

«Утверждаю»

Врио директора НИЦМБ ДВО РАН,

Нодар В.С. Одинцов

"27" апреля 2018 г.

ПЛАН-ПРОГРАММА

Экспедиции Национального научного центра морской биологии ДВО РАН в
Берингово море и северо-западную часть Тихого океана

на НИС "Академик М.А. Лаврентьев"

в период с 01 июня по 20 июля 2018 года

(общая продолжительность 50 суток)

Владивосток

2018

1. Описание проблемы, обоснование актуальности исследования:

Одна из фундаментальных задач морской биологии состоит в понимании устройства и функционирования экосистем, в которых первичная продукция создается путем хемосинтеза. Такие экосистемы формируются при наличии в окружающей среде восстановленных соединений (в районах гидротермальных и метановых выходов, на затонувших тушах китов и других местах захоронения органики на морском дне).

В 1986 г., в 26-м рейсе НИС «Вулканолог», на южной вершине подводного вулкана Пийпа в Беринговом море была обнаружена гидротермальная деятельность (Богданова и др., 1989). Единственное исследование гидротерм данного района выполнено в 1990 г. в ходе 22-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» с применением глубоководных обитаемых аппаратов (ГОО) «Мир» (Сагалевич и др., 1992). В результате работ был выявлен ряд гидротермальных выходов, температура которых повышалась с юга на север. Гидробиологические исследования показали, что данный район является одним из наиболее мелководных гидротермальных полей Мирового океана, где зарегистрирована специализированная хемофильная фауна. Также, это единственный район такого рода, расположенный в российских территориальных водах.

В 2016 г. при выполнении комплексных морских экспедиционных исследований с использованием ТПА *Comanche* (75-й рейс НИС "Академик М.А. Лаврентьев") с применением глубоководной робототехники заявителем начаты исследования экосистем гидротермальных полей действующего подводного вулкана Пийпа (Берингово море), слагающего центральную часть массива Вулканологов (рис. 1).

На северном склоне массива Вулканологов исследования проведены по трансекте, простирающейся от ложа Командорской котловины (4278 м) до северной вершины вулкана (349 м). В ходе работ выявлены доминирующие таксоны и биоценотические комплексы бентоса, изучено их вертикальное распределение. Проведенные исследования позволили выявить особенности вертикального распределения доминирующих (ландшафтоопределяющих) таксонов донной фауны и основных биоценотических комплексов на северном склоне массива Вулканологов.

На Южной и на Северной вершинах вулкана Пийпа проведены исследования по локализации и описанию гидротермальных проявлений, в качестве основы для будущего мониторинга. Изучен характер и степень воздействия гидротермальных проявлений на состав и распределение донной фауны. Собраны материалы для выявления роли бактериальной продукции в питании доминирующих животных на разном удалении от гидротерм. Выполнен сбор материалов для составления эколого-фаунистического кадастра вулкана Пийпа и сопредельных районов.

В экспедиции удалось обнаружить и организмы, являющиеся специфическими (возможно, облигатными) обитателями гидротермальных

пятен. По крайней мере, по визуальным наблюдениям, эти животные совершенно однозначно ассоциированы с бактериальными матами в ближайшем окружении источника. Если предположение об облигатности этих животных подтвердится, то их обнаружение на вулкане Пийпа оказывается одним из важнейших результатов биологических работ в рейсе, сильно дополняющим наши представления о структуре и функционировании местных окологидротермальных сообществ.

Важной особенностью гидротерм вулкана Пийпа является обогащенность термального флюида газом, в том числе, в свободной фазе. Большое количество метана, сероводорода и углекислого газа, поступающего в придонные слои воды, обуславливает обильное развитие бактериальных матов на значительных площадях. Это ведет к значительному повышению продуктивности придонных вод и осадка за счет продукции хемосинтеза и метанотрофии, однако роль бактериальной органики в питании животных и пути ее передачи на высокие трофические уровни пока не исследованы. Богатое донное население вулкана Пийпа дает уникальную возможность изучения вертикальной биологической зональности и влияния гидротермальных проявлений на состав и распределение фауны.

