

УДК 528.88

**ИННОВАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС «ПОИСК» В СИСТЕМЕ  
КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ПОИСКА И МОНИТОРИНГА  
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ОБЪЕКТОВ В АКВАТОРИЯХ АЗОВО-  
ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА**

*Ковалев Н. И., Солдатова С. В., Фролова Л. А.*

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация*

*E-mail: kowalew49@yandex.ua, gold.gala@yahoo.com*

На протяжении многих лет морская среда Азово-Черноморского бассейна находится под угрозой загрязнения, это приводит к ухудшению жизнедеятельности среды обитания морей, а также влияет на жизнь человека. Многие исследователи проявляют озабоченность по поводу уровней загрязнения в морях и прибрежных районах. Это приводит к появлению множества подходов, способов и методов для измерения и уменьшения загрязнения морской среды. Дистанционные методы-наиболее практичны и эффективны в исследовательских и практических работах по обнаружению и мониторингу загрязнения морской среды. Используя методы дистанционного зондирования, охватываются большие и отдаленные районы исследования с меньшими затратами и большей эффективностью. Последние разработки в области дистанционных технологий имеют свои достоинства и недостатки. В этой статье проанализируем достоинства и недостатки этих методов с последовательным их комплексированием в единую систему по борьбе с загрязнением морской среды, а также рассмотрим возможность использования комплекса «Поиск» в системе комплексированных методов поиска и мониторинга загрязняющих объектов в акваториях Азово-Черноморского бассейна.

**Ключевые слова:** Азовское море, Черное море, комплексирование, дистанционный метод, гидрологические исследования, загрязнение, дистанционный инновационный комплекс «Поиск».

## **ВВЕДЕНИЕ**

На протяжении многих десятилетий 20 и 21 веков морская среда Черного и Азовского морей является «магнитом» для техногенных загрязняющих веществ. Одной из главных загрязнителей морской среды является антропогенная деятельность, которая наносит непоправимый урон и может привести к невозможной регенерации экосистемы морей. На сегодняшний момент все виды загрязнения, включая пластик, нефть, токсичные химические вещества, радиоактивные отходы, бытовые и промышленные сточные воды, можно найти в морских водах.

Ученые и исследователи многих стран работают над детальным мониторингом загрязняющих веществ морей, чтобы спасти и восстановить нашу «голубую бездну». Главным подходом к измерению загрязнения морской среды является использование обычного метода сбора проб воды из разных глубин воды на месте, используя плавсредства и пробоотборники. Эти пробы проходят анализ в лабораториях, с последующим определением химических и физических свойств. Этот метод является точными, но трудоемким и географически ограниченным и требует много подготовленных специалистов и лабораторного анализа. Для того

чтобы этот процесс сделать более эффективным и менее трудоемким предлагается системная комплексация методов мониторинга, с использованием большого разнообразия дистанционных систем и методов поиска и идентификации загрязняющих веществ в морской среде. Метод дистанционного зондирования «Поиск» в совокупности с другими методами идентификации обеспечивает пространственные более быстрые, практические и оптимальные измерения, которые могут быть эффективно использованы для обнаружения и отслеживания многих загрязняющих веществ [1]. Комплексация методов идентификации токсических веществ и тяжелых металлов является эффективным инструментом при обнаружении и картировании местонахождения этих загрязняющих веществ, а также для предоставления полезных исходных данных для построения моделей при отслеживании загрязняющих веществ в пространстве и времени. Системная комплексация методов дает эффективную оценку и более точные данные в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Целью исследования являлось создания комплексированной системы методов в совокупности с инновационным комплексом «Поиск» для оперативной, эффективной идентификации, фиксации и оконтуривании загрязняющих веществ в морской среде Черного и Азовского моря.

Для создания эффективной системы при комплексировании методов важно решить следующие задачи:

- провести анализ существующих «идентификационных» методов по основным характеристикам;
- систематизировать, комплексировать и комбинировать методы оценки загрязнения морской воды с последовательными индексами и критериями, для создания сцепления процессов (схемы) анализа и идентификации загрязняющих веществ.

### **ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА**

Комплексация методов и исследований при изучении и анализе загрязняющих веществ – это одна из важных и сложных проблем последних десятилетий, которая вызывает большой интерес государств, стратегических ведомств, ученых и специалистов.

Научные исследования современности предоставили науке большое количество принципиально новых математических, технических и дистанционных методов и технологий обработки и анализа результатов исследований загрязнения морской среды [2].

