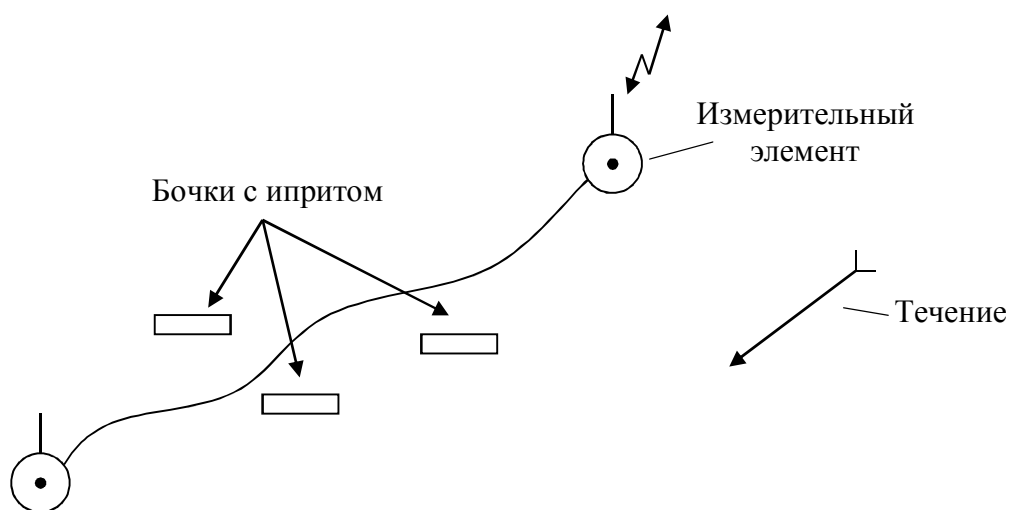


Рис. 2. Первый вариант построения системы

Второй вариант системы, когда обнаружено компактное захоронение, например баржа с бочками иприта. Здесь целесообразно строить крестообразную систему, как показано на рисунке 3. Один из элементов располагается в центре непосредственно у баржи, а четыре других по носу и корме, с правого и левого бортов. Элементы соединены между собой, и если позволяют условия, ближайший к берегу измерительный элемент соединяется кабелем с берегом. Этот же элемент может иметь радиоканал.

При необходимости и два измерительных элемента могут иметь радиоканал, но в этом случае второй плавучий радиобуй будет на поверхности, чем может создать трудности навигационного и другого характера.

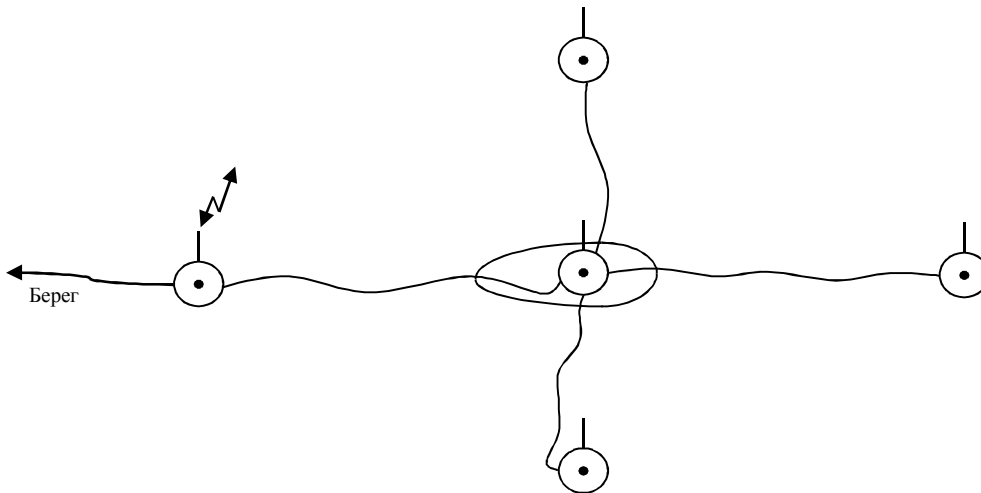


Рис. 3. Второй вариант построения системы

Третий вариант системы, круговой или опоясывающий, когда большое количество бочек (как правило, 10 и более) находятся на достаточно большом удалении друг от друга от 20 до 50 м и более (рис. 4). Измерительные элементы устанавливаются вокруг захоронения, опоясывая его. Здесь возможно линейное подключение элементов (штриховая линия) или крестообразное. Во втором случае живучесть системы повышается. Ближайший к берегу элемент, может соединяется кабелем, который идет на береговой пост управления. Резервный канал связи (радиосвязи) может быть на одном или двух измерительных элементах.