В ходе экспедиционных работ, выполненных нами в 2016 г. на НИС «Академик М.А. Лаврентьев», исследованы экосистемы гидротермальных полей Южной и Северной вершин вулкана Пийпа. Нами проведены исследования по локализации и описанию гидротермальных проявлений, в качестве основы для будущего мониторинга. В экспедиции удалось обнаружить и организмы, являющиеся специфическими (возможно, облигатными) обитателями гидротермальных пятен. По крайней мере, по визуальным наблюдениям, эти животные совершенно однозначно ассоциированы с бактериальными матами в ближайшем окружении источника.

В ходе запланированной экспедиции предстоит проверить предположение об облигатности этих животных. Если предположение, сделанное в ходе предыдущей экспедиции, подтвердится, то обнаружение этих организмов на вулкане Пийпа окажется одним из важнейших результатов, значительно дополняющим наши представления о структуре и функционировании окологидротермальных сообществ.

Обнаружение здесь среднетемпературных ангидритовых построек свидетельствует о его современной активности и дает основание предположить наличие здесь высокотемпературных гидротермальных построек, сложенных сульфидами («черных курильщиков»), и ассоциированной с ними специфичной фауны.

В случае обнаружения сульфидных руд в этом районе, вулкан Пийпа может послужить моделью для многих месторождений массивных колчеданных руд, находящихся в настоящее время на суше. Их продуктивные толщи ассоциируются с контрастными или известково-щелочными сериями, формирование которых связано с подводным вулканизмом в островных дугах.

Уникальность экосистемы вулкана Пийпа не подлежит сомнению, в связи с чем встает задача охраны этого объекта на государственном уровне. Нам представляется необходимым и своевременным придание вулкану Пийпа статуса национального морского заповедника, что предполагает интенсификацию научных исследований в этом районе.

