

УДК 551.46.07:550.34.044:553.98(26-83)

Леденев В.В., Левченко Д.Г., Носов А.В.ФГУП Опытнo-Конструкторское Бюро Океанологической Техники РАН, Москва, Россия, okb@edboe.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ДОННЫХ СТАНЦИЙ

Эффективная и геодинамически безопасная разработка шельфовых нефтегазовых месторождений должна базироваться на информационном обеспечении решения задач геодинамической безопасности. Оно включает в себя формирование баз данных и знаний и последовательное построение концептуальной, геомеханической и расчетной моделей нефтегазовой природно-технической системы в комплексе исследований механизмов формирования и реализации опасных геодинамических проявлений.

При изучении Мирового океана в настоящее время наблюдается тенденция постепенного перехода от преимущественно экспедиционных методов исследований с помощью научно-исследовательских судов и спутниковых наблюдений к созданию непрерывно действующих систем мониторинга с помощью донных и притопленных автономных станций, плавающих и заякоренных буев. Становится все более очевидным, что для выяснения состояния океанической среды во всем ее единстве и многообразии необходимо получение длительных синхронных рядов наблюдений многих параметров непосредственно в толще воды и на дне.

Ключевые слова: *шельфовые нефтегазовые месторождения, опасные геодинамические проявления, автономные геофизические станции, стационарные донные станции, донный широкополосный сейсмограф, измерительный гидрофон, измеритель скорости течений, экологический мониторинг, нефтегазовые комплексы, предвестники морских землетрясений, судовой комплекс, натурные испытания.*

Эффективная и геодинамически безопасная разработка шельфовых нефтегазовых месторождений должна базироваться на информационном обеспечении решения задач геодинамической безопасности, включающем в себя формирование баз данных и знаний и последовательное построение концептуальной, геомеханической и расчетной моделей нефтегазовой природно-технической системы в комплексе исследований механизмов формирования и реализации опасных геодинамических проявлений.

Обеспечение геодинамической безопасности шельфовых нефтегазовых разработок требует проведения специальных работ, включающих в себя: оценку геодинамического режима региона, исследование исходного напряженно-деформированного состояния пород коллектора и вмещающего массива и прогноз его изменений вследствие извлечения флюида, оценку геодинамических рисков, разработку превентивных геобезопасных мероприятий, геодинамический мониторинг регионов добычи, хранения и трубопроводного транспортирования углеводородов.

При изучении Мирового океана в настоящее время наблюдается тенденция постепенного перехода от преимущественно экспедиционных методов исследований с помощью научно-исследовательских судов и спутниковых наблюдений к созданию непрерывно действующих систем мониторинга с помощью донных и притопленных автономных станций, плавающих и заякоренных буев. Становится все более очевидным, что для выяснения состояния океанической среды во всем ее единстве и многообразии необходимо получение длительных синхронных рядов наблюдений многих параметров непосредственно в толще воды и на дне. Только таким образом можно выявить корреляционные связи между различными факторами, разделить климатические, сезонные и спонтанные их вариации. Получение таких массивов информации ранее требовало концентрации значительных усилий больших коллективов ученых разных стран в течение ряда лет (традиционные геофизические годы). В настоящее время появились технические условия для автоматизации получения подобной комплексной информации с помощью автономных геофизических станций [Воронина и др., 1995; Гаврилов и др., 2000; Башилов и др., 2008].

Необходимо отметить, что в зависимости от основного назначения требования к донной станции могут существенно меняться. Станции, предназначенные для сбора данных, используемых в фундаментальных научных исследованиях, должны измерять большое число параметров с заданной периодичностью, выполнять элементы автоматического анализа и обработки данных. Программы их функционирования могут автоматически меняться в зависимости от результатов измерений. Время работы на дне таких станций должно быть значительным (несколько месяцев). В то же время для них не требуется оперативная связь с берегом [Гаврилов и др., 2000; Левченко, 2005; Левченко и др., 2009].

