

А.Н. КВЕТКИНА, П.А. САВЕЛЬЕВ, А.С. МАЙОРОВА,
В.В. МОРДУХОВИЧ, Д.Л. ПИТРУК, В.А. ШЕЛЕХОВ,
Е.С. БЕЛОЦИЦЕНКО, А.В. СКРИПЦОВА, В.А. ШИЛОВ,
А.А. КЛИМОВИЧ, С.А. КОЛЕСНИКОВА, А.Н. ЮРЧЕНКО

Экспедиция № 56 в Охотское море и северо-западную часть Тихого океана на НИС «Академик Опарин» (июнь–август 2019 г.)

Представлены предварительные результаты морской экспедиции Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, совместной с Национальным научным центром морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, на НИС «Академик Опарин» в июне–августе 2019 г. Собрано более 2,5 тысяч образцов морских беспозвоночных, рыб, водорослей. Получены новые данные о представленности морских животных и водорослей в бентосных сообществах Охотского моря и северо-западной части Тихого океана и об изменениях в этих сообществах. Проведен анализ разнообразия и активности биологически активных веществ в экстрактах морских беспозвоночных животных и водорослей. Некоторые морские животные были отобраны для пополнения коллекций гидробионтов дальневосточных морей (Музей ННЦМБ, Приморский океанариум).

Ключевые слова: Охотское море, Дальний Восток, Тихий океан, Курильские острова, биоразнообразие, биологически активные вторичные метаболиты, беспозвоночные, рыбы, водоросли.

Expedition No. 56 in the Sea of Okhotsk and Northwest Pacific Ocean aboard the research vessel “Akademik Oparin” (June–August 2019). A.N. KVETKINA¹, P.A. SAVELIEV², A.S. MAIOROVA², V.V. MORDUKHOVICH², D.L. PITRUK², V.A. SHELEKHOV², E.S. BELOTSITSENKO², A.V. SKRIPTSOVA², V.A. SHILOV², A.A. KLIMOVICH¹, S.A. KOLESNIKOVA¹, A.N. YURCHENKO¹ (¹G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, FEB RAS, Vladivostok; ²A.V. Zhirmunsky National Scientific Centre of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok).

Preliminary results of marine expedition organized by G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry FEB RAS together with scientists of National Scientific Centre of Marine Biology on research vessel “Akademik Oparin” in

*КВЕТКИНА Александра Николаевна – младший научный сотрудник, КЛИМОВИЧ Анна Анатольевна – младший научный сотрудник, КОЛЕСНИКОВА Софья Александровна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, ЮРЧЕНКО Антон Николаевич – кандидат химических наук, научный сотрудник (Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток), САВЕЛЬЕВ Павел Александрович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, МАЙОРОВА Анастасия Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, МОРДУХОВИЧ Владимир Владимирович – кандидат биологических наук, научный сотрудник, ПИТРУК Дмитрий Леонидович – кандидат биологических наук, помощник директора по биологическим вопросам Научно-образовательного комплекса «Приморский океанариум», ШЕЛЕХОВ Владимир Анатольевич – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, БЕЛОЦИЦЕНКО Елена Сергеевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, СКРИПЦОВА Анна Владимировна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, ШИЛОВ Владимир Анатольевич – научный сотрудник (Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: kvetkinaan@gmail.com

Экспедиционные исследования проведены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

June–August 2019 is presented. During the expedition, more than 2.5 thousands specimens of marine invertebrates, fishes and seaweeds were collected. The new data of the marine organisms and seaweeds representation as well as the changes in the benthic communities of the Sea of Okhotsk and the Northwest Pacific Ocean were obtained. The analysis of chemical diversity of biologically active compounds and biological activities of the marine invertebrate and seaweed extracts was conducted. Some marine animals were selected to enrich the collection of hydrobionts of the Far Eastern Seas (A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology FEB RAS, Primorsky Aquarium).

Key words: Sea of Okhotsk, Far East, Pacific Ocean, Kuril Islands, biodiversity, biologically active secondary metabolites, invertebrates, fishes, seaweeds.