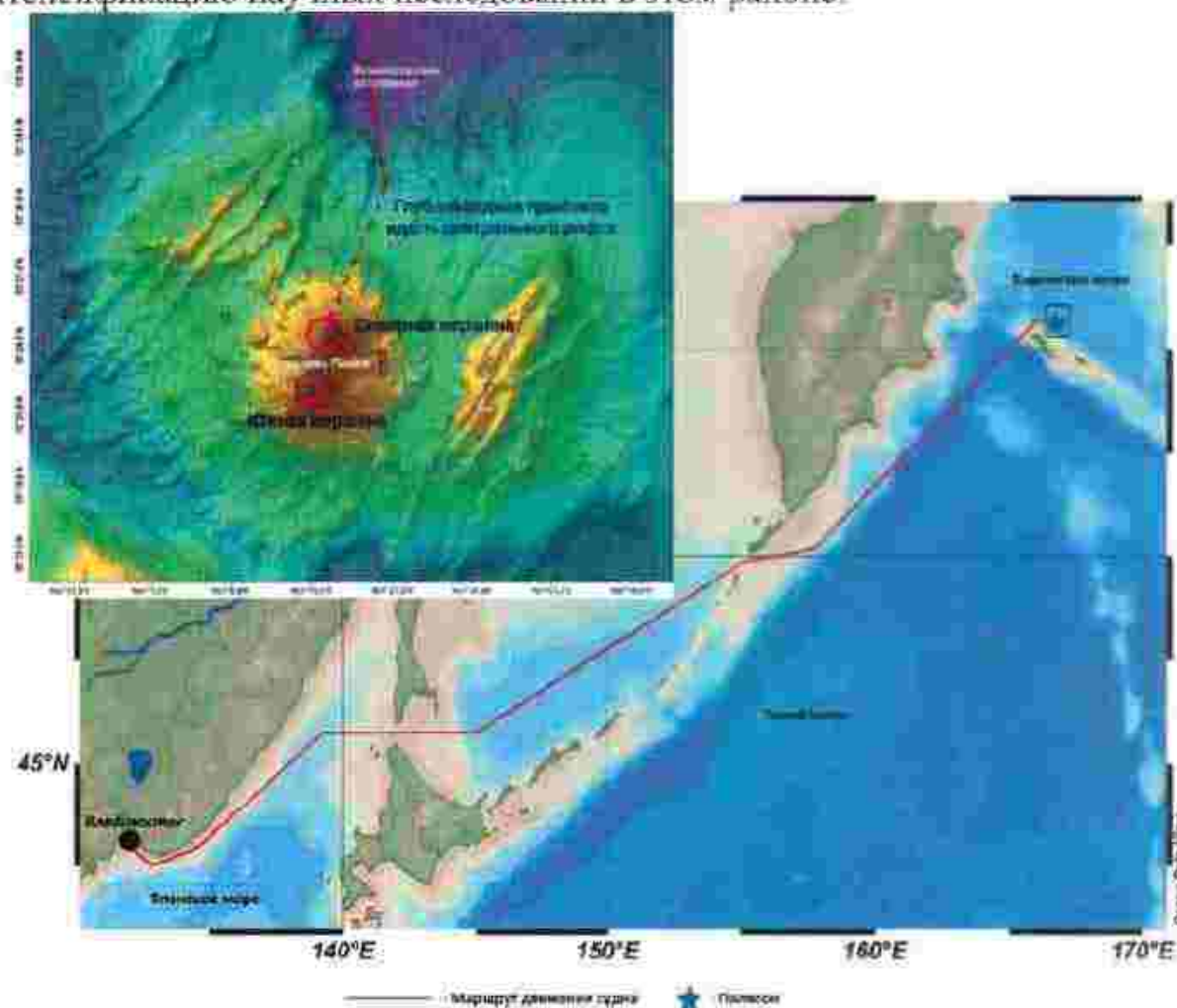


Рисунок 1 – Карта-схема работ выполненных в 2016 г. на НИС «Академик М.А. Лаврентьев»

Значительный интерес подводный вулкан Пийпа представляет и для комплексного изучения различных стадий гидротермального процесса в тыловых зонах островных дуг в подводных условиях. Кроме того, вершина вулкана находится на сравнительно небольших глубинах, при которых возможны взрывные извержения, представляющие непосредственную опасность для судоходства и рыболовства и дополнительную цунамиопасность для побережья Командорских островов. В связи с этим оценка стадии активности этого вулкана представляет практический интерес.

Совершенно неизученными в плане оценки накопления терригенного органического вещества являются активные континентальные окраины, связанные с зонами субдукции океанической коры под кору континентального типа. Морфологически активные окраины отличаются системой развитых

глубоководных желобов, которые представляют собой естественные ловушки, как терригенного вещества (выносимого с суши), так и глубоководных океанических осадков. Последние формируют здесь аккреционные призмы. Субдуцированные под континентальную кору осадки испытывают существенную постседиментационную трансформацию (метаморфизм), которая способствует разложению органического вещества осадков и генерации летучих углеводородных соединений. При высоких давлениях и температурах, создаваемых магматическими очагами, возможно формирование вулканогенной нефти и даже алмазов. Таким образом, в вулканах активных окраин создаются особые условия для генерации широкого спектра органических соединений.

Наиболее интересными являются зоны гидротермальной активности, пространственно связанные с магматическими очагами. Изучение углеводородных соединений в составе подводных гидротермальных источников может пролить свет на механизмы происхождения жизни на Земле. Более того, исследования субмаринной гидротермальной деятельности активных континентальных окраин имеет важную научную составляющую, т.к. такие зоны лучше сохраняются в геологической летописи по сравнению с зонами срединно-океанических хребтов. Таким образом, сравнение состава гидротермальных растворов и условий седиментации в районах активных гидротермальных источников с их древними аналогами позволит выявить эволюционные тренды гидротермального синтеза углеводородных соединений в масштабах геологической истории Земли.

Незаменимым средством для выполнения работ, связанных с исследованием гидротермальной деятельности, картированием донных ландшафтов, сканированием морских осадков, поиском минерального сырья и т.п. являются телеуправляемые подводные аппараты (ТПА), способные обеспечить в режиме реального времени выполнение широкого спектра задач.

2. Цель и задачи экспедиции

Цель экспедиции - комплексное исследование экосистем глубоководных гидротермальных выходов и холодных просачиваний в Беринговом море с применением как стандартных методов, так и с использованием научно-исследовательского оборудования комплекса ТПА "Comanche" (SUB-Atlantic, Великобритания). Запланированные полигоны работ представлены на рисунке 2.

