

УДК 681.518+37.022

Е.В. Азаренко, д-р. физ.-мат. наук, проф.,
Ю.Ю. Гончаренко, канд. техн. наук, доц.,
М.М. Дивизинюк, д-р. физ.-мат. наук, проф.,
М.И. Ожиганова

Севастопольский национальный университет ядерной
энергии и промышленности, г. Севастополь, Украина,
e-mail: divizinyuk@ukr.net

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ ВОД

Ye.V. Azarenko, Dr. Sc. (Phys.-Math.) Profesor.,
Yu.Yu. Goncharenko, Cand. Sc. (Tech.) Assoc. Prof.,
M.M. Diviziniuk, Dr. Sc. (Phys.-Math.) Profesor.,
M.I. Ozhiganova

Sevastopol National University of Nuclear Energy and
Industry, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: divizinyuk@ukr.net

SEA COASTAL WATERS MONITORING GEOINFORMATION SYSTEM

Рассмотрены источники информации и аппаратно-программные средства геоинформационной системы экологического мониторинга прибрежных вод. показано, что основным источником информации о наличии антропогенных загрязнений в морской среде является результат двух синхронно выполненных измерений скорости звука прямым и косвенным измерителями. Разница в их показаниях характеризует вид и параметры загрязнения.

Ключевые слова: мониторинг, прибрежные воды, автономный элемент, геоинформационная система

Постановка задачи. На стыке двадцатого и двадцать первого столетий экологическая обстановка в бассейне Черного моря достигла катастрофического состояния. По данным отечественных и зарубежных специалистов [1] концентрация фенолов, производных нефтепродуктов, в черноморской воде увеличилась по сравнению с шестидесятью годами прошлого века в 5–7 раз, а в некоторых регионах в 20–30 раз. Меры, принимаемые причерноморскими государствами, стабилизируют экологическую обстановку [2]. При этом в ряде регионов регистрируются устойчивые тенденции к улучшению кризисной ситуации вследствие процессов регенерации (самовосстановление и самоочищение) окружающей природной среды [3].

Опасность нефтяных загрязнений состоит в том, что относительно непродолжительное время они находятся на водной поверхности и в результате ее интенсивного волнения, особенно во время штормовой погоды, переходят в эмульгированное состояние, формируя объемные антропогенные загрязнения, которые длительное время (месяцы и годы) мигрируют в водной толще [4]. Под действием турбулентных процессов, происходящих в деятельном слое вод, объемные антропогенные загрязнения могут оседать на морское дно в шельфовых и прибрежных районах либо всплывать на поверхность, образуя вторичные нефтяные пятна.

Обнаружение мигрирующих эмульгированных объемных нефтяных загрязнений – актуальная научная и прикладная задача, стоящая перед учеными, экологами и администрацией прибрежных районов Украины. Своевременное выявление подобных загрязнений в деятельном слое Черноморских вод, за-

долго до появления вторичных нефтяных пятен, позволяет принять комплекс превентивных мер для защиты побережья от нефтяного поражения.

Известен гидроакустический способ обнаружения эмульгированных нефтепродуктов в морской среде [5], но для своевременного обнаружения объемных антропогенных загрязнений в прибрежных водах необходима постоянно действующая геоинформационная система (ГИС) мониторинга прибрежных вод.

Цели и задач научного исследования. Целью данной работы является разработка геоинформационной системы мониторинга прибрежных морских вод, обеспечивающей круглосуточное наблюдение за деятельным слоем вод в определенном районе Черного моря. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых, проанализировать потенциальные источники загрязнения водной среды нефтепродуктами и этапы развития экологической катастрофы, вызванной разливом нефтепродуктов. Во-вторых, разработать структурную схему автономного элемента мониторинга, в основу которого положен гидроакустический способ обнаружения эмульгированных нефтепродуктов. В-третьих, предложить вариант ГИС экологического мониторинга прибрежных морских вод.

