



УДК 621.396

Ляшенко А.С., к.т.н., ФНПЦ ФАО «НПП «Полет»
603950, Нижний Новгород, пл. Комсомольская, 1
Логинов В.И., к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Федосенко Ю.С., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор, НГТУ им. Р.Е. Алексеева
603000, Нижний Новгород, ул. Минина, 22

СВЯЗЬ С ПОДВОДНЫМИ БУРОВЫМИ УСТАНОВКАМИ В АРКТИКЕ

Ключевые слова: подводные буровые установки, Арктика, связь

Рассматриваются особенности организации и проблемы обеспечения информационного обмена с подводными буровыми установками в условиях Арктики.

Нефть и газ являются основными источниками энергии населения Земли и, вероятно, останутся таковыми еще многие годы, несмотря на ограниченные запасы этих видов сырья. Поэтому разведка и освоение углеводородных месторождений является исключительно важной задачей для России. Однако перспективные месторождения нефти и газа в России расположены на шельфе Северного Ледовитого океана в районах арктических морей: (70—80)° с. ш. и (40—90)° в. д. Тяжелые климатические условия северных широт не позволяют использовать надводные буровые комплексы для решения задач поиска и освоения данных месторождений, поэтому использование подводных технических средств разведки и освоения углеводородных месторождений (буровой комплекс, судно снабжения и т. д.) является важной задачей. Труднодоступность исследуемых районов — удаление от берега (полуостров Ямал) до 150—200 км и от центров цивилизации (г. Мурманск) до 1500 км при длительных погружениях подводных буровых комплексов (ПБК) на глубины до 100 м делают актуальными две телекоммуникационные задачи:

- обеспечения живучести ПБК, решение которой невозможно без организации информационного обеспечения ПБК, а следовательно, организации, как минимум, надежного канала дуплексной радиосвязи между ПБК и береговыми центрами управления (БЦУ).

- обеспечении интенсивного информационного обмена (связь, телевидение, интернет) с целью создания комфортных условий для обслуживающего персонала ПБК.

Связь с использованием электромагнитных волн в диапазоне 0-30 кГц. Проведенные за рубежом научно-технические исследования [1-3], а также отечественный опыт эксплуатации глобальных радионавигационных систем «Омега» и «Маршрут» на частотах 10—15 кГц показывают, что особо низкие частоты (ОНЧ) делают возможной организацию так называемой подводной радиосвязи между ПБК и БЦУ. Такая возможность обусловлена тем, что затухание электромагнитной волны (ЭМВ) в

электропроводной среде, каковой является морская вода в ОНЧ диапазоне (0-30) кГц, минимально.

Если задача передачи информации с БЦУ на ПБК не представляет особой сложности в части практической реализации и может быть успешно решена в настоящее время за счет использования сверхмощных стационарных береговых передающих центров, то обратная задача должного практического решения в мировой практике не получила.

Анализ принципов построения каналов радиосвязи между подводными объектами и береговыми центрами управления [1-4] показал, что за рубежом наиболее интенсивные исследования в данной области ведутся в настоящее время в двух направлениях: первое — передача электромагнитной волны ОНЧ диапазона с ПБК на БЦУ через толщину морской воды с переходом границы раздела двух сред (вода — воздух) летом или трех (вода — лед — воздух) зимой; второе интересное и перспективное направление — это передача ЭМВ через скальные грунтовые породы и базальт (литосферу) непосредственно с ПБК на БЦУ. Для повышения надежности связи применяется резервирование. Для резервирования предлагается организация двух каналов связи с использованием двух различных физических принципов (например, использование гидроакустического нелинейного канала связи и канала радиосвязи, основанного на передаче ЭМВ через среды вода — лед — воздух или литосферу на очень низких и сверхнизких частотах). Основным каналом связи при этом является радиоканал, т. е. радиосвязь в ОНЧ-диапазоне.