Основными задачами экспедиции являются:

- Получение детальных представлений о характере распространения гидротермальных выходов и холодных просачиваний в Беринговом море, их типах и структурных планах, их визуальное наблюдение и локализация с использованием ТПА;
- Выяснение наличия или отсутствия сульфидных построек, или «черных курильщиков» в районе гидротермальной активности вулкана Пийпа;

- Литолого-фациальные исследования донных осадков районов исследования;

- Отбор образцов гидротермальных построек и гидротермальных флюидов для их всестороннего лабораторного исследования с применением комплекса современных прецизионных методов;

- Исследование химического состава донных осадков, включая петрогенные элементы, микроэлементы: тяжелые металлы и редкоземельные элементы;

- Геохимические исследования углеводородов в водной среде и донных осадках района исследования; газовый анализ гидротермального флюида, придонных и поровых вод;

- Определение состава, структуры и особенностей распределения донных сообществ в районах исследования, картирование основных биогеоценологических комплексов;

- Отбор и фиксация образцов для молекулярно-биологических, гистологических, электронно-микроскопических исследований;

- Исследование трофических связей и пищевых стратегий массовых видов гидробионтов, оценка вклада хемосинтеза и метанотрофии в общий баланс органического вещества с использованием биомаркерного анализа;

- Формирование коллекций музея и ЦКП "Морской биобанк" ННЦМБ;

- отработка методов стерильного сбора биоматериалов с помощью ТПА по международным стандартам, российскому законодательству и уставу ННЦМБ.

- Экспериментальное исследование новых подходов и методов синтеза систем управления ТПА и установленными на них системами для отбора проб.

- Экспериментальное уточнение математической модели ТПА, оснащенного системами для отбора проб.

Пункты и наименования государственного задания, для выполнения которых проводится экспедиция, регистрационные номера тем НИР:

1. Тема (проект) № 0268-2014-0006 "Тема 6. Динамика морских экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия", № гос. регистрации 115081110035
2. Тема (проект) № 0268-2014-0014 "Тема 14. Биоразнообразие Мирового океана: состав и распределение биоты", № гос. регистрации 115081110047;
3. Тема (проект) № 0149-2014-0051 "Крупномасштабные закономерности структурно-функциональной организации донной биоты Мирового океана", № гос. регистрации АААА-А15-115110900101-2;
4. Грант ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы" №14.616.21.0077 "Биогеография фауны северо-западной Пацифики.

Индикаторные оценки инвазий в Северный Ледовитый океан в условиях выраженных климатических изменений

5. Грант РФФИ № 14-50-00095 "Мировой океан в XXI веке: климат, экосистемы, ресурсы, катастрофы";
6. Грант РФФИ № 18-04-00973 "Фауна глубоководных киноринх (Kinorhyncha) северной части Тихого океана";
7. Грант РФФИ № 18-05-00436 "Влияния вулканизма на изотопный состав неодима в железомар-ганцевых образованиях окраинных морей с-з Пацифики и Арктики"
8. Грант РФФИ № 15-29-02736 «Разнообразие свободноживущих нематод дальневосточных морей России»
9. Грант РФФИ № 14-50-00034 «Современные технологии учета морских биологических ресурсов и мониторинга природных популяций особо ценных промысловых гидробионтов»

Разделы и направления Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, для выполнения которых проводится экспедиция:

1. VI. Биологические науки, Направление 50 Биология развития и эволюция живых систем
2. VI. Биологические науки, Направление 51 Экология организмов и сообществ;
3. VI. Биологические науки, Направление 52 Биологическое разнообразие;
4. VIII. Науки о Земле, Направление 72. Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы. Условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых;
5. VIII. Науки о Земле, Направление 75 Мировой океан (физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы и континентальных окраин; роль океана в формировании климата Земли, современные климатические и антропогенные изменения океанских природных систем).