Введение

Научно-исследовательская экспедиция № 56 в Охотское море и северо-западную часть Тихого океана вблизи Курильских островов на борту НИС «Академик Опарин» была организована и проведена Тихоокеанским институтом биоорганической химии им. Г.Б. Елякова (ТИБОХ) ДВО РАН совместно с Национальным научным центром морской биологии им. А.В. Жирмунского (ННЦМБ) ДВО РАН в период с 23 июня по 7 июля и с 25 июля по 26 августа 2019 г. (рис. 1). Общая продолжительность экспедиции составила 48 суток.

В экспедиции приняли участие 27 научных сотрудников (рис. 2). Возглавил экспедицию н.с. ТИБОХ к.х.н. Антон Николаевич Юрченко. Заместителем по научным вопросам

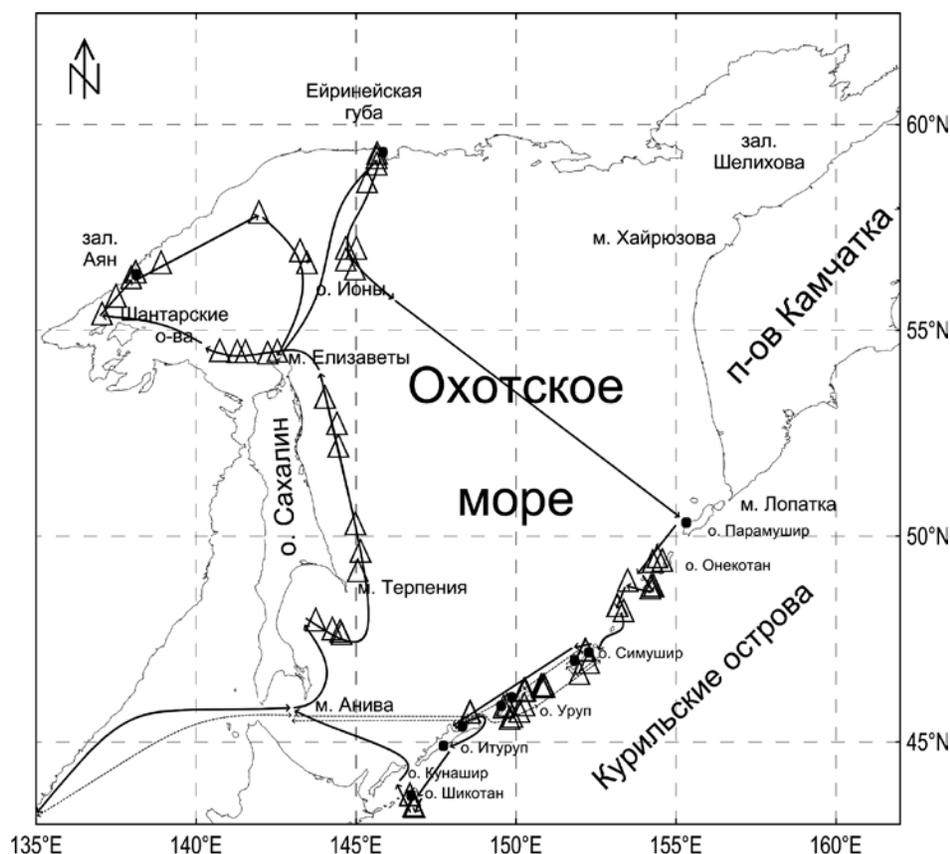


Рис. 1. Маршрут экспедиции № 56 на НИС «Академик Опарин».

Условные обозначения: кружки – траловые станции, треугольники – водолазные и литоральные станции, пунктирные стрелки – маршрут судна с 23.06 по 07.07, сплошные стрелки – маршрут судна с 25.07 по 26.08



Рис. 2. Участники экспедиции № 56 на НИС «Академик Опарин». Фото А.Н. Юрченко

была назначена м.н.с. ТИБОХ Александра Николаевна Кветкина. Функции ученого секретаря выполняла н.с. ТИБОХ к.х.н. Ксения Леонидовна Борисова. Заборными работами руководил начальник отдела морских экспедиционных работ ТИБОХ Валерий Николаевич Петров.