Станции, предназначенные для экологического мониторинга, например, в районах развития нефтегазовых комплексов, или для регистрации предвестников землетрясений, должны обеспечивать оперативную передачу данных в пункты сбора и обработки информации. Такие пункты могут располагаться на берегу, на судах или на специальных морских платформах. Кроме того, для таких обсерваторий зачастую требуется изменение программ функционирования по команде с пункта управления (ускорение отсчетов, изменение диапазона измерений и др.) [Beranzoli et al., 1997; Хитаров, Войтов, Лебедев, 1974; Зубко и др., 2003; Лобковский и др., 2005].

Стационарные донные обсерватории и сейсмографы с кабельной связью с берегом могут иметь разнесенные по поверхности дна отдельные элементы, иногда на расстояниях до

1000 м (проект VENUS). Автономные донные станции с собственными источниками питания и регистрацией результатов обычно имеют компактную конструкцию, удобную для быстрого подъема и постановки. Вместе с тем, отдельные элементы таких станций (блок сейсмоприемников, магнитометр и др.) по условиям функционирования должны быть отнесены от основного модуля на некоторое расстояние (до десятков метров).

Станции, предназначенные для измерения параметров в водной толще, могут иметь измерительные модули, разнесенные в пространстве на расстоянии до сотен метров или километров. Иногда такие модули делают перемещающимися по вертикали с помощью специальных механизмов. Несмотря на определенные различия в конструировании морских обсерваторий и сейсмографов, связанных с их основным назначением, можно выявить ряд общих принципов построения и технических требований к ним.

Морская донная станция представляет собой сложный и дорогой комплекс, предназначенный для длительного использования. Поэтому должна обеспечиваться высокая надежность всех ее элементов. Для повышения надежности и удобства эксплуатации необходимо в основу построения положить модульность конструкции, взаимную независимость программ управления, возможность наращивания системы путем добавления новых измерительных устройств или программ. Технически система должна состоять из отдельных легко заменяемых модулей, имеющих стандартное питание и небольшую мощность потребления [Delaney, 2001; Dziwonski, 2001; Favali, 2003].

Принципы комплексности измерения и модульности построения предполагают возможность независимой работы каждого датчика (группы датчиков). Для ускорения разработки станции и ее удешевления целесообразно применять для измерения каждого параметра (группы параметров) стандартные законченные модули. Питание и управление датчиками, а также сбор информации осуществляются с помощью центрального модуля, связанного кабелем (или другой системой связи) с центральным пунктом управления и обработки на корабле, исследовательской платформе или на берегу.

Измерение разнородных параметров с разной скоростью изменения требует применения модулей с цифровым выходом и цифровым управлением. Каждый модуль должен содержать небольшую буферную память и буферный источник питания для повышения надежности и непрерывности регистрации. Общий командный процессор должен обеспечивать необходимые режимы работы отдельных блоков, привязку результатов к единому времени, сбор и передачу информации по линиям связи в цифровой форме. В центральном модуле должен находиться управляющий и обрабатывающий микрокомпьютер

с достаточным быстродействием. Для передачи информации по кабелям на расстояние в сотни метров или километры необходимы соответствующие модемы. При расстоянии в десятки километров необходимо устанавливать промежуточные усилители. Для увеличения срока службы в морской воде следует применять бесконтактные индуктивные датчики скорости и направления течений и электропроводности, а также изолированные датчики температуры. При этом срок службы их практически неограничен. При работе обсерватории на небольшой глубине (до 100 м) следует принимать меры биологической защиты от обрастания датчиков различными организмами.

Анализ имеющегося отечественного и зарубежного опыта позволяет для опытной донной станции, предназначенной для изучения возможных предвестников морских землетрясений, рекомендовать следующий перечень измеряемых параметров и состав датчиков. Трехкомпонентный широкополосный сейсмограф, измерительный гидрофон, акустический измеритель скорости течений, магнитометр, измерители давления, электропроводности, температуры воды и концентрации водородных ионов pH [Гаврилов и др., 2000; Iwase, 2001; Schultz et al., 2001 Favali, 2003; Башилов и др., 2008]. В качестве примера рассмотрим многоцелевую донную станцию, разработанную в ОКБ океанологической техники РАН по Договору с Министерством науки и образования в 2007-2008 гг.