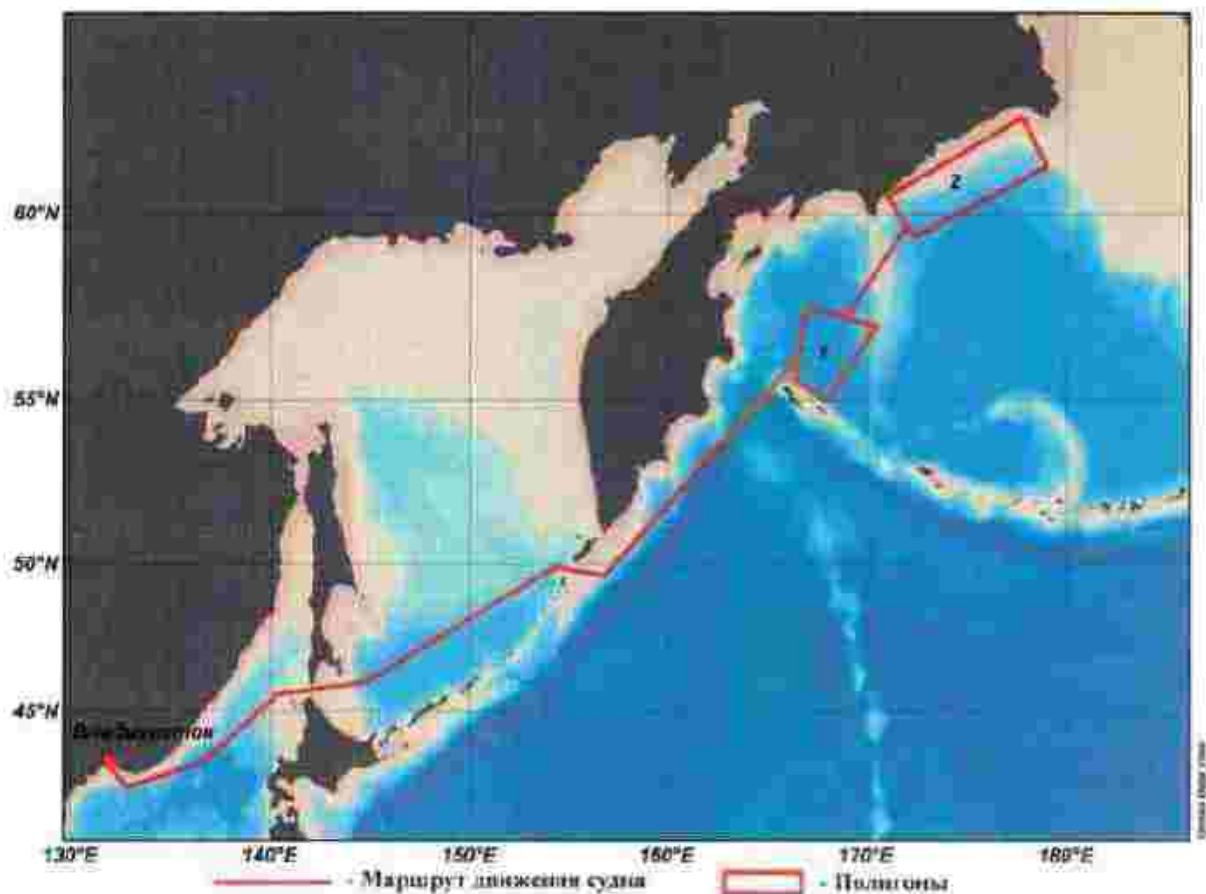


Рисунок 1 – Карта-схема планируемых районов работ

В составе экспедиции соисполнителями по выполнению программы работ участвуют сотрудники следующих учреждений:

- 1) Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Москва) - 3 сотрудника;
- 2) Дальневосточный геологический институт ДВО РАН - 1 сотрудник;
- 3) Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН - 2 сотрудников;
- 4) Дальневосточный федеральный университет - 3 сотрудников.
- 5) Камчатский филиал ФГБУН Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский) – 1 сотрудник.

3. Техническое обеспечение работ

Работы будут выполняться с НИС "Академик М.А. Лаврентьев", оборудованном спутниковой системой навигации и другими навигационными приборами, эхолотами, лебедками и компрессорами.

Наряду со штатным судовым научно-исследовательским оборудованием на борту судна будет размещен комплекс необитаемого телеуправляемого подводного аппарата (ТПА) "Comanche" с рабочей глубиной до 6000 м, оснащенный гидравлическими манипуляторами Schilling Orion, батометрами Нискина для отбора придонной воды и пробоотборниками для сбора образцов

глубоководной фауны. ТПА "Comanche" оборудован комплексом научно-исследовательского и навигационного оборудования в составе: гидроакустическая система позиционирования Sonardyne, сопряженная с системой GPS-навигации; трехмерный многолучевой гидролокатор Tritech Eclipse и параметрический профилограф поддонных слоев Tritech PSBP; флюориметр Seapoint UV, датчики температуры, глубины, солености SBE 19 plus, растворенного кислорода SBE 43 и метана Hydro C; фото- и видео оборудование высокой четкости и чувствительности Kongsberg.

