

УДК 551.465

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ****Розман Б.Я., Елкин А.В.***Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: borisdrug@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы создания нового поколения технических средств исследования океанов, морей и внутренних водоемов. Их особенностью является возможность длительного мониторинга параметров гидросферы, а также поиска и контроля потенциально опасных подводных объектов. Начавшееся развертывание многотысячных группировок мини-спутников (проект Илона Маска и др.), обеспечивающих создание глобальной телекоммуникационной сети, позволяет осуществлять измерения и постоянную передачу данных в центры сбора и хранения (data centers) с надводной и подводной малогабаритной, малопотребляющей, автономной аппаратуры. Стремительное развитие высоких технологий, в том числе компьютерных и телекоммуникационных, позволило приступить к созданию нового поколения исследовательских приборов с мощными встроенными компьютерами и средствами телекоммуникации, предопределило возможность создания дистанционно управляемых поисково-осмотровых и исследовательских аппаратов-роботов (по международной терминологии – ROV-remotely operated vehicle) и обсерваторий с возможностью объединения их кабельными и спутниковыми каналами. Такие каналы представляют собой подводный сегмент Интернета (или IoT – интернет-вещей). С их помощью можно проводить широкомасштабные измерения гидрофизических и гидрохимических параметров морской воды в реальном времени, исследовать придонную флору и фауну, проследить динамику изменений состояния гидросферы. На основе этих станций можно будет создавать сети исследовательских и мониторинговых станций, имеющих в составе измерительные приборы, подводные телеуправляемые аппараты и роботы, соединенные подводным кабелем или поверхностными буйами со спутниковой связью. Такие кабели (и/или буи) будут соединены с Интернетом и позволят получать информацию в реальном времени со всех станций и управлять ими. Эти станции постепенно придут на смену эпизодическим исследованиям, проводимым с судов, сделают исследования существенно дешевле и постоянными во времени.

**Ключевые слова:** подводный аппарат, робототехника, океан, исследования, наука**SOFTWARE/HARDWARE PLATFORM FOR REMOTE CONTROL OF UNDERWATER ROBOTICS SYSTEM****Rozman B.Ya., Elkin A.V.***Institute of oceanology RAS, Moscow, e-mail: borisdrug@mail.ru*

The article deals with the creation of a new generation of technical means for the study of oceans, seas and inland reservoirs. Their feature is the possibility of long-term monitoring of hydrosphere parameters, as well as search and control of potentially dangerous underwater objects. The deployment of thousands of mini-satellites (the project of Elon Musk and others) that provide a global telecommunications network has begun, allowing measurements and constant data transmission to data collection and storage centers from surface and underwater small-sized, low-consumption, Autonomous equipment. The rapid development of high technologies, including computer and telecommunications, allowed us to start creating a new generation of research devices with powerful built-in computers and telecommunications, predetermined the possibility of creating remotely controlled search and inspection and research devices-robots (in international terminology – ROV-remotely operated vehicle) and observatories with the possibility of combining them with cable and satellite channels. Such channels are an underwater segment of the Internet (or IoT – Internet of things). They can be used to conduct large-scale measurements of hydrophysical and hydrochemical parameters of seawater in real time, to study the bottom flora and fauna, and to track the dynamics of changes in the state of the hydrosphere. Based on these stations, it will be possible to create networks of research and monitoring stations that include measuring instruments, underwater remote-controlled devices and robots connected by an underwater cable or surface buoys with satellite communications. These cables (and/or buoys) will be connected to the Internet and allow you to receive real-time information from all stations and manage them. These stations will gradually replace the occasional research conducted from ships, making them cheaper and permanent over time.

**Keywords:** underwater vehicle, robotics, ocean, researches, science

Научные биоэкологические исследования в гидросфере требуют современной аппаратуры, способной проводить широкомасштабные измерения параметров состояния гидросферы и оперативно отслеживать их изменения. Для длительного мониторинга необходимо создание технических средств с дистанционным управлением и коммуникационными каналами передачи информации.