Широкополосный сейсмограф (0,1-50 Гц) необходим для оперативной регистрации сигналов землетрясений на дне и их сравнения с записями широкополосных наземных сейсмографов. Измерительный гидрофон (10-100 Гц) регистрирует высокочастотные составляющие давления в водной среде, которые в ряде случаев предшествуют сильным морским землетрясениям. Измеритель скорости течений позволяет учитывать их влияние на регистрацию других параметров. Измерители давления, электропроводности, кислотности pH и температуры позволяют регистрировать соответствующие параметры водной массы, меняющиеся под влиянием выделяемых из Земной коры газов и флюидов.

Подъем станции на поверхность производится путем отсоединения балласта с помощью автономного гидроакустического размыкателя (АГАР). Приборный корпус, имеющий необходимый запас плавучести, всплывает и подымает донный блок сейсмоприемников. Для поиска станции на водной поверхности служат радио и световой маяки. Питание аппаратуры производится от автономных источников.

Судовой комплекс предназначен для проверки работоспособности донной части станции перед постановкой, ввода необходимых параметров функционирования на дне,

определения ее положения при постановке на дно и для управления работой автономного гидроакустического размыкателя балласта. В состав судового комплекса входят: персональный компьютер с программами тестирования и подготовки станции, блок согласования, через который осуществляется подключение блока регистрации и управления к судовому персональному компьютеру, судовой блок размыкателя балласта и определителя наклонной дальности, судовая гидроакустическая антенна (СГА).

Эскиз конструкции автономной донной станции представлен на рис. 1. В комплексе использован сферический титановый прочный корпус диаметром 950 мм, обеспечивающий плавучесть в воде 195 кг, с рабочей глубиной 6000 м. Внутри корпуса устанавливаются основные аппаратурные блоки. На внешней раме размещаются модули измерительных приборов и устройств, соединяемые между собой кабелями с герморазъемами. Комплекс устанавливается на дно в заякоренном состоянии в 3÷5 м от дна. К нижней части несущей рамы подвешивается автономный гидроакустический размыкатель, обеспечивающий отсоединение якоря при подъеме устройства на поверхность.

Донные сейсмометры с системой ориентации размещены в отдельном отбрасываемом корпусе для обеспечения наилучшего сцепления с грунтом дна. Во время спуска станции корпус сейсмометров закреплен на центральной раме. После постановки на дно он отделяется от рамы и опускается на дно рядом с комплексом. Блок сейсмометров электрически соединен с приборным корпусом с помощью многожильного кабеля.

С целью унификации все измерительные модули и устройства размещены в однотипных титановых цилиндрических корпусах, имеющих одинаковые герморазъемы. Модульное исполнение узлов дает возможность быстрой замены блоков и установку новых приборов, что создает удобство эксплуатации. Незначительные габариты и вес измерительных модулей позволяет переносить их вручную, поэтому все подготовительные, предпостановочные работы (проверка электроники, заправка осушителем, герметизация корпусов и т.д.) могут производиться в лаборатории научно-исследовательского судна (НИС), в нормальных условиях при комнатной температуре и невысокой влажности воздуха.

Специфика условий работы на дне требует исключения электрохимической коррозии контактирующих материалов, применение материалов с высокой прочностью и коррозионной стойкостью в морской воде. Поэтому все элементы конструкции изготавливаются из титановых сплавов.