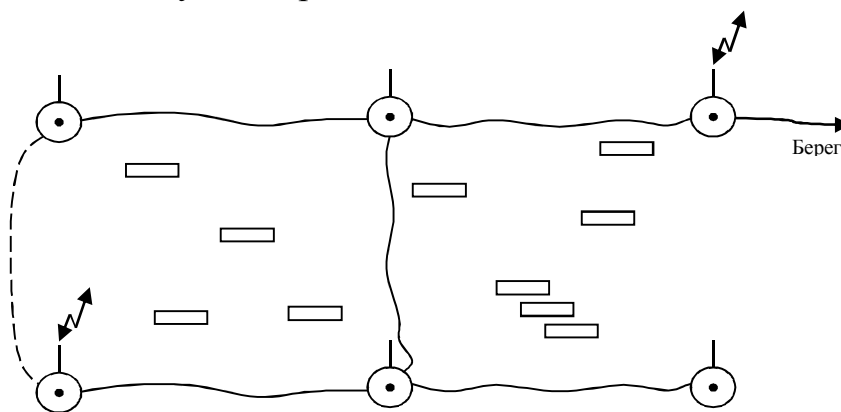


Рис. 4. Третий вариант построения системы

Четвертый вариант системы – веерный. Он предлагается к установке, где доминируют постоянные течения, например захоронения боевых

отравляющих веществ у Южного берега Крыма, как показано на рис. 5. Подобные построения перекрывают сектор наиболее вероятного распространения мелкодисперсионного иприта в случае его вымывания из разгерметизировавшихся бочек. Один или два измерительных элемента могут иметь радиоканалы, а ближайший к берегу элемент соединен кабелем с береговым постом.

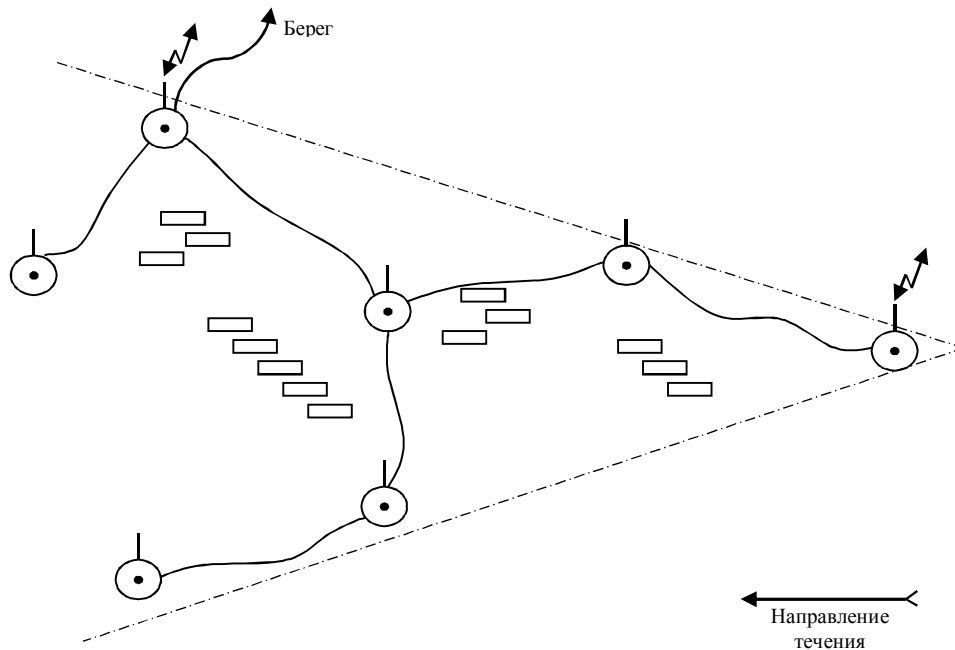


Рис. 5. Четвертый вариант построения системы

Таким образом, наиболее перспективные с точки зрения возможных путей распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, и особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ являются следующие варианты построения систем. Первый – точечный или линейный для одиночных бочек, второй – крестообразный для компактных захоронений, третий – опоясывающий (круговой) для разбросанных морских захоронений, четвертый – веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

Выводы. Для разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ главными критериями являются надежность обнаружения мелкодисперсионного иприта и живучесть системы.