Стремительное развитие высоких технологий, в том числе компьютерных и телекоммуникационных, позволило приступить к созданию нового поколения исследовательских приборов с мощными встроенными компьютерами и средствами глобальной телекоммуникации, предопределило возможность создания дистанционно управляемых поисково-осмотровых и исследовательских аппаратов-роботов

(по международной терминологии – ROV-remotely operated vehicle) и обсерваторий с возможностью объединения их кабельными или спутниковыми каналами [1, 2]. Такие каналы представляют собой подводный сегмент Интернета (или IoT – интернет-вещей). С их помощью можно проводить широкомасштабные измерения гидрофизических и гидрохимических параметров морской воды в реальном времени, исследовать придонную флору и фауну, проследить динамику изменений состояния гидросферы. На основе этих станций можно будет создавать сети исследовательских и мониторинговых станций, имеющих в составе измерительные приборы, подводные телеуправляемые аппараты и роботы, соединенные подводным кабелем или поверхностными буями со спутниковой связью. Такие кабели (и/или буи) будут соединены с Интернетом и позволят получать информацию в реальном времени со всех станций и управлять ими. Эти станции постепенно придут на смену эпизодическим исследованиям, проводимым с судов, сделают исследования дешевле и постоянными во времени. Конечно, не следует ожидать, что они скоро покроют весь океан, но вполне реально их использование в первую очередь для научных и экологических исследований прибрежных шельфовых зон. Об этом свидетельствует развитие международных проектов Venus, Neptun, Mars по прокладке сетевых кабелей с узлами для подключения исследовательской подводной аппаратуры вдоль участков побережья США и Европы. Организован международный консорциум из десятков университетов, компаний и фондов. Проводится работа по стандартизации интерфейсов, протоколов связи и систем питания. Первые опытные станции уже развернуты.

Цель данной работы – описание проекта создания программно-аппаратной платформы (ПАП) для удаленной работы со стационарной и мобильной подводной аппаратурой, решающей задачу периодического и долговременного мониторинга.

Рассматриваются два возможных варианта ПАП.

1. Установка внешнего блока для уже существующих аппаратов, например модернизация отечественного телеуправляемого подводного аппарата (ТПА) ГНОМ [3].

2. Использование встроенного бортового модуля для новой серии аппаратов Супер ГНОМ-ПРО.

*Методы и материалы. Описание системы*

Платформа является своего рода шлюзом или мостом, обеспечивающим канал

связи между удаленным оператором и самим аппаратом по сети Интернет. Комплекс ТПА имеет в составе собственно подводный аппарат, кабель-связку и надводную станцию управления (размещается на судне-носителе или на берегу). По кабель-связке подается питание на аппарат и идет обмен данными по дуплексному каналу (в одну сторону – команды управления, а в другую – телеметрия с датчиков). Скорость потока данных доходит до 50 Мбит/с. В серии малых аппаратов-роботов ГНОМ, сконструированных и выпускаемых Институтом океанологии РАН и компанией ООО Индэл-Партнер, в качестве кабель-связки используется коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом, по которому передаются смешанный сигнал питания, видео (композит) и телеметрия [4]. В надводной станции имеется электронный блок на базе микроконтроллера Atmega128, который принимает с джойстика команды оператора и транслирует их по кабелю в подводный аппарат, а данные телеметрии с аппарата принимает и преобразовывает в телетекст (алфавитно-цифровые данные, отрисованные поверх видекартинки) и пересылает их в компьютер через USB-порт.

На рис. 1 представлены состав оборудования и схема работы с удаленным доступом для мониторинга состояния подводных частей платформы.

ТПА ГНОМ находится в подводном положении, он соединен кабелем-связкой с управляющим станцией пультом оператора, находящимся на морской нефтедобывающей платформе. В составе станции имеется аппаратура ПАП с программой СЕРВЕР в виде отдельного блока, который соединен с СОМ портом управляющего компьютера. ТПА ГНОМ, имеющий на борту видеокамеры, может обследовать состояние опор нефтяных платформ, при этом пилот-оператор находится в любом месте и управляет аппаратом через Интернет с помощью программы КЛИЕНТ, разработанной в данном проекте, и получает видео и телеметрию (в зависимости от качества канала возможны задержки). Программа СЕРВЕР принимает данные от оператора по сети, переформатирует их в команды аппарата и пересылает через кабель-связку в бортовой модуль ТПА. Связь с ТПА производится через специальный модем (на основе ЧМ-модуляции) по витой паре кабеля. Длина кабеля может доходить до 400 м, скорость потока – до 50 Мбит/с. Этот интерфейс и программа коммуникации «оператор – борт» разработаны в данном проекте.