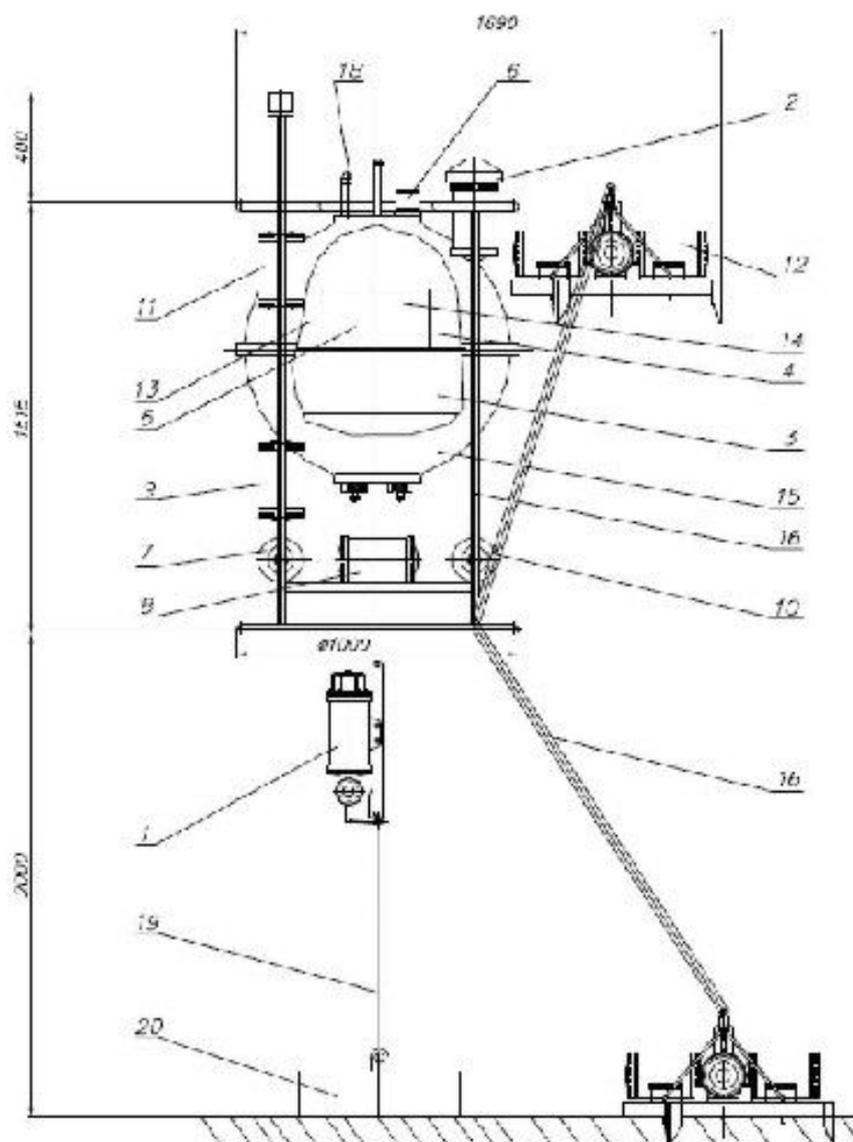


Рис. 1. Эскиз конструкционной обсерватории ОКБ ОТ РАН

1 – автономный гидроразмыкатель; 2 – измеритель профиля течений; 3 – блок питания; 4 – блок резервного питания; 5 – блок регистрации и управления; 6 – гидроакустическая антенна; 7 – гидрофизический модуль; 8 – датчик гидрохимических параметров; 9 – датчик давления; 10 – датчик метана; 11 – датчик магнитного поля; 12 – донный сейсмометр; 13 – блок гидроакустической связи; 14 – блок кабельной связи; 15 – прочный корпус; 16 – несущая рама; 17 – штанга сброса блока сейсмодатчиков; 18 – проблесковый и радио маяки; 19 – буй-рей; 20 – балласт.