Источники нефтяных загрязнений и этапы трансформации нефтяного пятна. Основными источниками нефтяного загрязнения морских вод являются суда и водные транспортные средства различных видов, классов и назначения, буровые и нефтедобывающие платформы, установленные на континентальном шельфе, идущие от них подводные нефтепроводы и береговые нефтяные терминалы. Загрязнение происходит в результате аварий, вызванных штормовой погодой или нарушением правил эксплуатации соответствующего оборудо-

дования, преступной халатностью ответственных должностных лиц или форс-мажорными обстоятельствами, вызывающими гибель судов и разрушение береговой инфраструктуры, в том числе и нефтяных терминалов.

Ежегодно происходят аварии с танкерами, когда тысячи тонн нефтепродуктов выливаются в море. Причиной этих аварий могут быть и штормовая погода, и нарушение правил расхождения судов, следующих навстречу друг другу, и посадка на мель, и выбрасывание на берег.

Наконец, возможным источником загрязнения может быть умышленный сброс нефтесодержащих (ляльных или балластных) вод с судов.

Независимо от источника, загрязнение в своем развитии проходит пять основных этапов, как показано на рис. 1. Первый – это растекание пятна на водной поверхности. Второй – перемещение нефтяного пятна по поверхности и переход его в объемное эмульгированное загрязнение. Третий – длительная миграция объемного нефтяного загрязнения в водной толще. Четвертый – оседание эмульгированной нефти на морское дно или всплытие на водную поверхность. Пятый – внезапное поражение морского побережья нефтепродуктами там, где этого никто не ожидал.

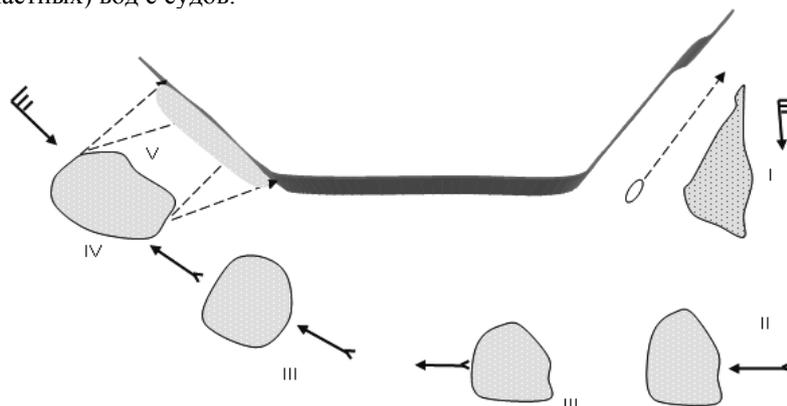


Рис. 1. Схема развития чрезвычайной ситуации, вызываемой эмульгированным загрязнением

Примером подобной трансформации нефтяного пятна являются события, вызванные разломом танкера „Волгонефть-138“ в 2007 году в Керченском проливе. Разлив более двух тысяч тонн нефтепродуктов из затонувшего судна распространялся по водной поверхности, но штормовая погода и северо-восточный ветер спустя несколько суток привели к исчезновению нефтяного пятна, переводя его в эмульгированное состояние. Через пять и шесть месяцев у мыса Тарханкут и Одесского приемного буя появились поверхностные нефтяные загрязнения. Химический анализ этих пятен показал их идентичность с нефтепродуктами, находившимися на затонувшем танкере.

Таким образом, независимо от источника загрязнения водной поверхности, нефтяное пятно в своем развитии проходит пять этапов: растекание, перемещение и переход в эмульгированное состояние, длительная миграция нефтяной эмульсии в толще вод, оседание на дне или всплытие на поверхность, внезапное поражение морского побережья.

Структурная схема автономного элемента системы мониторинга. Конструкция автономного элемента включает поверхностный герметичный модуль, расположенный внутри навигационного буя (вехи) или прикрепленный к его ажурной части, выступающей на 1–1,5 метра над водой, и гирлянду из первичных обнаружителей антропогенных загрязнений, соединенных кабель-тросом, перекрывающим всю глубину слоя вод в месте установки (рис. 2).