Рассмотрим основные последовательные методы идентификации загрязняющих веществ в соответствии с системой мониторинга.

Система комплексного экологического мониторинга предусматривает [3]:

- выделение объекта наблюдения;

- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление для объекта наблюдения информационной модели;
- планирование измерений;
- оценку состояния объекта наблюдения и идентификацию его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- представление информации в удобной для использования форме и доведение ее до потребителя.

В зависимости от целей процесса мониторинга рассмотрим схему используемых методов (рис.1):

## Методы экологического мониторинга



Рис. 1. Схема методов экологического мониторинга.

Во время ЧС сбор быстрых данных о загрязняющем веществе при контактных и биологических методах очень длителен и трудоемок. Эти методы представляют только точечные данные оценки качества воды либо условий во времени и пространстве, эти методы не дают данные пространственных и временных изменений показателей качества воды в крупных водоемах [4].

Кратко перечислим наиболее важные ограничения, связанные с традиционными методами:

- отбор проб на месте и измерение параметров качества воды являются трудоемкими, длительными и дорогостоящими.

- изучение пространственно-временных изменений и тенденций качества воды в крупных водоемах практически невозможно.
- мониторинг, прогнозирование и управление целыми водоемами может быть недоступен.
- точность собранных данных на месте может быть сомнительной как из-за ошибки отбора проб в полевых условиях, или из-за лабораторной ошибки.

Для того чтобы преодолеть эти ограничения, предлагается комплексирование традиционных и дистанционных методов (в совокупности с дистанционным комплексом «Поиск» [1, 4], разработка ученых Севастопольского государственного университета) идентификации загрязняющих веществ, что обеспечит оперативность и оптимизацию исследований и работ.

Рассмотрим систему дистанционного зондирования различными методами мониторинга качества воды и идентификации затопленных загрязняющих веществ (рис. 2).

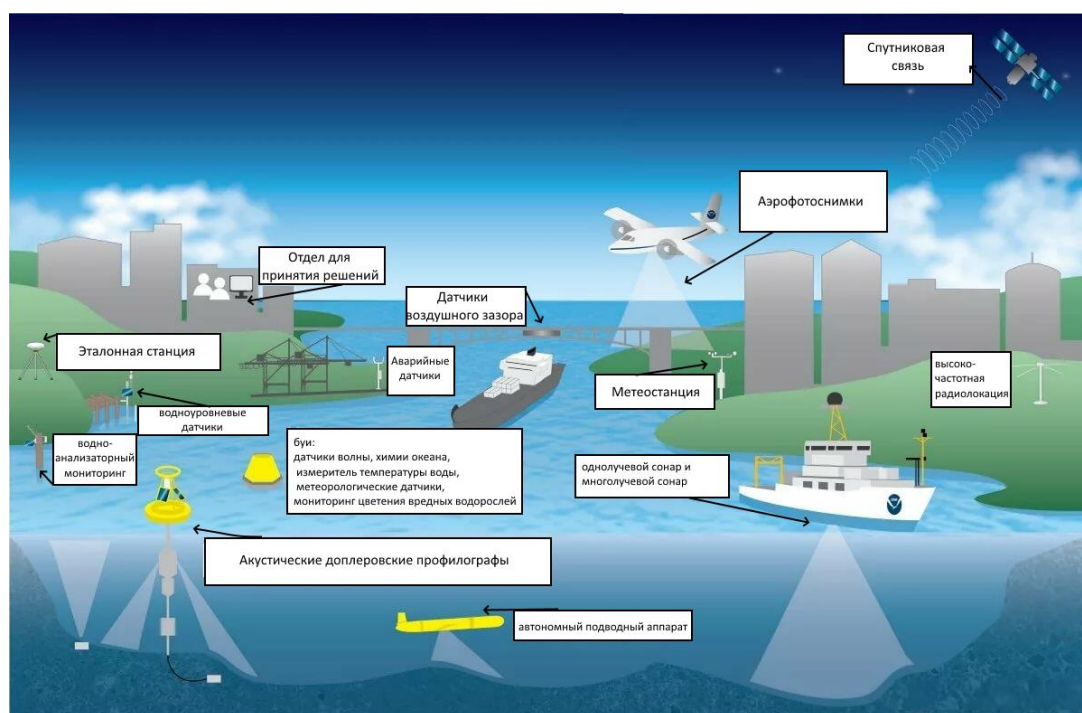


Рис. 2. Методы и способы дистанционного зондирования

В настоящее время дистанционное зондирование объединяет множество спутниковых и бортовых датчиков (рис.3) [9], которые передают информацию о морской динамике над обширными морскими регионами. Помимо оптических данных в систему ДЗ входят сканирующие ИК-радиометры, измеряющие данные

температуры моря, высотомеры, собирающие данные о высоте волны, радары с синтетической диафрагмой, измеряющие шероховатость поверхности моря, с помощью которых может быть получена информация о поверхностных ветрах моря. Эти наборы данных имеют решающее значение для обнаружения и отслеживания загрязняющих веществ.