Спуск станции осуществляется штатными спускоподъемными устройствами, которыми оборудованы НИС. После размещения комплекса на уровне поверхности воды, производят сброс якоря, и комплекс самостоятельно погружается на дно. По гидроакустическому каналу связи производится проверка работоспособности всех систем подводного комплекса. В случае обнаружения технических неисправностей подводный комплекс может быть поднят на поверхность. По окончании срока работы станции, с судна, находящегося в точке

постановки, по гидроакустическому каналу связи подается команда на размыкатель балласта АГАР. Освобожденный от якоря комплекс начинает всплытие на поверхность, увлекая за собой донный сейсмометр. Обнаруженный на поверхности, с помощью светового и радиомаяков, комплекс поднимается на борт с помощью судовых спускоподъемных устройств. Данный способ постановки и подъема был отработан при многократных натуральных испытаниях автономных донных сейсмостанций в различных районах океана. Внешний вид многоцелевой станции ОКБ ОТ РАН во время натуральных испытаний приведен на рис. 2.



**Рис. 2. Внешний вид обсерватории ОКБ ОТ РАН
(во время натуральных испытаний в ноябре 2008 г.)**

Натурные испытания автономной многоцелевой донной станции, проведенные в октябре-ноябре 2008 г., подтвердили работоспособность обсерватории и основные технические параметры.

Литература

Башилов И.П., Зубко Ю.Н., Левченко Д.Г., Леденев В.В., Павлюкова Е.Р., Парамонов А.А. Донные геофизические обсерватории — методы конструирования и области применения// Научное приборостроение, 2008. - Т. 18. - № 2. - С. 86-97.

Воронина Е.В., Левченко Д.Г., Соловьев С.Л., Сонькин А.В. Особенности регистрации сильного Гималайского землетрясения на дне центральной части Атлантического океана и дисперсия длиннопериодных волн Лява// Физика Земли, 1995. - N 2. - С. 3-17.

Гаврилов В.А., Левченко Д.Г., Утяков Л.Л., Шехватов Б.В. Гидрохимическая донная станция для регистрации краткосрочных предвестников морских землетрясений// Океанология, 2000. - Т. 40. - № 3. - С. 456-467.

Левченко Д.Г., Леденев В.В., Ильин И.А., Парамонов А.А. Длительный сейсмологический мониторинг морского дна с использованием автономных донных станций// Сейсмические приборы, 2009. - Т. 45. - № 1. - С. 5-22.

Левченко Д.Г. Регистрация широкополосных сейсмических сигналов и возможных предвестников сильных землетрясений на морском дне. М.: Научный мир, 2005. - 240 с.

Лобковский Л.И., Левченко Д.Г., Леонов А.В., Амбросимов А.К. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. М.: Наука, 2005. - 325 с.

Зубко Ю.Н., Левченко Д.Г., Леденев В.В., Парамонов А.А. Современные донные станции для сейсморазведки и сейсмологического мониторинга// Научное приборостроение. 2003. - Т. 13. - № 4. - С. 70 – 82.

Хитаров Н.И., Войтов Г.И., Лебедев В.С. О геохимических предвестниках землетрясений на прогнозных полигонах. М.: Наука, 1974. - 165 с.

Beranzoli L., Etiope G, Favali P, Frugoni F, Smeiglio G. GEOSTAR observatory for geophysical and environmental monitoring// Intern. Workshop Scient. Use Submar. Cables. Japan, Okinawa, 1997. - P. 126-130.

Delaney J.R. NEPTUNE: an interactive submarine observatory at the scale of a tectonic plate// Long-Term Observations in the Oceans. OHP/ION Joint Symposium. Japan, 2001. - P. 309.

Dziewonski A. Long term observatories in the oceans: synergies in science and technological solutions// Long – Term Observations in the Oceans. OHP/ION Joint Symposium. Japan, 2001. - P. 245-246.

Favali P. SN-1: the first node of the Italian seafloor observatory network – background and perspective// 3-rd Workshop Scient. Use Subm. Cables Rel. Techn., Japan, Tokyo, 2003. - P.19-24.

Iwase R. Multidisciplinary and extensive real – time deep seafloor observatory off Hatsushima Island in Sagami Bay// Long – Term Observations in the Oceans. OHP/ION Joint Symposium. Japan, 2001. - P. 295-298.