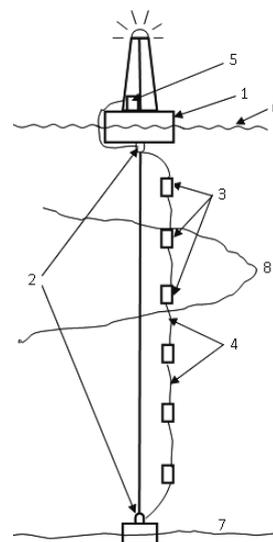


Рис. 2. Схематическое изображение автономного элемента второго типа: 1 – гидрографический буй; 2 – якорная система (рым, якорный трос, мертвый якорь); 3 – одиночные измерительные элементы; 4 – кабельный трос; 5 – герметичный управляющий модуль; 6 – водная поверхность; 7 – морское дно; 8 – границы эмульгированного нефтяного загрязнения

В состав первичного обнаружителя входят два прибора – прямой и косвенный измерители скорости звука. Прямой измеритель осуществляет измерение

скорости звука как первой производной пройденного акустическим сигналом расстояния по времени. Высокочастотный импульсный сигнал, генерируемый генератором (Ген-р), через коммутатор приема-

передачи (Ком-р) поступает на пьезоэлектрический преобразователь (ПЭИП), который выступает в качестве приемно-излучающей акустической антенны (рис. 3).