Дистанционное зондирование является подходящим методом для изучения пространственных и временных вариаций в изучении загрязнения моря.



Рис. 3. Схема, иллюстрирующая различные методы измерений и типы датчиков, используемых в дистанционном зондировании, а также их применение. [Робинсон, 2010]

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ

Поэтапная технология дистанционного поиска и оконтуривания границ районов с загрязняющими объектами и идентификации объектов состоит из последовательного выполнения двух этапов:

Предварительная идентификация и определение координат загрязняющих объектов.

#### 1 этап:

1. Закупка необходимых расходных материалов, настройка и госперека аппаратуры «Поиск» комплекса перед началом работ. Получение (закупка) карт

района поиска.

2. Запись информационно-энергетических спектров, спектров ЯМР (объемы проб  $\sim 50 \text{ см}^3$ ) с образцов конструкционных материалов, проб ГСМ и химических веществ, характерных для объектов района обследования.

3. Приготовление материалов для изготовления информационных металлорганических носителей «тестовых» резонансных голограмм, запись на них необходимых спектров с образцов проб.

4. Проведение космической детальной фотосъемки обследуемого района с «лазерной» подсветкой района поиска. (Охват площади обследования одним космическим фотоснимком  $6 \text{ км} \times 6 \text{ км}$  ( $36 \text{ км}^2$ ) и контрольного участка с известными объектами.

5. Обработка и расшифровка космических фотоснимков, идентификация загрязнителя на контрольном участке и на обследуемой площади акватории;

6. Визуализация контуров затопленных объектов на фотоснимке и перенос их на карту района поиска с помощью видеокomплекса и блоков визуализации комплекса «Поиск». Определение координат затопленных загрязнителей, представляющих экологическую опасность.

7. Подготовка предварительных результатов обнаружения и идентификации каждого загрязнителя по двум или трем характерным распознавательным признакам. Предварительное определение координат и глубин нахождения загрязнителя по морской карте (точность результатов обнаружения  $\pm 15 \text{ м}$ ).

#### 2 этап:

Детальное обследование участков с затопленными объектами и их документирование.

1. Зондирование выявленных участков района поиска с помощью мобильного комплекса, установленного на плавсредстве.

2. Выход плавсредства в точку затопления объекта по «лучу» узконаправленной антенны СВЧ-генератора и уточнение координат объекта с помощью приемника GPS (точность определения координат объекта  $\pm 3\text{-}5 \text{ м}$ , в зависимости от волнения моря.

3. Регистрация, визуализация и документирование затопленного объекта, находящегося под грунтом (толщиной до  $6 \text{ м}$ ) с помощью высокочастотного эхолота-профилографа «Siking» и мобильного блока аппаратуры комплекса «Поиск».

4. Подготовка и представление итогового отчета и картографического материала.

#### **Состав и технологические возможности комплекса «Поиск»**

Вероятность избирательной дистанционной идентификации различных объектов и веществ на глубинах до  $50 \text{ м}$  (под морским грунтом до  $6 \text{ м}$ ):

- скоплений нефти и ГСМ -  $>95\%$ ,
- полиметаллических руд (кроме цветных и платиновой группы) -  $85\text{-}90\%$ ,
- цветных металлов и металлов платиновой группы -  $80\text{-}85\%$ ,
- сложных органических токсических соединений и взрывчатых веществ -  $>85\%$ ,

**ИННОВАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС «ПОИСК» В СИСТЕМЕ  
КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ПОИСКА И МОНИТОРИНГА ...**

– сплавов и металлических материалов - 95-98%.