Schultz A., Lampitt R., Peirce C., Boyle E. B – DEOS Plans for establishment of long – term mobile interdisciplinary ocean observatory systems in the N and S Atlantic// Long – Term Observations in the Oceans. OHP/ION Joint Symposium. Japan, 2001. - P. 310-316.

Рецензент: доктор геолого-минералогических наук И.П. Кузин, главный научный сотрудник Института океанологии РАН.

Ledeynev V.V., Levchenko D.G., Nosov A.V.

EDBOE, Moscow, Russia, okb@edboe.ru

AN ANALYSIS OF METHODS OF CONSTRUCTING THE AUTOMATIC MULTI-PURPOSE BOTTOM STATIONS

The efficient and geodynamic-safe development of shelf oil and gas fields must be based on the information support of solving the problems of geodynamic safety. It includes the formation of data bases and also the successive construction of conceptual, geomechanic and calculation models of an oil and gas natural-technical system in the complex of researches of mechanisms of forming and realizing the dangerous geodynamic manifestations.

At the present time the tendency of gradual transition from mainly expedition methods of researches using scientific-research ships and satellites to the creation of steadily operating systems of monitoring with the help of bottom and autonomous submerged stations and buoys is observed in studying the World Ocean. It is obviously that for elucidating the state of oceanic environment it is necessary receiving the prolonged synchronous series of observations of many parameters in water and at a bottom.

Key words: *shelf oil and gas fields, dangerous geodynamic manifestations, autonomous geophysical stations, stationary bottom stations, bottom broadband seismograph, measuring hydrophone, instrument for current measurement, environmental monitoring, portents of offshore earthquakes, ship complex, natural tests.*

References

Bašilov I.P., Zubko Ū.N., Levčenko D.G., Ledenev V.V., Pavlûkova E.R., Paramonov A.A. Donnye geofizičeskie observatorii — metody konstruirovaniâ i oblasti primeneniâ// Naučnoe priborostroenie, 2008. - T. 18. - # 2. - S. 86-97.

Voronina E.V., Levčenko D.G., Solov'ev S.L., Son'kin A.V. Osobennosti registracii sil'nogo Gimalajskogo zemletrâseniâ na dne central'noj časti Atlantičeskogo okeana i dispersiâ dlinnoperiodnyh voln Lâva// Fizika Zemli, 1995. - N 2. - S. 3-17.

Gavrilov V.A., Levčenko D.G., Utâkov L.L., Šehvatov B.V. Gidrohimičeskaâ donnaâ stanciâ dlâ registracii kratkosročnyh predvestnikov morskikh zemletrâsenij// Okeanologiâ, 2000. - T. 40. - # 3. - S. 456-467.

Levčenko D.G., Ledenev V.V., Il'in I.A., Paramonov A.A. Dlitel'nyj sejsmologičeskij monitoring morskogo dna s ispol'zovaniem avtonomnyh donnyh stancij// Sejsmičeskie pribory, 2009. - T. 45. - # 1. - S. 5-22.

Levčenko D.G. Registraciâ širokopolosnyh sejsmičeskikh signalov i vozmožnyh predvestnikov sil'nyh zemletrâsenij na morskome dne. M.: Naučnyj mir, 2005. - 240 s.

Lobkovskij L.I., Levčenko D.G., Leonov A.V., Ambrosimov A.K. Geoèkologičeskij monitoring morskikh neftegazonosnyh akvatorij. M.: Nauka, 2005. - 325 s.

Zubko Ū.N., Levčenko D.G., Ledenev V.V., Paramonov A.A. Sovremennye donnye stancii dlâ sejsmorazvedki i sejsmologičeskogo monitoringa// Naučnoe priborostroenie. 2003. - T. 13. - # 4. - S. 70 – 82.

Hitarov N.I., Vojtov G.I., Lebedev V.S. O geohimičeskikh predvestnikah zemletrâsenij na prognoznyh poligonah. M.: Nauka, 1974. - 165 s.

© Леденев В.В., Левченко Д.Г., Носов А.В., 2010