Уникальность аппарата заключается в его способности максимально визуализировать процесс исследования и исключить элемент случайности при отборе образцов воды, грунта, донной фауны и т.д. Используемый аппарат не имеет отечественных аналогов. В обеспечении ведущих Мировых научно-исследовательских институтов находится не более 6 аппаратов такого класса. Всё это должно обеспечить проведение исследований на самом высочайшем уровне. Схема работы ТПА представлена на рисунке 3.

Помимо комплекса ТПА "Comanche", работы, предусмотренные программой экспедиции, обеспечиваются стандартным и нестандартным оборудованием и приборами:

- гидроакустический комплекс, состоящий из модернизированных судовых эхолотов Сарган-ЭМ и ELAC, двух гидролокаторов Сарган-ГМ и многоканальной системы цифровой регистрации гидролокационных сигналов;
- высокочувствительный газовый хроматограф Кристалл – Люкс 4000М;
- дночерпатель "Океан" грейферного типа с площадью захвата 0,25 м²;
- пробоотборная система "Carousel Water Sampler" для отбора проб воды на заданных горизонтах на глубинах до 6000 м, оснащена 12 батометрами "Niskin" емкостью 5 л и комплексом научно-исследовательского оборудования в составе: датчики температуры, глубины, солености SBE 19 plus, растворенного кислорода SBE 43;
- цилиндрические стальные драги диаметром 50 см для отбора проб коренных донных пород и грунтовые трубки для получения колонок донных осадков.