Традиционная связь. Особенностью функционирования канала радиосвязи через толщу морской воды является то, что ЭМВ распространяется как минимум в двух, а при наличии льда в трех средах: в воздушной среде, обладающей практически нулевой проводимостью ($\sigma = 0$) при $\varepsilon \approx \mu \approx 1$, где ε , μ — относительная диэлектрическая и магнитная проницаемость воздуха; в материальной среде (морская вода), которая для ЭМВ является проводником: $\sigma = 4 \text{ см/м}$, $\varepsilon = 81$, $\mu = 1$ [4], где ε и μ — относительная диэлектрическая и магнитная проницаемость морской воды. Данная особенность приводит к тому, что, во-первых, ЭМВ сильно затухает по мере ее распространения: в ОНЧ — диапазоне при $\sigma \gg 2\pi f \varepsilon$, где f — частота несущей радиосигнала, ЭМВ затухает по экспоненциальному закону [4]. Во-вторых, ЭМВ приходится преодолевать границу раздела двух-трех сред, что приводит к эффекту отражения ЭМВ на границе раздела и к значительной потере части мощности P_0 , отдаваемой передатчиком в передающую антенную систему (ПАС). Выбор f осложнен тем, что, с одной стороны, ее надо уменьшать, чтобы уменьшить ослабление ЭМВ ($\alpha = \sqrt{f_0}$; α — нормированный коэффициент затухания ЭМВ в материальной среде), а с другой — увеличивать, чтобы уменьшить габариты и массу ПАС, так как чем выше f (меньше длина ЭМВ в материальной среде) тем меньше эффективная длина антенны [4]. Задача выбора рабочей частоты передатчика (ПРД) значительно упрощается, если ориентироваться на конкретный тип приемника ОНЧ - диапазона. Выбирая минимально возможную из рабочего диапазона частоту приемника, можно получить ослабление излучаемой ПРД мощности P_0 равным $\approx 20 \text{ дБ}$ на $f = 3 \text{ кГц}$ и ПАС, установленной непосредственно на ПБК при глубине погружения ПБК $h = 100 \text{ м}$ и расстоянии от ПБК до БЦУ $R = 150 \text{ км}$. Длина ПАС на этой частоте соответствует $L = 30 \text{ м}$ при использовании в качестве ПАС резонансного диполя, установленного непосредственно на корпусе ПБК [3]. Ослабление $A \approx 20 \text{ дБ}$ неприемлемо велико потому, что для уверенного приема информации, передаваемой с ПБК на БЦУ, нужно излучать большую мощность, что, в силу ограниченной энергетики ПБК, технически нереализуемо. Приблизив ПАС к поверхности воды и льда, можно уменьшить ослабление A . Расчеты показывают, что можно обеспечить ослабление излучаемой ПРД мощности равное 37 дБ при выносе ПАС к толще льда до $h = 3 \text{ м}$. Такое ослабление вполне приемлемо, так как при установке на БЦУ приемника с чувствительностью порядка $0,1 \text{ мкВ}$ уверенный прием информации возможен при мощности ПРД $P_0 = 750 \text{ кВт}$ и удалении ПБК от берегового передающего центра на 150

км. ПАС выносного типа должна обладать устройствами, обеспечивающими ее установку на определенной глубине h от морской поверхности и льда. Во время смены дислокации ПБК выносная ПАС должна втягиваться в ПБК и определенным образом крепиться на нем, чтобы не мешать перемещению ПБК.

Литосферная связь. Возможность волноводного распространения ЭМВ в литосфере Земли впервые рассмотрена в работе [1]. Появление литосферного волновода связано с наличием в земной коре слоя с низкой проводимостью ($\sigma = 0^+ \div 0^- \text{ см/м}$) толщиной от 5 км до (30—40) км. Выше этого слоя располагаются осадочные породы, простирающиеся до глубины 1 км с проводимостью ($\sigma = 0^+ \div 0^- \text{ см/м}$), которые могут служить верхней стенкой волновода. Нижней стенкой волновода является мантия, обладающая высокой электропроводностью ($\sigma \rightarrow \infty$).