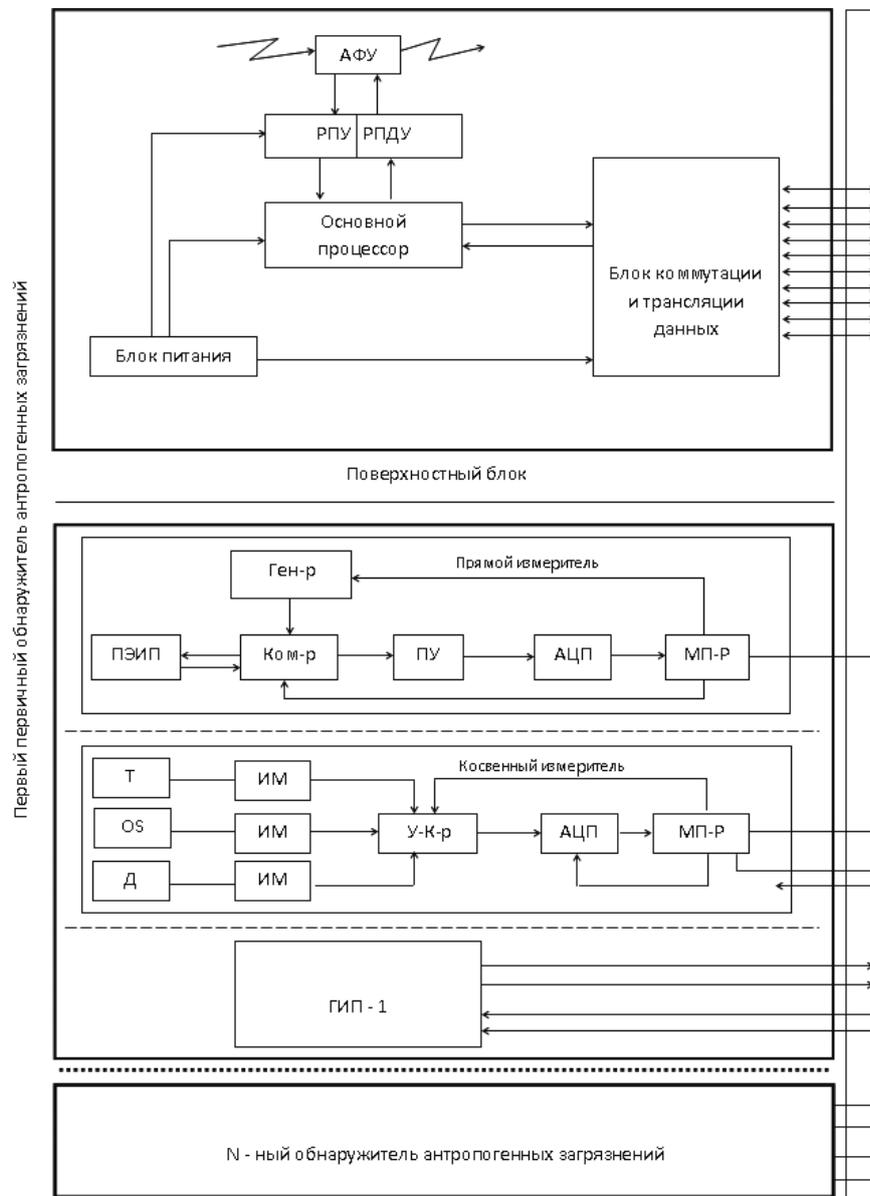


Рис. 3. Структурная схема основного автономного элемента системы экологического мониторинга

Импульсный сигнал проходит строго фиксированное расстояние от излучателя до отражающей пластины, возвращается к пьезоэлектрическому преобразователю, преобразуется в электрический сигнал и через коммутатор приема-передачи, усилитель (ПУ) поступает в аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), после чего в виде двоичного кода следует в микропроцессор (МП-р), управляющий работой генератора и коммутатора и проводящий вычисление значения скорости звука, которое по линии связи, проходящей в кабель-тросе, транслируется в поверхностную часть.

Косвенный измеритель скорости звука производит измерение скорости звука по результатам измерений основных гидрологических элементов температуры (датчик Т), солёности (электропроводности датчик ОС) морской воды и гидростатического давления (датчик Д). Аналоговые сигналы от измерительных мостов (ИМ) через усилитель-коммутатор (УСК) поступают в аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и далее в микропроцессор (МП-р), который производит вычисление значения скорости звука на горизонте измерения и управляет работой аналогово-цифрового преобразователя и усилителя-

коммутатора. Значение скорости звука от косвенного измерителя скорости звука поступает по кабель-тросу в герметичный модуль.

По разнице значений одновременно выполненных измерений скорости звука делаются заключения о наличии эмульгированного нефтяного загрязнения. Первичный обнаружитель может также быть укомплектован еще одним прибором ГИП-1 (гидроакустический измеритель потока). Он позволяет определять направление и скорость перемещения воды на глубине погружения. Данные измерения водного потока также транслируются в герметичный модуль.

Герметичный модуль располагается на поверхности, оснащен блоком питания (специальной аккумуляторной батареей), блоком коммутации и трансляции данных, радиоприемным (РПУ) и радиопередающим (РПДУ) устройствами, соединенными с сис-

темной (АФУ) и основным процессором, который управляет всеми приборами и устройствами автономного элемента в соответствии с командами, подаваемыми с берегового поста.

Таким образом, конструкция автономного элемента системы мониторинга включает поверхностный герметичный модуль, связанный радиоканалом с управляющим береговым постом, и гирлянду первичных обнаружителей, состоящих из прямого и косвенного измерителей, количество которых тем больше, чем выше концентрация антропогенного эмульгированного загрязнения в водной толще.

Геоинформационная система экологического мониторинга прибрежных вод. Основу системы мониторинга составляют автономные элементы, которые устанавливаются на навигационных (гидрографических) буях и вехах, как показано на рис. 4.