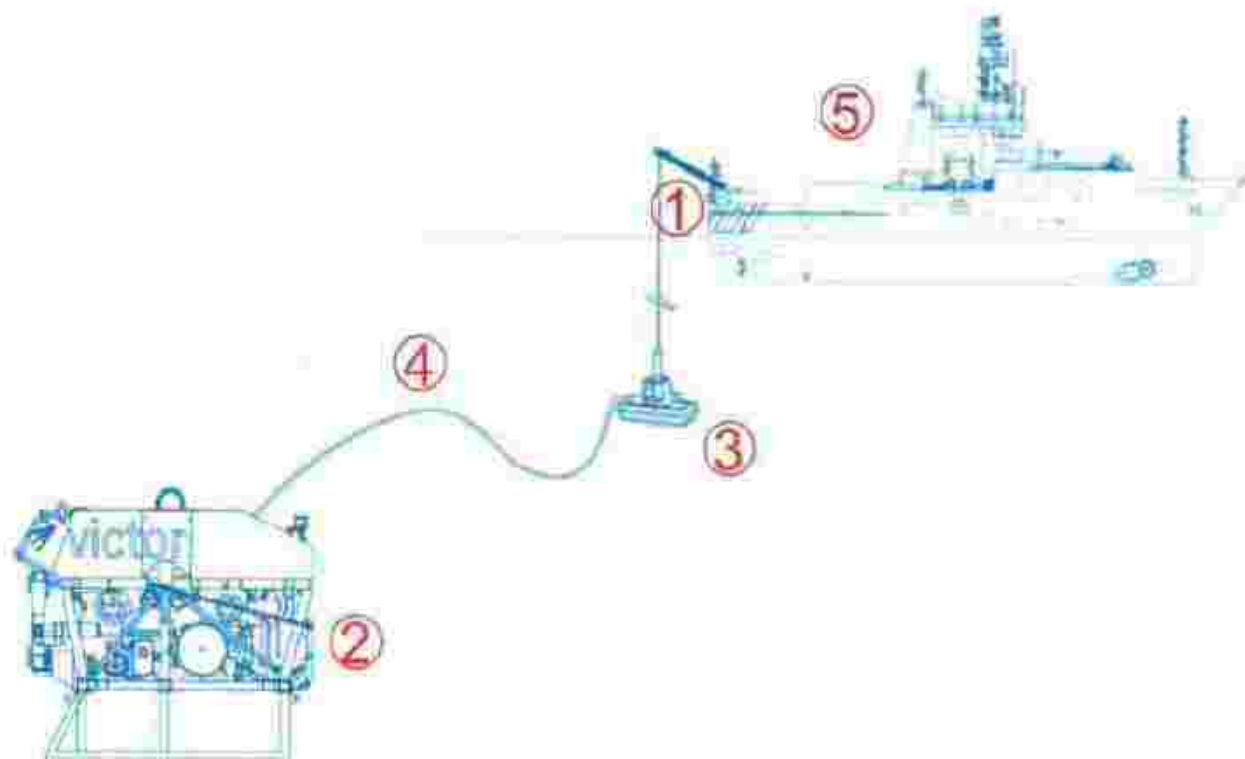


Рисунок – 3 Схема работы ТПА на примере одного из ближайших аналогов – французского ТПА "Victor". 1) Несущий кабель-трос, общая длина кабеля – 6200 м., вес полностью вытравленного кабеля в воде – 8700 кг; 2) ТПА; 3) Депрессор (груз), вес в воде – 500 кг; 4) Гибкий кабель нулевой плавучести длиной 150 м; 5) Судно-носитель.

Гидробиологические сборы и количественный учет макробентоса в районе работ проводится с использованием дночерпателя "Океан" с площадью захвата 0,25 м². На каждой станции отбирается три дночерпательные пробы. Проба считается удовлетворительной, если глубина пробы составляет не менее 10 см, а поверхностный слой осадка не был нарушен. Вода с поверхности пробы осадков удаляется сифоном и процеживается через сито с ячейей 0,5 мм. Грунт промывается через сито с ячейей 0,5 мм. Наряду со стандартным оборудованием, для сбора глубоководной фауны будут задействованы манипуляторы и бентосные пробоотборники ТПА "Comanche".

В соответствии со стандартной методикой, собранные животные фиксируют буферным 4 % раствором формалина (с последующим переводом в 70 % раствор этилового спирта), или 96% этиловым спиртом. Данные по каждой пробе заносят в гидробиологический журнал. Емкости с пробами этикетируют с указанием даты и времени сбора, номера станции. Последующая обработка материала осуществляется в стационарных лабораториях институтов ДВО РАН по стандартной методике.

Часть материала готовится к проведению молекулярно-генетических и биохимических исследований в стационарных лабораториях институтов ДВО РАН - осуществляется глубокая заморозка с последующим содержанием в морозильных камерах при температуре не выше -18°C.

В ходе экспедиционных исследований будет выполняться видео-фото профилирование донных ландшафтов для визуальной оценки абиотических

особенностей среды и бентосных сообществ. Использование ТПА позволяет исследовать значительные площади дна, получая в реальном режиме времени и сохраняя на электронных носителях информацию о состоянии морской среды, фото- и видеоизображения донных ландшафтов, различных видов животных и рыб. В дальнейшем, в стационарных лабораторных условиях будет производиться дешифровка и анализ полученных материалов.

Гидрологические наблюдения предусматривают измерения температуры и солености морской воды, содержание в ней растворенного кислорода и метана, биогенных элементов и органического углерода, мутности и флуоресценции с использованием как бортового комплекса научно-исследовательского оборудования ТПА "Comanche", так и в ходе анализа проб воды, отобранных пластиковыми батометрами в условиях судовых лабораторий.

4. Структурная организация экспедиции

Начальник экспедиции - В.А. Денисов (НИЦМБ ДВО РАН) осуществляет общее руководство экспедицией и отвечает за качественное и полное выполнение всей программы работ. Несет ответственность за технику безопасности при работе на борту судна. Отвечает за ведение всей документации экспедиции.

Научный руководитель - к.б.н. В.В. Мордухович (НИЦМБ ДВО РАН, ДВФУ) отвечает за организацию и проведение научно-исследовательских работ на судне, а также научно-техническое обеспечение экспедиции, проведение научных семинаров и составление научного отчета экспедиции. Несет ответственность за организацию работ в судовых лабораториях.

Заместитель начальника экспедиции по морским заборным работам – Н.В. Кашенко (НИЦМБ ДВО РАН) отвечает за организацию работ с лебедками, краном, опускаемыми за борт приборами, оборудованием, орудиями лова и технику безопасности при выполнении заборных работ.