Комплексом «Поиск» было обследовано более 40 000 квадратных километров акватории. В результате работ в течение 2004-2008 года были обнаружены и идентифицированы в прибрежных районах Черного моря:

– затопленные контейнеры с боевыми химическими веществами более 1000 шт;

- авиационные бомбы -50 шт;
- снарядов более 50 шт;
- ракет с остатками топлива – 48 шт;
- торпед с остатками керосина – 06 шт;
- морских мин – 2 шт;
- барж с боеприпасами – 10 шт;
- плавсредств с боеприпасами, остатками ГСМ, контейнерами с ОВ – 04 шт;
- военных корабля с остатками боеприпасов и ГСМ – 06 шт;
- свалок технического мусора и взрывчатых веществ– 04 шт;

Выполненные работы обеспечили ускорение поисков и ликвидации затопленных контейнеров с загрязняющими веществами, а также позволили сократить затраты на их выполнение в 12 – 15 раз.

Проанализировав основные методы и способы идентификации загрязняющих веществ, предлагается комплексная поструктурная схема стадийности и оценки процесса идентификации загрязняющих веществ, где предложено комплексирование основных идентификационных методов (табл.1).

Таблица 1.

Система стадийности процесса

<b>Этап I</b>	<b>Получение данных о загрязнителе</b>	
Стадия 1	Эколого-химическое изучение проблемы	-первичные данные о состоянии зоны мониторинга
Стадия 2	Предварительная оценка воздействия загрязнителя	-математические алгоритмы прогноза -подбор методов оперативного анализа, идентификации, утилизации загрязняющего вещества
<b>Этап II</b>	<b>Исследование, оценка, идентификация загрязнителя</b>	
Стадия 3	Дистанционное исследование (поисковое изучение) <b>(Использование дистанционного комплекса «Поиск»)</b>	-обнаружение и отслеживание загрязняющего вещества
Стадия 4	Исследовательская работа	Контактные методы исследования
<b>Этап III</b>	Утилизация либо консервация загрязняющего вещества	

В комплексной схеме-системе предлагается использование комплекса «Поиск», как дистанционного идентификатора при обнаружении и отслеживании загрязняющего вещества.

### **ВЫВОДЫ**

Рассмотрены основные методы дистанционного зондирования по базовым характеристикам.

Проанализирована эффективность и ограничения основных средств дистанционного зондирования.

Изложена технология применения комплекса «Поиск» для дистанционного поиска и оконтуривания границ районов с загрязняющими объектами (с идентификацией этих объектов) в Азово-Черноморском регионе.

Предлагается комплексированное использование дистанционных методов оценки идентификации загрязняющих веществ в соответствии с разработанной постструктурной схеме-системе стадийности и оценки процесса идентификации загрязняющих веществ в Азово-Черноморском бассейне.

### **Список литературы**

1. Ковалев Н.И., Пухлий В.А., Солдатова С.В. Применение дистанционного геофизического комплекса «Поиск». Решение инженерных и геолого-поисковых задач. Дюссельдорф: Издат: Palmarium Academic Publishing, 2016, 170 с.
2. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И. Применение дистанционного комплекса зондирования Земли «Поиск» для поиска и разведки полезных ископаемых, уч. пос. г. Севастополь: Издат: «Черкасский ЦНТЭИ», 2012, гл. XXIV, С. 437-456.
3. Алимов М.Ш. Экология и устойчивое развитие. Алматы. Издат: «Вастау», 2012, 268 с.
4. Белявский Г.А., Ковалев Н.И. и др. Новое в дистанционной технологии экологического мониторинга подземных и подводных объектов, а также поиска полезных ископаемых // Экология и ресурсы. 2004. вып. №9. С.7.
5. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., Белявский Г.А. Возможность использования комплекса "Поиск" для обнаружения экологически опасных объектов в водной среде и районирования подводных загрязненных грунтов // Вісник національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Серія: машинобудування, 2010, № 58, С. 53-58.
6. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., и др. Отчет о НИР «Определение координат затопленных в Черном море от места м. Лукул до м. Очаков (район №1) и от м. Очаков до м. Вилково (район №2)», Шифр «Поиск-4», г. Севастополь, 2007, 84 с.
7. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., и др. Отчет о НИР «Определение координат и визуализация места нахождения под морским грунтом контейнеров БОВ прибрежных районах Черного и Азовского морей...», Шифр «Поиск-5», г. Севастополь, 2008, 108 с.
8. Ковалев Н.И., Солдатова С.В., и др. Отчет о НИР «Проведение работ по комплексному экологическому очищению Азово-Черноморской акватории от загрязнений с предстоящей экологической паспортизацией акватории», глава 2, г. Севастополь, 2007, 50 с.
9. Кочеткова Е.С., Козлов И.Е., Дайлидиене И., Смирнов К.Г. Спутниковые методы в океанографии, СПб, Изд: РГГМУ, 2014 - 92 с.