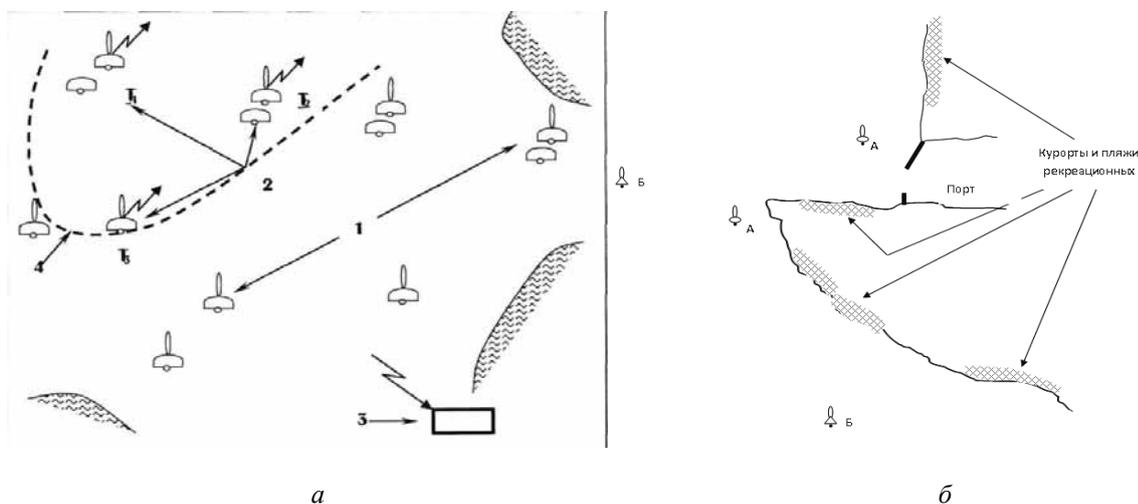


Рис. 4. Геоинформационная система экологического мониторинга прибрежных вод. а: 1 – гидрографические буи, оснащенные погружаемыми измерительными системами; 2 – буи, фиксирующие загрязнение; 3 – береговой пост системы мониторинга; 4 – граница распространения эмульгированного загрязнения на момент времени t_3 , полученная по данным моделирования. б: А – буи ограждения навигационных аномалий; Б – осевые буи систем разделения движения

С берегового поста устанавливают режим и последовательность передачи данных о текущей гидрологической обстановке, информации об обнаружении антропогенного эмульгированного загрязнения и его параметрах. Принимаемая береговым постом информация от автономных элементов преобразуется аппаратными средствами и транслируется на центральный сервер, а далее на персональные рабочие места, в том числе, оборудованные мультимедийными средствами. Программный продукт, обеспечивающий работу геоинформационной системы, разработан с использованием пакетов LabVIEW и Golden Software Surfer 8. Интерфейс программного продукта позволяет отразить расположение автономных элементов, а также обнаруженное ими эмульгированное загрязнение, проецируемое на водную поверхность, как показано на рис. 5.

Программа обеспечивает моделирование переноса загрязнения водным потоком, формирует его объ-

емное отображение с привязкой к координатам, а также осуществляет прогноз оседания эмульгированного загрязнения на дно или всплытие на поверхность и последующее перемещение по поверхности вторичного пятна, в зависимости от текущих гидрометеорологических условий в районе загрязнения. Результаты, получаемые в геоинформационной системе экологического мониторинга прибрежных вод, могут использоваться как для принятия решений по выполнению превентивных мероприятий по защите береговой черты, так и для передачи в ГИС более высокого иерархического уровня.

Таким образом, геоинформационная система экологического мониторинга включает в себя набор автономных элементов, установленных на гидрографических буях и вехах, связанных по радиоканалу с береговым постом, аппаратно-программные средства которого обеспечивают отображение обнаруженного антропогенного загрязнения в прибрежных водах и моделирование его последующего распространения.