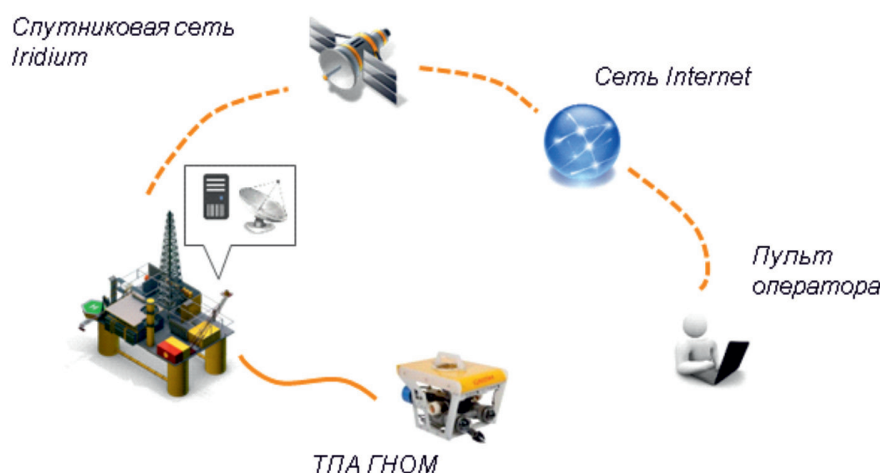


Рис. 1. Схема работы с удаленным оператором.  
Мониторинг состояния морской нефтедобывающей платформы

ТПА сможет использоваться для решения научных и экологических задач, а именно осуществлять:

- подводные видеонаблюдения и научные исследования (измерения гидрофизических и гидрохимических параметров воды) как в прибрежных водах России, так и в Мировом океане;

- идентификацию видов морской фауны и флоры, токсических и вредоносных форм водорослей и простейших;

- экологический мониторинг дна и искусственных сооружений типа нефтяных платформ, трубопроводов, а также затонувших судов и потенциально опасных объектов (контейнеров с радиоактивными отходами, затопленных судов со снарядами, химоружием и т.д.);

- исследование природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций в морских акваториях;

- обследование дна и придонного слоя при прокладке трубопроводов, кабелей и т.д.

Разработан действующий опытный образец ПАП – универсальный шлюз для коммуникаций между существующими ТПА и сетью. Это принципиально новый инструмент для проведения подводных исследований, представляющий собой телеуправляемый комплекс с возможностью работы как с судов, так и с морских сооружений типа нефтедобывающих платформ, а также в составе подводной информационно-управляющей сети.

ТПА оснащен движительным винто-моторным комплексом, высокочувствительными видеокамерами высокого разрешения с осветителями, измерительными датчика-

ми гидрофизических и гидрохимических параметров морской воды, гидролокационными средствами высокого пространственного разрешения, манипулятором для отбора проб (воды, биомассы, грунта), необходимым набором навигационных датчиков (глубины, курса), системой определения координат, а также имеется возможность установки устройств навесного типа, например измерителей гамма-излучения, магнитометра и др.

Важным отличием от существующей аппаратуры является вышеупомянутая возможность работы в следующих режимах:

- 1) в режиме управления оператором с поверхности;

- 2) в подводной кабельной сети (международные проекты Venus, Mars, Neptun);

- 3) через поверхностные буйковые станции [5].

### Выводы

Предложен и проработан проект гибридного интернет-управляемого поисково-осмотрового комплекса (рис. 2) на базе безэкипажного катамарана и спускаемого ТПА. Оператор удаленно управляет ТПА системой через Интернет, на берегу устанавливается антенна-усилитель Wi-fi. Радиус действия радиоканала – 1–1,5 км. В качестве безэкипажного катамарана предполагается использовать разработку компании Evologics Sonebot (Германия).

Конструкция (рис. 3) выполнена в виде несущей полипропиленовой рамы, герметичных прочных корпусов с крышками с гермоводами с задней стороны и иллюминаторами для видеокамеры (видеокамер) спереди.

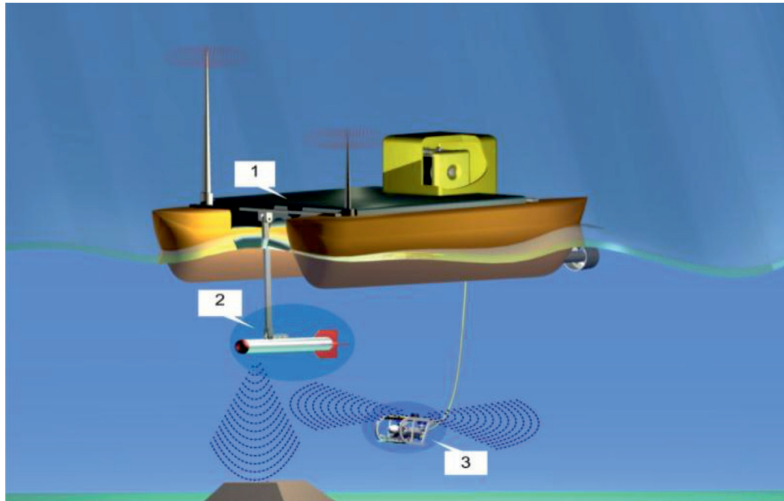


Рис. 2. Катамаран со средствами ориентации и ТПА:  
1 – беспилотный полуавтономный катамаран; 2 – гидролокатор бокового обзора; 3 – ТПА