Общая численность научного состава экспедиции 32 человека.

Разделение научного состава экспедиции на отряды не предусмотрено.

5. Сведения по выполняемым работам

На полигонах и станциях в районах открытого моря выполняются гидробиологические, гидрологические, гидрохимические, газохимические и геохимические исследования, включая:

Детальное видео и фото профилирование участков морского дна в режиме реального времени с использованием комплекса научно-исследовательской аппаратуры уникального многофункционального ТПА "Comanche", способного погружаться на глубину до 6000 м. Профилирование выполняется на полигонах выбранных по результатам предварительных обследований. На каждой станции детального профилирования производится:

- СГД-зондирование водной толщи в ходе погружения ТПА;

- контроль местоположения ТПА с применением гидроакустической системой позиционирования, сопряженной с системой GPS-навигации; это позволяет с высокой точностью контролировать место отбора проб, что является весьма актуальным при работе на больших глубинах;
- фото- и видео- профилирование донных ландшафтов по глубоководным трансектам с применением фото- и видеокамер высокой четкости ТПА Comanche, что обеспечивает полную визуализацию работ и позволяет исключить элемент случайности при проведении измерений и отборе проб;
- отбор проб биологических и геологических объектов с использованием навесного оборудования ТПА Comanche;
- прямые визуальные исследования биологических и геологических объектов с использованием ТПА Comanche;
- отбор проб бентоса и донных осадков с использованием традиционных орудий лова;
- исследование структуры донных осадков на глубину до 1,5 м с применением параметрического профилографа поддонных слоев с последующей обработкой полученных результатов в судовых и береговых лабораториях;
- проведение гидрохимического обследования (температура, соленость, содержание растворенного кислорода и метана) с последующей обработкой полученных результатов в судовых и береговых лабораториях;
- отбор проб придонной воды с использованием кассеты пластиковых батометров Нискина, находящихся на борту ТПА с последующей их обработкой в судовых лабораториях;
- оценка степени активности гидротермальных процессов на момент исследований и выбора участков дополнительных работ с применением традиционных методов исследования.

6. Ожидаемые результаты

В результате выполнения плана-программы рейса научным составом экспедиции будут получены следующие результаты:

- составление уточненного ландшафтно-экологического описания районов исследований;
- описание и картирование основных форм гидротермальной и газовой разгрузки;
- ответ на вопрос о наличии или отсутствии в этом районе высокотемпературной гидротермальной активности или "черных курильщиков";
- определение масштабов и характера влияния процессов гидротермальной активности на донное население (включая пространственное распределение и трофическую структуру сообществ);

- создание коллекции организмов исследуемых акваторий;
- создание геологической коллекции образцов гидротермальной деятельности;
- получение значительного массива уникальных фото- и видео материалов;
- выявление компонентов экосистемы, наиболее чувствительных к существующему или потенциальному антропогенному воздействию (промысел, добыча полезных ископаемых);
- доработка протоколов отбора биоматериалов с использованием ТПА;
- доработка методов автоматической стабилизации и автоматического управления перемещениями ТПА вблизи объекта работ.
- доработка методов формирования сложных пространственных траекторий и режимов движения систем пробоотбора ТПА, которые с учетом информации о непрерывно уточняемой модели объекта работ или поверхности дна, а также информации о реальных смещениях ТПА относительно объекта работ обеспечат качественное выполнение манипуляционных операций в автоматическом режиме.

По результатам экспедиции планируется подготовить научно-популярный фильм о глубоководных сообществах и опубликовать не менее 11 статей в отечественных и международных рецензируемых изданиях.

7. Отчетность

После окончания экспедиционных работ начальник экспедиции, научный руководитель и капитан судна предоставляют в ФАНО РФ и Минобрнауки РФ четыре экземпляра рейсового донесения с приложением карты-схемы маршрута переходов и районов работ. Не позже одного месяца после окончания рейса составляется научно-технический отчет по выполненным экспедиционным работам, который направляется в ННЦМБ ДВО РАН, ФАНО РФ, Минобрнауки РФ, Комиссию по морским экспедициям РАН и другие организации по требованию.

Зам. директора
ННЦМБ ДВО РАН
Г.Ю. Орлова

«24» апреля 2018 г.