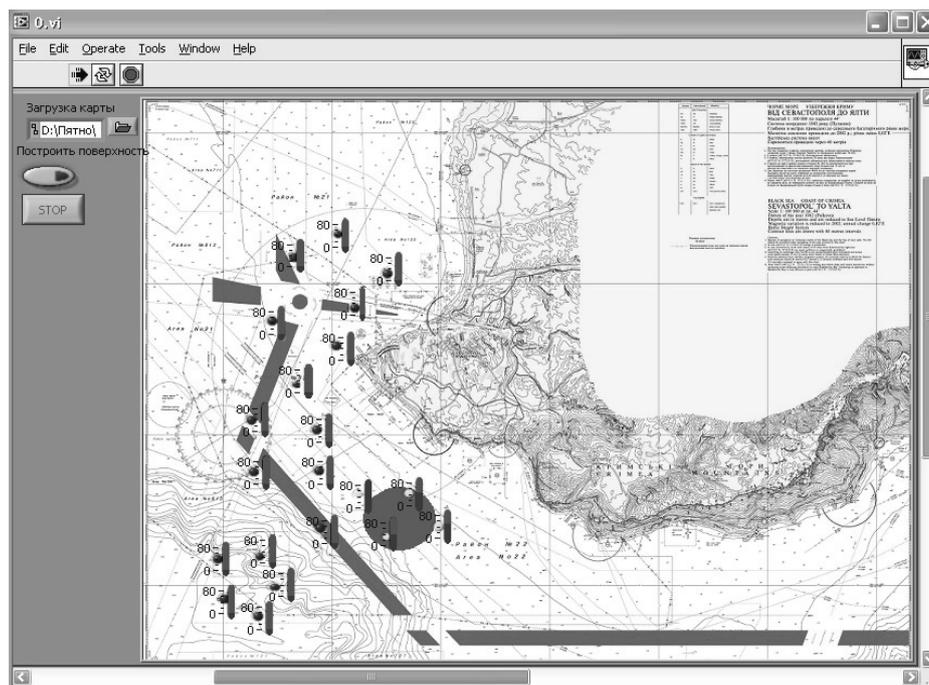


Рис. 5. Інтерфейс програми

Выводы.

1. Независимо от источника загрязнения водной поверхности, нефтяное пятно в своем развитии проходит пять этапов: растекание, перемещение и переход в эмульгированное состояние, длительная миграция нефтяной эмульсии в толще вод, оседание на дне или всплытие на поверхность, внезапное поражение морского побережья.

2. Конструкция автономного элемента системы мониторинга включает поверхностный герметичный модуль, связанный радиоканалом с управляющим береговым постом, и гирлянду первичных обнаружителей, состоящих из прямого и косвенного измерителей, количество которых тем больше, чем выше концентрация антропогенного эмульгированного загрязнения в водной толще.

3. Геоинформационная система экологического мониторинга включает в себя набор автономных элементов, установленных на гидрографических буях и вехах, связанных по радиоканалу с береговым постом, аппаратно-программные средства которого обеспечивают отображение обнаруженного антропогенного загрязнения в прибрежных водах и моделирование его последующего распространения.

Список литературы

1. Материалы международной конференции „Блэк СИ-2000“. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2000. – 320 с.
2. Истомин В.И. Предотвращение загрязнения моря нефтью при эксплуатации судов. / Истомин В.И. – Севастополь: СевНТУ, 2003. – 100 с.
3. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / [В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та ін.] – К.: „НАУ-друк“, 2009. – 312 с.

4. Дивизинюк М.М. Разработка структурного элемента подсистемы мониторинга экологических чрезвычайных ситуаций в прибрежных водах. / Дивизинюк М.М., Ожиганова М.И., Шумейко И.П. // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 3(35). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2009. – С. 215–220.

5. Патент № 47201Ф (Україна). Спосіб виявлення нафтових забруднень на водній поверхні / М.М. Дівізінюк, С.М. Дівізінюк, В.О. Лазаренко, В.П. Черненко. – Надрук. в Бюл., 17.06.2002. – № 7.

Розглянуто джерела інформації і апаратно-програмні засоби геоінформаційної системи екологічного моніторингу прибережних вод. Показано, що основним джерелом інформації про наявність антропогенних забруднень в морському середовищі є результат двох синхронно виконаних вимірювань швидкості звуку прямими і непрямими вимірниками. Різниця в їх показах характеризує вид і параметри забруднення.

Ключові слова: моніторинг, прибережні води, автономний елемент, геоінформаційна система

Information sources and hardware and software package of the geoinformation system for ecological monitoring of coastal waters have been considered. The result of two synchronously taken sound speed measurements by direct and indirect testers is shown to be the basic generator of information about anthropogenic pollution occurrence in the marine environment. A difference in the testers' data characterizes the kind and parameters of contaminants.

Keywords: monitoring, coastal waters, autonomous element, geoinformation system (GIS)

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Ю.І. Ібрагімовим. Дата надходження рукопису 28.02.11