В работах [1, 2] проведены теоретические исследования особенности распространения ЭМВ в литосферном волноводе в рамках простейшей модели плоского волновода с плоскими границами. Расчеты показывают, что затухание ЭМВ в волноводе на расстоянии $R = 150$ км слабо зависит от частоты и меняется примерно от 10 дБ на частоте $f = 3$ кГц до 12 дБ при $f = 10$ кГц. Возбуждение такого волновода может быть осуществлено с помощью вертикальной антенны, расположенной внутри скважины [1, 2]. Излучателем служит вертикальная металлическая труба, помещенная в скважину, глубина которой должна быть достаточно большой, чтобы значительная часть излучателя находилась внутри скальной породы с низкой электропроводностью.

Аналогичная антенна может быть использована в качестве приемной на БЦУ. При использовании на БЦУ такого же приемника, что и в первом варианте, требуемая мощность ПРД составит $P_0 = 75$ кВт при $f = 3$ кГц. В варианте организации радиосвязи через литосферу в качестве ПАС ПБК может быть использована горизонтальная рамочная антенна, расположенная вблизи дна океана [3]. Преимуществом рамочной антенны является простота изготовления, небольшое время развертывания при приемлемых габаритных размерах и массе. При организации канала радиосвязи ПБК с БЦУ информация передается посредством боковой волны вдоль границы раздела сред вода — дно океана [3].

Таким образом, анализ зарубежных исследований по организации подводных каналов радиосвязи позволяет констатировать: развитие систем информационного обеспечения подводных технических средств в России должно опираться на научно-технический задел в области радиосвязи на ОНЧ. Использование ОНЧ позволяет организовать канал связи в пропускной способностью от 10 б/с до 10 kb/c.

В этом плане определенный практический интерес представляют работы НПП «Полет» по созданию систем, комплексов и приемно-передающей аппаратуры ОНЧ - диапазона [5], где завершаются разработки приемно-передающей аппаратуры нового поколения с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками: двухканального цифрового приемника ОНЧ-диапазона с расширенным диапазоном частот, и дополнительными видами работ и универсального модульного ключевого транзисторного передатчика с выходной мощностью 200 кВт.

Ультразвуковая связь. Ультразвуковая связь широко используется в военно-морском флоте для обеспечения оперативной связи между подводными и надводными объектами на расстояниях до нескольких миль. Ультразвуковая связь обладает высокой энергетической эффективностью (мощность передатчиков порядка 1 кВт), имеет компактные излучающие системы (см. Рис.1) и использует диапазон частот до 10 МГц, что позволяет создавать каналы связи с пропускной способностью до 10 Mb/c.

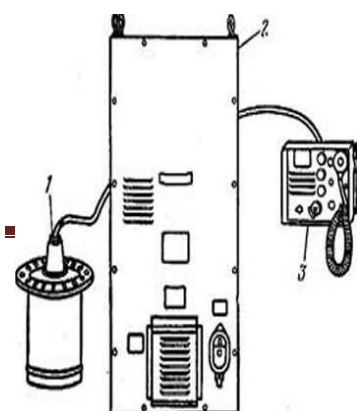


Рис. 1. Типовой комплекс ультразвуковой связи AN/UQC-1: 1- гидроакустическая антенна, 2 – усилитель мощности, 3 – блок управления.

*методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов
ые технологии, системы управления и телекоммуникации*

Лазерная связь. Исследования затухания распространения света в морской воде [6] показывает, что использование лазерного излучения на расстояниях до 700 метров позволяет решить задачу обеспечения устойчивой широкополосной связи и создания коммуникационного канала способного полностью решить и вторую коммуникационную задачу – создание каналов связи с пропускной способностью до (1 – 10) Gb/c. В качестве излучателя используется сине-голубой лазер [6] с длиной волны порядка 452-455 нм (Рис. 2), который обладает самой высокой проникающей способностью в морской воде. Использование технологии лазерной связи (Рис. 3) на коротких расстояниях позволяет создавать информационные каналы с высокой пропускной способностью.