Наиболее перспективные с точки зрения возможных путей распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, и особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ являются следующие варианты построения систем. Первый – точечный или линейный для одиночных бочек, второй – крестообразный для

компактных захоронений, третий – опоясывающий (круговой) для разбросанных морских захоронений, четвертый – веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

Использованные источники информации:

1. Азаренко Е.В. Закономерности трансформации иприта в эмульгированное состояние / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Столярчук // Збірник наукових праць «Теоретичні основи розробки систем озброєння». – Харків:ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2014. - №4(40). – С.147 – 150.
2. Гончаренко Ю.Ю. Закономерности трансформации иприта в эмульгированное состояние / Ю.Ю. Гончаренко // Сборник научных трудов МГИ НАН Украины «Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг». – Севастополь: МГИ, 2012. – Вып. 18. – С.25 – 29.
3. Азаренко Е.В. Принципы построения систем экологического мониторинга в районах морских захоронений отравляющих веществ // Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, Ю.Ю. Столярчук // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – Хмельницький:Вид-во ХНУ, 2014. - №4(49). – С.167 – 170.
4. Азаренко Е.В. Компьютерный эколого-экономический мониторинг как информационно-техническое средство управления экологической безопасностью / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Науково-технічний журнал «Сучасний захист інформації». – Київ:ДУІКТ, 2012. – Спец. Випуск. – С.53 – 56.
5. Азаренко Е.В. Акустический способ контроля за состоянием морских захоронений боевых отравляющих веществ / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, С.Ю. Загинайченко // Сборник научных трудов МГИ НАН Украины «Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг». – Севастополь: МГИ, 2011. – Вып. 15. – С.64 – 68.
6. Азаренко Е.В. Акустический способ и устройство обнаружение антропогенных примесей в водной среде // Науково-практичний журнал «Сучасна спеціальна техніка». – Київ:ДНДІ МВС України, 2011. - №4(27). – С.87 – 92.

References:

1. Azarenko E.V. Zakonomernosti transformatsii iprita v emulgirovanное sostoyanie / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Stolyarchuk // Zbirnik naukovih prats «Teoretichni osnovi rozrobki sistem ozbroennya». – Harkiv:HUPS Im. Ivana Kozheduba, 2014. - #4(40). – S.147 – 150.
2. Goncharenko Yu.Yu. Zakonomernosti transformatsii oprita v emulgirovanное sostoyanie/ Yu.Yu. Goncharenko // Sbornik nauchnyih trudov MGI NAN Ukrainyi «Sistemyi kontrolya okruzhayushey sredyi. Sredstva, informatsionnyie tehnologii i monitoring». – Sevastopol: MGI, 2012. – Vyip. 18. – S.25 – 29.
3. Azarenko E.V. Printsipyi postroeniya sistem ekologicheskogo monitoringa v rayonah morskikh zahoroneniю otpravlyayuschih veschestv // E.V. Azarenko, M.M. Divizinyuk, Yu.Yu. Stolyarchuk // Mizhnarodniy naukovo-tehnichniy zhurnal «Vimiryuvalna ta obchislyuvalna tehnika v tehnologichnih protsesah». – Hmelniyskiy:Vid-vo HNU, 2014. - #4(49). – S.167 – 170.
4. Azarenko E.V. Kompyuterniy ekologo-ekonomicheskiiy monitoring kak informatsionno-tehnicheskoe sredstvo upravleniya ekologicheskoy bezopasnostyu / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Divizinyuk // Naukovo-tehnichniy zhurnal «Suchasniy zahist informatsiyi». – Kyiv:DUIKT, 2012. – Spets. Vipusk. – S.53 – 56.
5. Azarenko E.V. Akusticheskiy sposob kontrolya za sostoyaniem morskikh zahoroneniю boevyih otpravlyayuschih veschestv / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, S.Yu.

Zagayachenko // Sbornik nauchnyih trudov MGI NAN Ukrainyi «Sistemyi kontrolya okruzhayuschey sredy. Sredstva, informatsionnyie tehnologii i monitoring». – Sevastopol: MGI, 2011. – Vyip. 15. – S.64 – 68.

6. Azarenko E.V. Akusticheskiy sposob i ustroystvo obnaruzhenie antropogennyih primesey v vodnoy srede // Naukovo-praktichniy zhurnal «Suchasna spetsialna tehnika». – Kyiv:DNDI MVS Ukrayini, 2011. - #4(27). – S.87 – 92.

Рецензент: Лисенко О.І.