

УДК 621.391.82

**Микаева Светлана Анатольевна,**  
д. т. н., профессор,  
МИРЭА – Российский технологический университет,  
Москва  
Mikaeva Svetlana Anatolyevna,  
MIREA – Russian Technological University,  
**Лупанов Павел Александрович,** студент,  
МИРЭА – Российский технологический университет,  
Москва  
Lupanov Pavel Alexandrovich,  
MIREA – Russian Technological University

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ  
ОБЪЕКТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ТОЛЩЕ ОСАДКОВ  
CHARACTERISTICS OF DETECTION OF SONAR  
OBJECTS LOCATED IN SEDIMENT LAYERS**

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности обнаружения объектов, находящихся в толще осадков, с использованием гидролокационных систем. Описаны основные методы обработки сигналов, алгоритмы фильтрации шумов и перспективы развития технологий подводной локации. Рассмотрены вызовы, связанные с затуханием сигналов, влиянием осадочных слоев на точность обнаружения и необходимостью повышения разрешающей способности гидролокаторов.

**Abstract:** The article discusses the features of detecting objects located in sediment layers using sonar systems. Key signal processing methods, noise filtering algorithms, and prospects for the development of underwater location technologies are described. Challenges related to signal attenuation, the impact of sediment layers on detection accuracy, and the need to improve the resolution of sonars are considered.

**Ключевые слова:** гидролокация, осадочные слои, обнаружение объектов, обработка сигналов, фильтрация шумов, подводная локация.

**Keywords:** sonar, sediment layers, object detection, signal processing, noise filtering, underwater location.

**Введение.** Гидролокационные системы играют ключевую роль в подводных исследованиях, обеспечивая обнаружение объектов в толще воды и на дне водоемов. Однако обнаружение объектов, находящихся в толще осадков, представляет собой сложную задачу из-за затухания сигналов и искажений, вызванных неоднородностью осадочных слоев. В данной статье рассмотрены основные характеристики обнаружения гидролокационных объектов в осадках, методы обработки сигналов и перспективы развития технологий подводной локации.

**1. Основные принципы гидролокации в осадочных слоях.** Гидролокационные системы используют звуковые волны для обнаружения объектов под водой. Однако при прохождении через осадочные слои сигналы подвергаются затуханию и рассеянию, что затрудняет обнаружение объектов. Основные типы гидролокаторов, используемые для работы в осадках, включают: – Низкочастотные гидролокаторы – обеспечивают глубокое проникновение в осадочные слои, но имеют низкую разрешающую способность. – Высокочастотные гидролокаторы – обеспечивают высокое разрешение, но ограничены по



глубине проникновения. – Широкополосные гидролокаторы – комбинируют преимущества низкочастотных и высокочастотных систем, обеспечивая баланс между глубиной проникновения и разрешением.

**2. Методы обработки сигналов в гидролокации.** Обработка сигналов в гидролокационных системах включает несколько этапов: 1. Сбор данных – регистрация отраженных сигналов от объектов и осадочных слоев. 2. Предварительная обработка – фильтрация шумов, устранение искажений, вызванных затуханием сигналов. 3. Анализ данных – выделение полезных сигналов от объектов на фоне шумов и помех. 4. Интерпретация данных – определение местоположения и характеристик объектов. Для повышения точности обнаружения используются методы цифровой обработки сигналов, такие как фильтрация Калмана, вейвлет-анализ и методы машинного обучения.

**3. Алгоритмы фильтрации шумов.** Одной из ключевых задач при обработке гидролокационных данных является фильтрация шумов, вызванных рассеянием сигналов в осадочных слоях. Основные методы фильтрации включают: – Адаптивная фильтрация – позволяет динамически настраивать параметры фильтра в зависимости от характеристик шумов. – Вейвлет-анализ – используется для выделения полезных сигналов на фоне шумов с различной частотой. – Методы машинного обучения – позволяют автоматически классифицировать сигналы и выделять объекты на фоне шумов.

**4. Вызовы и перспективы развития.** Несмотря на значительные успехи в области гидролокации, существует ряд вызовов, связанных с обнаружением объектов в осадочных слоях: – Затухание сигналов – осадочные слои поглощают и рассеивают звуковые волны, что снижает точность обнаружения. – Неоднородность осадков – различные типы осадков (песок, ил, глина) по-разному влияют на распространение сигналов. – Ограниченная разрешающая способность – низкочастотные гидролокаторы имеют низкое разрешение, что затрудняет обнаружение мелких объектов. Перспективы развития связаны с совершенствованием алгоритмов обработки сигналов, использованием квантовых технологий для повышения чувствительности гидролокаторов и разработкой новых методов машинного обучения для автоматической классификации объектов.

**Заключение.** Обнаружение гидролокационных объектов в толще осадков является сложной задачей, требующей применения современных методов обработки сигналов и фильтрации шумов. Дальнейшее развитие технологий подводной локации связано с повышением разрешающей способности гидролокаторов, улучшением алгоритмов обработки данных и внедрением новых технологий, таких как квантовые вычисления и машинное обучение. Это позволит повысить точность обнаружения объектов и расширить возможности подводных исследований.

*Список литературы:*

1. Urick, R.J. Principles of Underwater Sound. – McGraw-Hill, 1983.
2. Lurton, X. An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications. – Springer, 2002.
3. Ainslie, M.A., McColm, J.G. A simplified formula for viscous and chemical absorption in sea water // Journal of the Acoustical Society of America. – 1998. – Vol. 103 (3). – P. 1671–1672.
4. Jackson, D.R., Richardson, M.D. High-Frequency Seafloor Acoustics. – Springer, 2007.
5. Макаров, С.И., Петров, А.В. Гидролокационные системы: принципы работы и перспективы развития // Вестник морских технологий. – 2020. – №4. – С. 45–57.
6. Сидоров, В.П., Кузнецов, А.А. Методы обработки гидролокационных сигналов в условиях сложных осадочных слоев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2021. – №2. – С. 98–110.