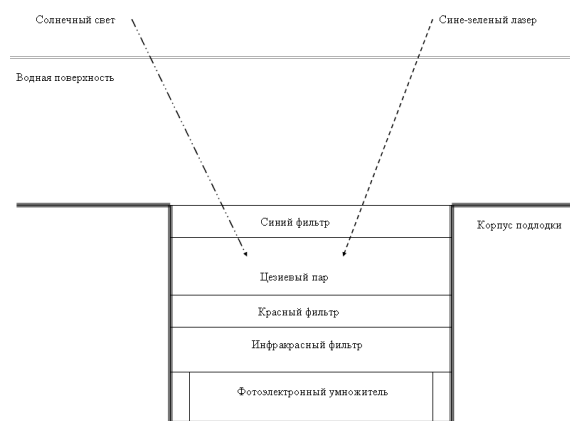
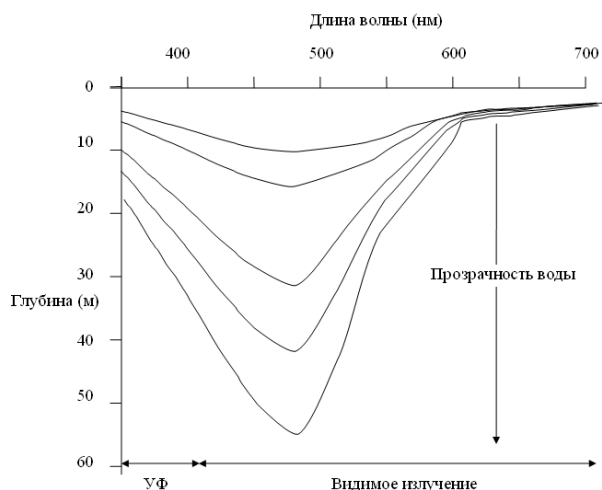


рис. 3. Конструкция фотоприемника лазерного излучения

Интересна идея использования комбинированных видов связи – проводной и беспроводной [7], что позволяет обеспечить в сочетании с другими видами связи высокую надежность телекоммуникационного обмена.

Успешное решение задачи создания надежных каналов связи для обеспечения живучести и комфортных условий информационного обслуживания ПБК требует сочетания всех технологий информационного обмена с ПБК: от использования ОНЧ, ультразвука до лазерных телекоммуникаций. Наличие постоянного ледяного покрова в местах геологических изысканий для решения задачи телекоммуникаций с ПБК необходимо использование надводных систем, которые обеспечивают бурение ледового покрова для установки ультразвуковых и лазерных антенных систем в местах дислокации ПБК с созданием каналов с использованием традиционной радиосвязи и спутниковых систем связи.

Таким образом, НПП «Полет» располагает необходимым научно-техническим заделом, позволяющим экономически эффективно решить в интересах российской нефтяной и газовой промышленности важную задачу информационного обеспечения ПБК, предназначенных для поиска и освоения перспективных углеводородных и газоконденсатных месторождений в северных широтах.

Список литературы:

- [1] Wheeler H.A. Radio-wave propagation in the Earth's crust //J. of Research of NBS. - 1961. -Vol. 65D. -P.189-191.
- [2] Brown G. L., Gangi A. F. Electro magnetic modeling studies of litospheric propagation // IEEE Trans. on Geoscience Etectoniks. - 1963. -Vol. GE-1, № 1. – P. 17-23.
- [3] Wait J.R. Electro magnetic propagation in an idealized Earth crust waveguide // Radio Sci. — 1966. — Vol. 1. № 8.-P. 913-924.
- [4] Кинг Р., Смит Г. Антенны в материальных средах. - М.: Мир, 1984. - С. 824.
- [5] Belousov E. Leading manufacturer of aircraft radio communications materiel// Military Parade. — 1995. — March — Apr -P. 58-59.

[6] Singh H.B., Pal R. Submarine communication. Defence Science Journal, Vol 43, No 1, January 1993, pp 43-51.

[7] Патент Ru-2260249. Сохранский С.С., Побережский А.А., Овсянников В.И., Лобов С.А., Солозобов С.А., Прокопович Н.Н., Катанович А.А., Третьяков Д.В. Система подводной кабельной глубоководной связи с подводными лодками. ОАО НПП «Дальняя связь». 2003

CONNECTION TO UNDERWATER DRILLING RIGS IN THE ARCTIC

Ljashenkov A.S., Loginov V.I., Fedosenko Ju.S., Jampurin N.P.

Key words: underwater drilling rigs, Arctic, communication

The features of organization and communication problems to underwater drilling rigs in Arctic