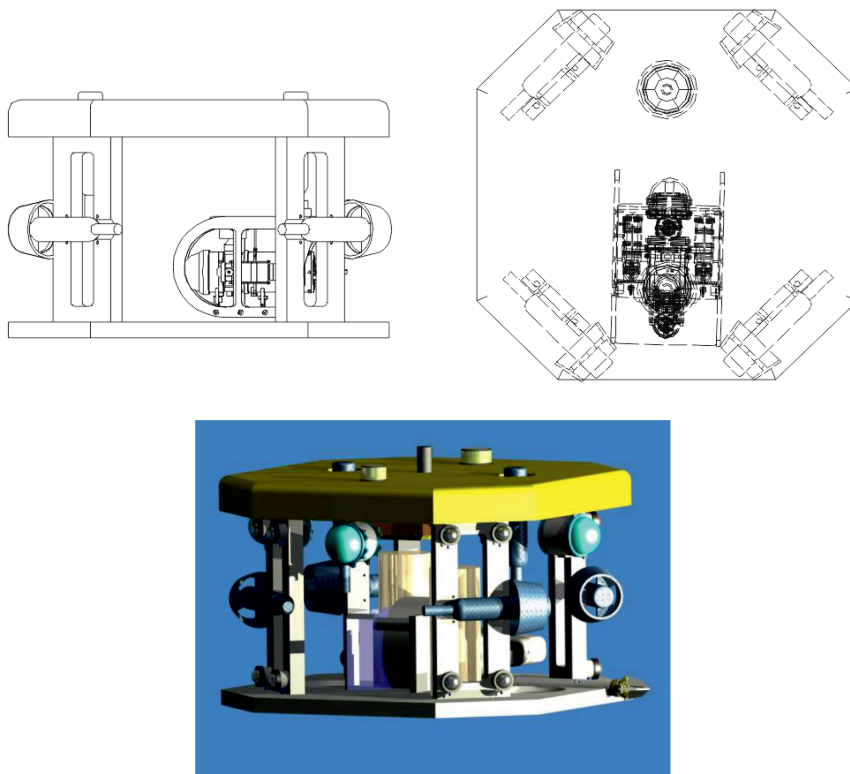


Рис. 3. Общий вид и конструкция ПАП (модель)

Внутри корпусов размещены источник и преобразователь питания, блок электроники и электронный компас, а также датчик глубины, мембрана которого выходит наружу на задней крышке.

Подводная платформа приводится в движение шестью движителями, жестко

закрепленными на раме: четырьмя горизонтальными, двумя вертикальными.

Кроме того, на раме могут быть дополнительно установлены кластеры светодиодных осветителей (количество может варьироваться), манипулятор, гидролокатор кругового обзора, набор датчиков для сбо-

ра информации (температуры, солености и т.п.).

Для придания подводному модулю плавучести, близкой к нейтральной, на раму устанавливается блок плавучести.

Платформа связана с доковой станцией кабелем, по которому подаются электропитание, команды управления и телеметрия – данные с измерительных датчиков и гидроакустических приборов и видеопоток с камер.

*Статья написана в рамках темы Государственного задания № 0149-2019-0012. «Технологии широкого спектра наблюдений в гидросфере на базе подводных робототехнических комплексов, обитаемых аппаратов и систем: разработка подводных аппаратов и роботизированных систем телеуправляемых платформ с сетевой архитектурой для мониторинга гидросферы, в том числе на предельных глубинах в Мировом океане».*

### Список литературы

1. Римский-Корсаков Н.А., Казеннов А.Ю., Розман Б.Я. Технология мониторинга экологии заливов восточного побережья Новой Земли в Карском море // Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований: материалы научной конференции. М.: ООО «АИР», 2015. С. 258–266.
2. Ильинский Д.А., Гинзбург А.А., Воронин В.В., Ганжа О.Ю., Манукин А.Б., Рогинский К.А. О создании цифровых донных сейсмических станций нового поколения: настоящее и взгляд в будущее // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 2. С. 87–101. DOI: 10.31857/S0869-78092019287-101.
3. Горлов А.А. Океанская возобновляемая энергетика: технологии и экономика // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. № 6. С. 26–43. DOI: 10.7868/S0233361919060053.
4. Горлов А.А. Океанские автономные гибридные ВИЭ // Энергия: экономика, техника, экология. 2020. № 7. С. 36–49. DOI: 10.7868/S0233361919060058.
5. Горлов А.А. Зарядные станции автономных робототехнических систем океанологических исследований // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 4. С. 27–35. DOI: 10.17513/srts.1253.