**INNOVATIVE COMPLEX “SEARCH” IN THE SYSTEM OF COMPLEX  
METHODS FOR SEARCHING AND MONITORING POLLUTING OBJECTS IN  
THE AQUARIES OF THE AZOV-BLACK SEA BASIN**

*Kovalev N. I., Soldatova S. V., Frolova L. A.*

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation  
E-mail: kowalew49@yandex.ua, gold.gala@yahoo.com*

For many years, the marine environment of the Azov-Black Sea basin has been threatened by pollution, this leads to a deterioration of the living environment of the marine environment, and also affects human life. Many researchers are concerned about pollution levels in the seas and coastal areas. This leads to the emergence of many approaches, ways and methods for measuring and reducing pollution of the marine environment. Remote methods are the most practical and effective in research and practical work on the detection and monitoring of marine pollution. Using remote sensing methods, large and remote research areas are covered with less cost and greater efficiency. Recent developments in the field of distance technology have their advantages and disadvantages. In this article, we analyze the advantages and disadvantages of these methods with their sequential integration into a single system for combating marine pollution, as well as consider the possibility of using the “Search” complex in the system of integrated methods for searching and monitoring polluting objects in the waters of the Azov-Black Sea basin.

**Keywords:** Azov Sea, Black Sea, integration, remote sensing method, hydrological studies, pollution, remote innovative complex “Search”.

**References**

1. Kovalev N.I., Puhlij V.A., Soldatova S.V. *Primenenie distancionnogo geofizicheskogo kompleksa «Poisk»*. Reshenie inzhenernyh i geologo-poiskovyh zadach. Djussel'dorf: Izdat: Palmarium Academic Publishing, 2016, 170 p.
2. Puhlij V.A., Puhlij Zh.A., Kovalev N.I. *Primenenie distancionnogo kompleksa zondirovanija Zemli «Poisk» dlja poiska i razvedki poleznyh iskopaemyh, uch. pos. g. Sevastopol'*: Izdat: «Cherkasskij CNTJeI», 2012, gl. XXIV, pp. 437-456.
3. Alimov M.Sh. *Jekologija i ustojchivoe razvitie*. Almaty. Izdat: «Vastau». 2012, 268 p.
4. Beljavskij G.A., Kovalev N.I. i dr. *Novoe v distancionnoj tehnologii jekologicheskogo monitoringa podzemnyh i podvodnyh ob#ektov, a takzhe poiska poleznyh iskopaemyh //«Jekologija i resursy»*, Kiev, 2004, no 9, S.7.
5. Kovalev N.I., Soldatova S.V., Beljavskij G.A. *Vozmozhnost' ispol'zovanija kompleksa "Poisk" dlja obnaruzhenija jekologicheskij opasnyh ob#ektov v vodnoj srede i rajonirovanija podvodnyh zagrjaznennyh gruntov // Visnik nacional'nogo tehničnogo universitetu Ukraïni Kiïvs'kij politehničnij institut, Serija: mashinobuduvannja*, 2010, no 58. pp. 53-58.
6. Kovalev N.I., Soldatova S.V., i dr. *Otchet o NIR «Opređenje koordinat zatoplennyh v Chernom more ot mesta m. Lukul do m. Ochakov (rajon №1) i ot m. Ochakov do m. Vilkovo (rajon №2)»*, Shifr «Poisk-4», g. Sevastopol', 2007, 84 p.
7. Kovalev N.I., Soldatova S.V., i dr. *Otchet o NIR «Opređenje koordinat i vizualizacija mesta nahozhdenija pod morskim gruntom kontejnerov BOV pribrezhnyh rajonah Chernogo i Azovskogo morej...»*, Shifr «Poisk-5», g. Sevastopol', 2008, 108 p.
8. Kovalev N.I., Soldatova S.V., i dr. *Otchet o NIR «Provedenie rabot po kompleksnomu*

- jeologicheskomu ochishheniju Azovo-Chernomorskoj akvatorii ot zagryaznenij s predstojashhej jeologicheskoj pasportizaciej akvatorii», glava 2, g. Sevastopol', 2007, 50 p.
9. Kochetkova E.S., Kozlov I.E., Dajlidene I., Smirnov K.G. Sputnikovye metody v okeanografii, SPb, Izd: RGGMU, 2014, 92 p.

*Принято в редакцию 01.07.2020 г.*