Основными целями экспедиции были исследование разнообразия морских организмов, изменений в бентосных сообществах и ихтиофауне шельфа и материкового склона Охотского моря и северо-западной части Тихого океана, а также изучение химического разнообразия биологически активных веществ в морских беспозвоночных животных, бактериях, грибах и водорослях. В связи с этим перед экспедицией были поставлены следующие задачи:

сбор коллекций морских животных, водорослей и микроорганизмов для дальнейших биохимических исследований и пополнения музейных коллекций, в том числе Коллекции морских микроорганизмов ТИБОХ ДВО РАН;

исследование многолетних изменений в бентосных сообществах Курильских островов;

изучение ихтиофауны шельфа и верхней части материкового склона Курильских островов;

выяснение химического разнообразия метаболитов морских организмов Охотского моря и тихоокеанского побережья Курильских островов;

обнаружение противоопухолевой, цитотоксической, антимикробной и фермент-ингибирующей активности соединений из собранных животных и водорослей.

Во время экспедиции научно-исследовательское судно «Академик Опарин» работало у восточного и северного побережий Сахалина, в северо-западной и северной частях Охотского моря (побережье Хабаровского края от Шантарских островов до Ейриной губы, о-в Ионы), у Курильских островов (район Малой Курильской гряды – о-в Шикотан, район Большой Курильской гряды – острова: Итуруп, Уруп, Черные Братья, Симушир, Кетой, Ушишир, Магуа, Райкоке, Шиашкотан, Онекотан, Парамушир) (рис. 2).

Материалы и методы

Члены гидробиологического отряда ННЦМБ под руководством начальника отряда к.б.н. П.А. Савельева и старшего водолаза А.С. Осолкова выполнили 6 литоральных и 24 водолазные станции соответственно (рис. 3). Гидробиологический отряд ТИБОХ под руководством начальника отряда Д.В. Денисенко выполнил 65 траловых станций (рис. 4). Драгировали до изобаты 600 м тралом Сигсби (ширина захвата 1,5 м, размер ячеек внутреннего мешка 5 мм). Научные сотрудники ННЦМБ В.А. Шелехов и А.А. Худолеев провели 76 горизонтальных тралений икорной сетью ИКС-80 на планктонных станциях. Разбор биологического материала на каждой станции и фотофиксацию осуществляли В.В. Мордухович, А.С. Майорова, В.А. Шилов (ННЦМБ) и Е.В. Гирич (ТИБОХ) (рис. 5). Собранный биоматериал фиксировали 96%-м этанолом или 5–10%-м раствором формальдегида в морской воде. Биологически активные соединения из морских организмов экстрагировали водой, 50- или 96%-м этиловым спиртом в течение 24 ч. Этанол из экстрактов отгоняли с помощью вакуумных роторных испарителей Heidolph VV60 (Германия) и Buchi Rotavapor R-200 (Швейцария), используя вакуумную систему L5600 KKMД (Финляндия) и охлаждающую систему LKB 2219 Multitemp II (Швеция). Анализировали экстракты методом ТСХ на пластинках с закрепленным силикагелем СТХ-1А (5–17 мкм) в трех системах органических растворителей. Спектрофотометрические измерения проводили на кюветном спектрофотометре СЕСИЛ СЕ 1021 (Великобритания). Противомикробную активность экстрактов определяли методом диффузии в агар-агар (100 мкл на лунку). Были использованы тест-культуры *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*.



Рис. 3. Работа траловой (Д.В. Денисенко, А.Б. Расин, А.И. Вахрушев) и водолазной (А.С. Осколков, И.Н. Иванов, К.К. Дудка) групп, сбор материала на литоральной станции (Д.Л. Питрук, Д.А. Камешков). *Фото П.А. Савельева*



Рис. 4. Работа планктонной группы (В.А. Шелехов и А.А. Худолеев). *Фото П.А. Савельева*



Рис. 5. Разбор биологического материала, собранного методом драгирования. Фото П.А. Савельева

Результаты экспедиции

За время экспедиции было собрано более 2,5 тыс. образцов морских беспозвоночных (губки, актинии, медузы, моллюски и др.), определено около 200 видов представителей макро- и мегабентоса, 180 видов и форм рыб, включая икру личинок и мальков, более 140 видов водорослей и 3 вида морских трав (рис. 6). Около 1000 образцов морских беспозвоночных животных отобрали для формирования коллекций гидробионтов дальневосточных морей (Музей ННЦМБ, Приморский океанариум). Более 1500 образцов заготовлены для дальнейших химических и биохимических исследований. Для выделения и последующей идентификации микроорганизмов было собрано 25 образцов грунта, 324 образца беспозвоночных и 27 образцов водорослей и морских трав.



Рис. 6. Биологический материал, собранный на траловых станциях. Фото А.С. Майоровой

Научными сотрудниками ННЦМБ Е.С. Белолиценко и А.В. Скрипцова подготовили около 2400 образцов 27 массовых видов макроводорослей Охотского моря для комплексной оценки активности и содержания ключевых компонентов антиоксидантной системы (рис. 7).



Рис. 7. А.В. Скрипцова и Е.С. Белолиценко фиксируют водоросли на гербарных листах. *Фото П.А. Савельева*

Участники биохимического отряда экспедиции под руководством с.н.с. ТИБОХ к.х.н. С.А. Колесниковой отобрали морских беспозвоночных (губки, актинии, гидроиды, моллюски) для изучения химического состава фракций вторичных метаболитов (рис. 8). Методом тонкослойной хроматографии было протестировано 334 образца морских беспозвоночных (губки, гидроиды, моллюски). Экстракты из них в большинстве случаев



Рис. 8. К.Л. Борисова (слева), Е.В. Гирич и А.А. Климович (справа) готовят экстракты из морских беспозвоночных для биохимических исследований. *Фото А.Н. Юрченко*

демонстрировали наличие стеринов и жирных кислот, у 77 образцов (23,1 % от общего числа протестированных) присутствовали фракции необычных по структуре неполярных (33 образца), среднеполярных (17) и полярных (50) соединений, проявляющихся в условиях ТСХ в виде нестандартных по окраске и положению пятен.

Биологическую активность водных и этанольных экстрактов 425 морских беспозвоночных исследовала А.А. Климович (рис. 9) в четырех биотестах. Гемолитической активностью *in vitro* в отношении эритроцитов мыши линии CD-1 обладали этанольные экстракты 28 образцов губок и водные экстракты 6 образцов актиний. Цитотоксически воздействовали на клетки селезенки (спленоциты) мышей спиртовые экстракты 20 образцов губок, а также водный и водно-этанольный экстракты актиний. Противоопухолевую активность в отношении карциномы Эрлиха показали 68 экстрактов, из них 40 – цитотоксическую, не связанную с гемолитической или с токсичностью в отношении спленоцитов. Острую токсичность *in vivo* на мышах линии CD-1 показали этанольные экстракты 4 образцов губок, обладающие также высокой гемолитической активностью.



Рис. 9. А.А. Климович проводит биотестирование экстрактов морских беспозвоночных. Фото В.А. Голотина

Исследование антибактериальной активности этанольных экстрактов 325 образцов беспозвоночных провел А.Н. Юрченко. Противомикробную активность в отношении грамположительных бактерий *S. aureus* выявили у 22 образцов, 5 из которых оказывали бактериостатический эффект. В отношении грамотрицательных бактерий *E. coli* токсическое действие показали 22 экстракта, 5 из которых замедляли рост бактерий. Антимикробная активность в отношении микроскопических грибов *C. albicans* обнаружена у 5 экстрактов, в том числе у 2 – с бактериостатическим эффектом. Сочетанное противомикробное действие отмечено у экстрактов 9 образцов.

Трипсинингибирующую активность водных и водно-спиртовых экстрактов актиний (отряд Actiniaria) исследовала А.Н. Кветкина; высокой активностью (более 90 %) обладали 2 водно-этанольных экстракта актиний.

Таким образом, исследовательская экспедиция в Охотское море и северо-западную часть Тихого океана позволила оценить видовую представленность морских организмов, обитающих на дне, в толще воды и в прибрежных зонах, изучить бентосные сообщества, собрать достаточное количество биологического материала для дальнейшего выделения и идентификации морских грибов, а также для исследования химического разнообразия биологически активных соединений.